University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

The Effect of Different Levels of Chitosan and Salicylic Acid on Morphological Traits of the Medicinal Plant Galega (*Galega officinalis* L.)

Farinaz Angouti[1] | Hassan Nourafcan[2]✉ | Sakineh Saeedi Sar[3] | Asad Asadi[4] | Raheleh Ebrahimi[5]

1. Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: farinazanghooti@gmail.com
2. Department of Horticulture, Medicinal Plants and Organic Products Research Center, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran. E-mail: Nourafcan@m-iau.ac.ir
3. Department of Agricultural Science, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran. E-mail: s_saeidisar@yahoo.com
4. Department of Veterinary Medicine, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran. E-mail: assadi8574@gmail.com
5. Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: rebrahimi@srbiau.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 31 August 2021
Received in revised form:
27 February 2022
Accepted: 05 April 2022
Published online:
17 December 2022

Keywords:
Chitosan,
chlorophyll index,
elicitor,
galega,
inflorescence.

ABSTRACT

An experiment was conducted to evaluate the effect of different levels of chitosan and salicylic acid on morphological traits of the medicinal plant *Galega officinalis* L. in field conditions in a completely randomized design with three replications in 2017 in the research farm of Islamic Azad University, Miyaneh Branch. The treatments included foliar application with four levels of salicylic acid (0.5, 1, 2, and 3 mM/l), foliar application with four levels of chitosan (0.2, 0.4, 0.6, and 0.8 g/l) and foliar application with distilled water (the control). The results showed that foliar application of biological stimulants had a significant impact on all evaluated traits, except plant height and leaf dry weight. By increasing the concentration of chitosan and salicylic acid, the fresh and dry weight of the stem have decreased so that the highest values in the two traits have belonged to the treatments of chitosan 0.4 and 0.2 g/l and 1 and 0.5 mM/l salicylic acid. Maximum number of internodes (with a numerical mean of 4.80), root length in chitosan treatment (0.4 g/l), and the highest number of leaf (at a concentration of 0.6 g/l chitosan) has been observed. In the study of leaf and root characteristics, chitosan with concentrations of 0.2 and 0.4 g/l and in inflorescence characteristics, salicylic acid with concentrations of 2 and 3 mM/l have been more effective. In general, the use of concentrations of 0.4 and 0.2 g/l chitosan have had a more optimal effect on the morphological traits of the medicinal plant *Galega officinalis* L., making it ultimately recommended thanks to its positive effect on most of the plant's growth characteristics due to its rapid absorption to achieve the desired yield in a sustainable agricultural path.

Cite this article: Angouti, F., Nourafcan, H., Saeedi Sar, S., Asadi, A., & Ebrahimi, R. (2022). The Effect of Different Levels of Chitosan and Salicylic Acid on Morphological Traits of the Medicinal Plant Galega (*Galega officinalis* L.). *Journal of Crops Improvement*, 24 (4), 1341-1358. DOI: http://doi.org/10.22059/jci.2022.329753.2607

© The Authors.
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http://doi.org/10.22059/jci.2022.329753.2607

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

اثر سطوح مختلف کیتوزان و سالیسیلیک‌اسید بر برخی صفات مورفولوژیکی گیاه دارویی گالگا (*Galega officinalis* L.)

فریناز انگوتی[۱] | حسن نورافکن[۲]✉ | سکینه سعیدی‌سار[۳] | اسد اسدی[۴] | راهله ابراهیمی[۵]

۱. گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: farinazanghooti@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم باغبانی، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات ارگانیک، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران. رایانامه: Nourafcan@m-iau.ac.ir

۳. گروه علوم کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران. رایانامه: s_saeidisar@yahoo.com

۴. گروه دامپزشکی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران. رایانامه: assadi8574@gmail.com

۵. گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: rebrahimi@srbiau.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۱۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۹/۲۶

کلیدواژه‌ها:
الیسیتور،
شاخص کلروفیل،
کیتوزان،
گالگا،
گل‌آذین.

چکیده

آزمایشی به‌منظور ارزیابی اثر سطوح مختلف کیتوزان و سالیسیلیک‌اسید بر صفات مورفولوژیکی گیاه دارویی گالگا در شرایط مزرعه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه در طی سال زراعی ۱۳۹۸ انجام شد. تیمارها شامل محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید (۰/۵، ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار در لیتر)، سطح کیتوزان (۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ گرم در لیتر) و آب مقطر (به‌عنوان شاهد) بود. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی محرک زیستی (کیتوزان) و غیرزیستی (اسیدسالیسیلیک) اثر معنی‌داری بر تمام صفات مورد ارزیابی، به‌جز ارتفاع بوته و وزن خشک برگ دارد. با افزایش غلظت کیتوزان و سالیسیلیک‌اسید، میزان وزن تر و خشک ساقه کاهش یافت که بیش‌ترین مقادیر در دو صفت مذکور در تیمارهای کیتوزان ۰/۴ و ۰/۲ گرم در لیتر و ۱ و ۰/۵ میلی‌مولار در لیتر سالیسیلیک‌اسید دیده شد. بیش‌ترین تعداد میانگره (میانگین عددی ۴/۸۰ عدد) و طول ریشه در تیمار کیتوزان ۰/۴ گرم در لیتر؛ بیش‌ترین تعداد برگ در غلظت ۰/۶ گرم در لیتر کیتوزان مشاهده شد در مطالعه ویژگی‌های برگ و ریشه، کیتوزان با غلظت ۰/۲ و ۰/۴ گرم بر لیتر و در ویژگی‌های گل‌آذین، سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۲ و ۳ میلی‌مولار در لیتر مؤثرتر عمل نمودند. استفاده از غلظت‌های ۰/۴ و ۰/۲ گرم در لیتر کیتوزان نسبت به شرایط شاهد (عدم محلول‌پاشی) و استفاده از آب مقطر؛ اثر بهینه بیش‌تری بر صفات مورفولوژیکی گیاه دارویی گالگا داشت؛ که به‌خاطر داشتن اثر مثبت بر بیش‌تر ویژگی‌های رشدی گیاه به‌دلیل جذب سریع و دستیابی به عملکرد مطلوب در مسیر کشاورزی پایدار، افزایش عملکرد و در نهایت افزایش تولید متابولیت ثانویه گیاهان دارویی، توصیه می‌شود.

استناد: انگوتی، ف.، نورافکن، ح.، سعیدی‌سار، س.، اسدی، ا. و ابراهیمی، ر (۱۴۰۱). اثر سطوح مختلف کیتوزان و سالیسیلیک‌اسید بر برخی صفات مورفولوژیکی گیاه دارویی گالگا (*Galega officinalis* L.). *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۴ (۴)، ۱۳۴۱-۱۳۵۸.

DOI: http://doi.org/10.22059/jci.2022.329753.2607

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

۱. مقدمه

گالگا (*Galega officinalis* L.) گیاهی علفی و چندساله متعلق به تیره پروانه‌آسا (Leguminosae) می‌باشد (Omidbeigi, 2011). قسمت هوایی آن حاوی مجموعه‌ای از مواد کاهنده قند خون می‌باشد (Davoodi, 2010) و از این گیاه به‌عنوان ضددیابت نوع دوم استفاده می‌شود. مواد مؤثره موجود در پیکر رویشی گالگا عبارتند از گوانیدین (Guanidin) و ترکیب‌هایی که منشأ گوانیدینی دارند، مانند گالگین و هیدروکسی‌گالگین، هم‌چنین حاوی مقادیر کمی فلاونویید و ساپونین و استرویید‌هایی مانند کلسترول، بتا- سیتوسترول و استیگماسترول می‌باشد (Rasekh *et al*., 2008).

تغذیه برگی، ابزاری مهم برای مدیریت پایدار و پربازده گیاهان زراعی است. توانایی برگ‌های گیاه در جذب آب و عناصر غذایی از حدود سه قرن پیش مشخص شده است (Fernandez & Eichert, 2009). کاربرد محلول‌های عناصر غذایی در شاخه و برگ گیاهان به‌عنوان یک روش جایگزین برای کوددهی محصولاتی مانند انگور در اوایل قرن ۱۹ گزارش شده است (Gris, 1843). پس از آن به‌منظور آزمودن و شناسایی ماهیت فیزیکی و شیمیایی کوتیکول برگ گیاهان، فیزیولوژی و ساختار سلولی برگ تلاش‌های پژوهشی انجام گرفت. هم‌چنین بر ظرفیت ساز و کارهای نفوذ توسط تغذیه برگی نیز تمرکز شد (Fernandez *et al*., 2009).

پلی‌ساکارید کیتوزان به‌عنوان یک الیسیتور زیستی مؤثر جهت افزایش بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه در کشت سلولی بسیاری از گونه‌های گیاهان دارویی در پژوهش‌های زیادی اثبات شده است (Cheng *et al*., 2006). کیتوزان به‌عنوان یک محرک رشد با افزایش جوانه‌زنی، ریشه‌زنی، رشد برگ، بازدهی دانه و نگهداری رطوبت خاک، رشد گیاه را افزایش می‌دهد و سبب کاهش ابتلا به عفونت‌های قارچی و سایر آفات گیاهی می‌شود (Cheng *et al*., 2006; Taheri, 2016). کیتوزان موجب افزایش طول ریشه در گیاهان شد (Luan *et al*., 2005). کاربرد غلظت‌های مختلف کیتوزان در گیاه لوبیا نیز منجر به افزایش طول ساقه و ریشه شد (Singla & Gary, 2005). زمانی‌که کیتوزان روی برگ‌ها اسپری می‌شود، هدایت روزنه‌ها را افزایش و تعرق را کاهش می‌دهد (Bittelli *et al*., 2001). هم‌چنین، محتوای آبسیزیک‌اسید افزایش می‌یابد (Iriti & Faoro, 2009) و باعث فعال‌شدن مکانیسم‌های دفاعی شده که اجازه می‌دهد تا گیاهان در مقابله با استرس و دفاع در برابر بیماری‌ها با توجه به ماهیت ضد ویروسی، قارچی و باکتریایی آماده شوند (El-Hadrami *et al*., 2010). در بررسی اثر محرک کیتوزان بر گیاه دارویی پونه Greek Organo، گزارش شد که ارتفاع بوته، وزن تر و وزن خشک گیاه با مصرف محرک کیتوزان افزایش یافت (Heng *et al*., 2012).

سالیسیلیک‌اسید یا اورتو- هیدروکسی بنزوئیک‌اسید به‌عنوان یک الیسیتور غیرزیستی در افزایش تولید متابولیت‌های دارویی مؤثر است. به‌علت نقش محرکی که دارد و باعث افزایش بیان ژن‌های مسیرهای بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه می‌شود، مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است (Pu *et al*., 2009). سالیسیلیک‌اسید، ترکیب فنلی است که نقش مهمی در تنظیم برخی از فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه از قبیل جوانه‌زنی، رشد گیاهچه (Nourafcan, 2014)، باز و بسته شدن روزنه‌ها و هدایت روزنه‌ای، نفوذپذیری غشایی، ترکیب رنگیزه‌های فتوسنتزی، گلدهی، جذب یون (Yadegari & Shakerian, 2014; Nourafcan & Mahboubi, 2017) و سرعت تنفس (Khan *et al*., 2003) دارد. اثر سالیسیلیک‌اسید در ایجاد مقاومت در مقابل تنش‌های سرما و گرما (Rahimi Ashtiani *et al*., 2009)، خشکی (Singh & Usha, 2003)، شوری (Shakirova *et al*., 2003)، فلزات سنگین (Metwally *et al*., 2003) و اشعه UV (Moosavi *et al*., 2009) در گیاهان مختلف مشاهده شده است. با توجه به مطالب ذکرشده، پژوهش حاضر به‌منظور معرفی تیمار مناسب برای بهبود صفات مورفولوژیکی گیاه دارویی گالگا از بین سطوح مصرفی سالیسیلیک‌اسید و کیتوزان در شرایط مزرعه‌ای انجام شده است.

۲. مواد و روش‌ها

بذر گیاه گالگا از مرکز تحقیقات منابع طبیعی و گیاهان دارویی استان آذربایجان‌شرقی تهیه و در سینی کاشت، کشت شد و در گلخانه دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه تا مرحله شش‌برگی‌شدن نگهداری شد. پس از آماده‌سازی زمین زراعی واقع در مزرعه پژوهشی دانشگاه، در ابتدای فروردین‌ماه سال ۱۳۹۸ نشاها به مزرعه منتقل شد. فواصل کاشت نشا در مزرعه به‌صورت ۳۰×۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. طرح آزمایشی به‌صورت طرح کاملاً تصادفی در نُه تیمار شامل محلول‌پاشی با چهار سطح سالیسیلیک‌اسید (۰/۵، ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار)، محلول‌پاشی با چهار سطح کیتوزان (۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ گرم در لیتر) و محلول‌پاشی با آب مقطر (شاهد) در پنج تکرار بود. محلول‌پاشی از مرحله استقرار و سازگاری نشا با شرایط مزرعه و زمان هشت‌برگیِ گیاه و به‌مدت ده روز یکبار تا سه مرحله انجام شد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق	بافت خاک	هدایت الکتریکی (ds/m)	اسیدیته	مواد آلی (%)	نیتروژن (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)
۰-۳۰	لوم رسی	۰/۵۳	۷/۲	۰/۶۲	۰/۰۵	۱۱/۲	۲۹۱/۵

ده روز پس از آخرین محلول‌پاشی، داده‌برداری صفات مورفوفیزیولوژیکی مانند ارتفاع بوته (با خط‌کش میلی‌متری)، تعداد ساقه فرعی (میانگین تعداد ساقه فرعی پنج بوته)، وزن تر و خشک ساقه (میانگین وزن تر و خشک ساقه پنج بوته- نمونه‌های آب گرفته به‌مدت ۴۸ ساعت در آون تهویه‌دار در حرارت ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک و وزن خشک آن‌ها تعیین شد)، تعداد میانگره (میانگین تعداد میانگره در پنج بوته)، تعداد برگ در بوته (میانگین تعداد برگ در پنج بوته)، طول و عرض برگ (با استفاده از کولیس دیجیتال)، وزن تر و خشک برگ (میانگین وزن تر و خشک برگ پنج بوته ـ نمونه‌های آب گرفته به‌مدت ۴۸ ساعت در آون تهویه‌دار در حرارت ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک و وزن خشک آن‌ها تعیین شد)، تعداد و طول گل‌آذین (میانگین تعداد گل‌آذین در پنج بوته و با استفاده از کولیس دیجیتال)، طول ریشه (با استفاده از خط‌کش میلی‌متری) و وزن تر و خشک آن (میانگین وزن تر و خشک ریشه در پنج بوته- نمونه‌های آب گرفته به‌مدت ۴۸ ساعت در آون تهویه‌دار در حرارت ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک و وزن خشک آن‌ها تعیین شد)، قطر ساقه (با استفاده از کولیس دیجیتال)، وزن تر و خشک اندام هوایی (میانگین وزن تر و خشک اندام هوایی پنج بوته- نمونه‌های آب گرفته به‌مدت ۴۸ ساعت در آون تهویه‌دار در حرارت ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک و وزن خشک آن‌ها تعیین شد)، شاخص کلروفیل برگ (SPAD) و درصد رطوبت وزنی انجام شد.

۲. ۱. درصد رطوبت وزنی

برای تعیین محتوای رطوبتی ماده اولیه گیاهی، سه نمونه بلافاصله پس از برداشت توزین شده و در یک آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک و بعد از آن دوباره توزین شد. سپس محتوای رطوبتی ماده اولیه گیاه بر پایه وزن تر و یا خشک آن طبق رابطه (۱) به‌دست آمد (Mirmostafaee *et al*., 2014).

$$\text{درصد رطوبتی بر پایه وزن خشک} = \frac{\text{وزن رطوبت}}{\text{وزن ماده خشک}} \times ۱۰۰$$ رابطه ۱)

ثبت داده‌ها، رسم نمودارها و جداول آماری توسط نرم‌افزارهای Excel و Word 2007 صورت پذیرفت و سپس در نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ براساس طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل و با آزمون LSD تجزیه داده‌ها انجام شد.

۳. نتایج و بحث

۳. ۱. ارتفاع بوته

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تیمارهای محلول‌پاشی (تغذیه برگی) بر میزان ارتفاع بوته گیاه دارویی گالگا اثر معنی‌دار نشان نداد (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مورد آزمایش بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی گالگا

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد ساقه فرعی	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	تعداد میانگره
تیمار	۹	۸/۱۹ns	۲۲/۲۱**	۴۸۰/۸۲**	۹۵/۱۶**	۱/۸**
اشتباه آزمایش	۴۰	۶/۰۱	۰/۸۲	۳۵/۲۱	۹/۶۸	۰/۴۱
ضریب تغییرات (%)	–	۱۹/۹۶	۱۵/۵۱	۱۳/۰۸	۱۳/۴۷	۱۶/۹۴

**** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی‌داری اثر تیمارها بر صفات مورد مطالعه می‌باشد.**

۳. ۲. تعداد ساقه فرعی

با توجه به جدول نتایج تجزیه واریانس، در اثر تیمار محلول‌پاشی بر تعداد ساقه فرعی تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه تأثیر تیمارها، محلول‌پاشی با سالیسیلیک‌اسید و کیتوزان موجب افزایش تعداد ساقه فرعی شد و در کیتوزان با غلظت ۰/۴ گرم بر لیتر و در سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۱ میلی‌مولار در لیتر تأثیر بهتری نسبت به بقیه مقادیر نشان داد (جدول ۳). سالیسیلیک‌اسید تقسیم سلولی را درون مریستم گیاهچه افزایش داده و با افزایش تعداد شاخه و ساقه، رشد گیاه را بهبود می‌بخشد (Shakirova *et al*., 2003).

۳. ۳. وزن تر ساقه

بر مبنای نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تیمار محلول‌پاشی وزن تر ساقه تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه تیمارها، محلول‌پاشی با سالیسیلیک‌اسید غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار در لیتر و کیتوزان غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۴ گرم بر لیتر بیش‌ترین اثر را بر وزن تر ساقه ایجاد نموده و توانسته اثر مثبتی بر وزن تر ساقه داشته باشد (جدول ۳). مطابق با یافته‌های پژوهش حاضر، پژوهش‌ها روی دانهال‌های خیار (Bayat *et al*., 2011) و ارزن مرواریدی (Ngom *et al*., 2018) نشان دادند که سالیسیلیک‌اسید سبب بهبود صفات مورفوفیزیولوژیکی و رشد گیاه شد. در این پژوهش استفاده از محرک غیرزیستی سالیسیلیک‌اسید موجب افزایش رشد صفات رویشی گیاه شد.

جدول ۳. اثر محلول‌پاشی (تغذیه برگی) کیتوزان و سالیسیلیک‌اسید بر برخی صفات مورفولوژیکی گیاه دارویی گالگا

تیمارها		تعداد ساقه فرعی	وزن تر ساقه (g)	وزن‌خشک‌ساقه (g)	تعداد میانگره
شاهد (عدم محلول‌پاشی)		۲/۶f	۳۶/۳Abc	۱۸/۲۶b	۳/۲d
آب مقطر		۲/۶f	۳۷/۶۲bc	۱۹/۴۲b	۳/۲d
کیتوزان	0.2g/lit	۴/۴e	۵۳/۰۴a	۲۷/۱a	۳/۴d
	0.4g/lit	۷/۶b	۵۷/۴۲a	۲۸/۹a	۴/۸a
	0.6g/lit	۸/۸a	۳۸/۵۸bc	۲۰/۴b	۳/۴d
	0.8g/lit	۷/۴b	۳۶/۴۸bc	۱۹/۷۴b	۳/۶cd
سالیسیلیک‌اسید	0.5mmol	۵/۴de	۵۹/۹۸a	۲۹/۴۸a	۴/۴abc
	1mmol	۶/۶bc	۵۴/۷۴a	۲۶/۴۶a	۳/۸bcd
	2mmol	۵/۸cd	۴۳/۷۶b	۲۱/۴۶b	۴/۰۰ab
	3mmol	۷/۲b	۳۵/۸c	۱۹/۷۲b	۳/۴d

داشتن حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد است.

شاید اثر تحریک‌کنندگی کیتوزان بر رشد گیاه به‌دلیل افزایش جذب آب و عناصر ضروری و کاهش انباشت رادیکال‌های آزاد اکسیژن از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت می‌باشد. افزایش عملکرد با مصرف کیتوزان به‌دلیل تأثیر آن بر تحریک فرایندهای فیزیولوژیکی، بهبود رشد رویشی و افزایش تثبیت CO_2 می‌باشد (Amiri *et al*., 2015a). از طرفی، مصرف کیتوزان با تحریک رشد ساقه و ریشه و در نتیجه افزایش جذب آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی، منجر به افزایش وزن ساقه و ریشه می‌شود (Mahdavi *et al*., 2014a).

۳. ۴. وزن خشک ساقه

براساس جدول نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمار محلول‌پاشی میزان وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه تیمارها، محلول‌پاشی با سالیسیلیک‌اسید و کیتوزان اثر مثبتی بر وزن خشک ساقه داشته است و غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و کیتوزان با غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۴ گرم بر لیتر، موجب تولید بیش‌ترین وزن خشک ساقه در بوته گالگا شد (جدول ۳).

سالیسیلیک‌اسید از طریق افزایش تقسیم سلولی در ناحیه مریستم انتهایی و طویل‌شدن سلولی، سبب افزایش رشد می‌شود (Hajizadeh & Ali Lu, 2013). پژوهش‌گران گزارش کردند که محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش طول ساقه شد (Alaei *et al*., 2011). سالیسیلیک‌اسید تقسیم سلولی را درون مریستم گیاهچه افزایش داده و رشد گیاه را بهبود می‌بخشد (Mandhanis *et al*., 2006).

۳. ۵. تعداد میانگره

نتایج تجزیه واریانس حاکی از این است که در اثر تیمار محلول‌پاشی بر تعداد میانگره در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه تیمارها، محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید نسبت به کیتوزان اثر بهتری بر تعداد میانگره داشته و در کیتوزان غلظت ۰/۴ گرم بر لیترو در سالیسیلیک‌اسید غلظت‌های ۰/۵ و ۲ میلی‌مولار موجب تولید میانگره‌های بیش‌تری در بوته گالگا شد (جدول ۳).

۳. ۶. تعداد برگ در بوته

براساس نتایج تجزیه واریانس، در اثر تیمار محلول‌پاشی بر تعداد برگ تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسه تیمارها، محلول‌پاشی با کیتوزان و سالیسیلیک‌اسید اثر مثبتی بر تعداد برگ داشته است. کیتوزان نسبت به سالیسیلیک‌اسید اثر بهتری داشت، در کیتوزان با غلظت ۰/۶ گرم بر لیتر و سالیسیلیک‌اسید غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اثرات مثبتی مشاهده شد. این در حالی است که با افزایش غلظت کیتوزان تا سطح سوم (۰/۶ گرم بر لیتر) تعداد برگ در بوته افزایش اما با افزایش غلظت کیتوزان بر تعداد برگ در بوته گیاه دارویی گالگا کاسته شد (جدول ۵).

جدول ٤. نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مورد آزمایش بر ویژگی‌های برگ گیاه دارویی گالگا

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد برگ در بوته	طول برگ	عرض برگ	وزن تر برگ	وزن خشک برگ
تیمار	۹	۸۷۵۱/۲۹**	۲/۴۳**	۱/۹۸**	۱۰۱۷/۳۸**	۸۸/۱۸ns
اشتباه آزمایش	۴۰	۱۶۶۷/۳۴	۰/۵۰	۰/۲۴	۱۱۰/۸۰	۴۴/۱۶
ضریب تغییرات (%)	–	۲۹/۶۶	۲۱/۰۱	۲۳/۷۹	۱۸/۱۸	۲۴/۵۷

**** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی‌داری اثر تیمارها بر صفات مورد مطالعه می‌باشد.**

جدول ۵. اثر محلول‌پاشی (تغذیه برگی) کیتوزان و اسیدسالیسیلیک بر ویژگی‌های برگ گیاه دارویی گالگا

تیمارها		تعداد برگ در بوته	طول برگ (cm)	عرض برگ (cm)	وزن تر برگ (g)
شاهد		۷۳/۴e	۳/۵bc	۲/۳b	۵۶/۴۶cd
آب مقطر		۱۰۴/۲cde	۴/۰۰ab	۲/۵۶ab	۵۶/۳۴abc
کیتوزان	0.2g/lit	۱۳۶/۰۰bcd	۴/۶۶a	۳/۰۴a	۷۸/۴۴a
	0.4g/lit	۱۸۴/۰۰ab	۳/۶۶bc	۲/۲۶b	۷۱/۸۲ab
	0.6g/lit	۱۹۷/۸a	۳/۵۶bc	۲/۶۴ab	۴۲/۹e
	0.8g/lit	۹۱/۶de	۲/۲۶e	۱/۰۸d	۴۲/۶e
سالیسیلیک‌اسید	0.5mmol	۱۷۸/۸ab	۲/۵۶de	۱/۳۸d	۷۲/۳ab
	1mmol	۱۵۰/۰۰abc	۳/۴۶bcd	۲/۱۴bc	۶۲/۳bc
	2mmol	۱۴۷/۰۰abc	۳/۱۶bcde	۱/۵۴cd	۴۸/۲۶de
	3mmol	۱۱۳/۰۰cde	۲/۸۸cde	۱/۶cd	۳۸/۴۲e

داشتن حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد است.

۳. ۷. طول برگ

بر مبنای نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تیمار محلول‌پاشی طول برگ تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۴). نتایج مقایسه تیمارها بیانگر این است که محلول‌پاشی با غلظت ۰/۲ گرم بر لیتر کیتوزان موجب افزایش طول برگ نسبت به سایر تیمارها شد (جدول ۵).

۳. ۸. عرض برگ

نتایج تجزیه واریانس حاکی از این است که در اثر تیمار محلول‌پاشی بر عرض برگ در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴). براساس نتایج مقایسه تیمارها، سالیسیلیک‌اسید نسبت به کیتوزان بر میزان عرض برگ اثر بیش‌تری داشته است، به‌طوری‌که مصرف کیتوزان ۰/۲ گرم بر لیتر و سالیسیلیک‌اسید ۱ میلی‌مولار موجب عریض‌ترشدن برگ در گالگا شد (جدول ۵). تعداد برگ در بوته از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا باعث افزایش جذب نور و در نتیجه افزایش فتوسنتز و رشد گیاه می‌شود (Reddy *et al*., 1997). در این پژوهش کیتوزان در افزایش تعداد برگ و طول و عرض آن تأثیرگذار بود. سازوکار عمل کیتوزان بر رشد ناشناخته باقیمانده است، کیتوزان احتمالاً ترکیب سیگنالی را برای سنتز هورمون‌های گیاهی مانند جیبرلین القا می‌کند و رشدونمو گیاه توسط بعضی مسیرهای علامت‌دهی مربوط به بیوسنتز اکسین از طریق مسیر وابسته به تریپتوفان را افزایش می‌دهد (Uthairatanakij *et al*., 2007). افزایش شاخص سطح برگ در گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و گیاه دارویی هندوانه‌ابوجهل (*Citrullus colocynthis* L.) تحت تأثیر کیتوزان گزارش شده است (Sheikha & AL-Malki, 2011; Azin *et al*., 2016).

پژوهش‌گران گزارش کردند که محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش تعداد و طول برگ شد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (Kashefi *et al*., 2005). پژوهش‌گران اظهار داشتند استفاده از سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ گیاه گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) در مقایسه با تیمار شاهد شده و بیش‌ترین شاخص سطح برگ از کاربرد ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید حاصل شد (Chamani *et al*., 2018). سالیسیلیک‌اسید در گیاه زینتی بنفشه آفریقایی، تعداد برگ‌های تشکیل شده را افزایش داد (Martin-Mex *et al*., 2001). Tohidi & Falahi (2016) گزارش دادند بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص اندازه برگ کنگرفرنگی‌خاردار مربوط به تیمارهای غلظت ۴۰۰ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک و شاهد (بدون محلول‌پاشی) بود. به‌نظر می‌رسد سالیسیلیک‌اسید با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و در نتیجه بهبود فتوسنتز سبب افزایش تعداد و ابعاد برگ می‌شود (Shahraki *et al*., 2020).

۳. ۹. وزن تر برگ

نتایج تجزیه واریانس بیانگر از این است که در اثر تیمار محلول‌پاشی بر وزن تر برگ در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴). بر مبنای نتایج مقایسه تیمارها، محلول‌پاشی با غلظت ۰/۲ گرم بر لیتر کیتوزان نسبت به سایر تیمارها بیش‌ترین وزن تر را در برگ گالگا موجب شد (جدول ۵).

در پژوهشی محلول‌پاشی ۵۰ppm کیتوزان در گیاه ماش (*Vigna radiate* L.) باعث افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک برگ، شاخص برداشت، وزن هزاردانه و عملکرد دانه شد (Mondal *et al*., 2013). کیتوزان به‌دلیل ایجاد لایه‌ای براق و چسبنده در سطح برگ‌ها باعث کاهش نفوذ نور به داخل مزوفیل، کاهش فتوسنتز و مقدار رشد گیاه می‌شود. کاهش رشد کمای بینالودی (*Ferula flabelliloba*) در محلول‌پاشی با غلظت‌های بالاتر کیتوزان به‌دلیل کاهش اندازه روزنه‌ها، افزایش مقدار انعکاس نور خورشید و کاهش مقدار فتوسنتز گزارش شده است (Taheri, 2016). محلول‌پاشی برگی کیتوزان و سالیسیلیک‌اسید از طریق افزایش محتوای رطوبت نسبی برگ، منجر به حفظ تورم و حجم برگ می‌شود و غشای سلولی را محافظت می‌کند (Kamali *et al*., 2012).

در گیاه ذرت کاربرد سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرومولار سبب افزایش وزن خشک و تر برگ نسبت به عدم کاربرد آن شد (Tarigholeslami *et al*., 2018). مطابق با نتایج به‌دست‌آمده، محلول‌پاشی با سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی از جمله ارتفاع گیاه، طول ساقه، تعداد پاجوش و گل، قطر گل، سطح برگ، میزان کلروفیل، وزن تر و خشک برگ و میزان اسانس در بابونه کبیر (Najafiyan *et al*., 2009) و ریحان (Nourafcan & Mahboubi, 2017) شد.

۳. ۱۰. وزن خشک برگ

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تیمارهای محلول‌پاشی (تغذیه برگی) بر میزان وزن خشک برگ گیاه دارویی گالگا اثر معنی‌دار نشان نداد (جدول ۴).

۳. ۱۱. تعداد گل‌آذین در بوته

نتایج تجزیه واریانس حاکی از این است که در اثر تیمار محلول‌پاشی بر تعداد گل‌آذین در بوته در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۶). با توجه به نتایج مقایسه تیمارها، محلول‌پاشی با سالیسیلیک‌اسید (۲ و ۳ میلی‌مولار) بر تعداد گل‌آذین در بوته گالگا اثر افزایشی بیش‌تری داشت. این در حالی است که با محلول‌پاشی غلظت‌های ۰/۸ و ۰/۶ گرم بر لیتر کیتوزان تعداد گل‌آذین در بوته در رده بعدی قرار گرفته؛ اگرچه با تیمارهای ۲ و ۳ میلی‌مولار تفاوتشان معنی‌دار نبود (جدول ۷).

در آزمایشی، خیساندن پیازهای فریزیا در محلول کیتوزان قبل از کاشت باعث افزایش گلدهی گیاه و افزایش تعداد گل‌آذین در بوته شد (Salachna & Zawadzińska, 2014).

جدول ٦. نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مورد آزمایش بر ویژگی‌های گل‌آذین و ریشه گیاه دارویی گالگا

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد گل‌آذین در بوته	طول گل‌آذین	طول ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
تیمار	۹	۰/۴۹*	۰/۸۴**	۶۳/۵۳**	۳۳/۳۳**	۱۰۱/۸۴**
اشتباه آزمایش	۴۰	۰/۱۹	۰/۰۶	۳/۹۵	۳/۱۸	۰/۳۵
ضریب تغییرات (%)	–	۷۲/۶۵	۲۵/۵۱	۱۷/۳۷	۲۲/۰۶	۱۳/۶۴

** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی‌داری اثر تیمارها بر صفات مورد مطالعه می‌باشد.

جدول ۷. اثر محلول‌پاشی (تغذیه برگی) کیتوزان و سالیسیلیک‌اسید بر ویژگی‌های گل‌آذین و ریشه گیاه دارویی گالگا

تیمارها		تعداد گل‌آذین در بوته	طول گل‌آذین (cm)	طول ریشه (cm)	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)
شاهد		۰/۶ab	۱bcd	۷/۷۲f	۴/۹۸d	۳/۲c
آب مقطر		۰c	۰e	۶/۶۴f	۵/۱d	۲/۷c
کیتوزان	0.2g/lit	۰/۶ab	۱/۳ab	۱۳/۳۴bc	۱۳/۸a	۸/۱a
	0.4g/lit	۰/۲bc	۰/۷۲d	۱۸/۵۸a	۹/۵۸b	۴/۹b
	0.6g/lit	۰/۶ab	۱/۱bc	۱۳/۶۴b	۸/۰۲bc	۴/۴۲b
	0.8g/lit	۰/۸a	۱/۲ab	۸/۴۴ef	۶/۵۸cd	۳/۳۶c
سالیسیلیک‌اسید	0.5mmol	۰/۶ab	۰/۷۶d	۱۱/۰۴cd	۸/۵۴bc	۴/۴۶b
	1mmol	۰/۶ab	۰/۹۴cd	۱۰/۴۸de	۸/۶۸bc	۴/۳۸b
	2mmol	۱a	۰/۹۲cd	۱۴/۰۸b	۹/۱۲b	۴/۳۴b
	3mmol	۱a	۱/۴a	۱۰/۴۴de	۶/۴۶cd	۳/۲c

داشتن حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف بین تیمارهاست.

نتایج پژوهشی در گوجه‌فرنگی نشان داد که با افزایش غلظت کیتوزان تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ارتفاع بوته و تعداد گل در گیاه افزایش می‌یابد (Sultana *et al*., 2017). کیتوزان با دخالت در مسیرهای سنتز آبسیزیک‌اسید باعث بسته‌شدن روزنه و در نتیجه کاهش تعرق شده و با حفظ آب در گیاه تولید اندام‌های زایشی را افزایش می‌دهد (Malekpoor *et al*., 2017).

۳. ۱۲. طول گل‌آذین

براساس نتایج تجزیه واریانس، در اثر تیمار محلول‌پاشی بر طول گل‌آذین تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۶). نتایج مقایسه تیمارها نشان می‌دهد که در تیمار محلول‌پاشی غلظت ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید بیش‌ترین طول گل‌آذین حاصل شد (جدول ۷). مکانیسم اثر افزایشی کیتوزان بر رشد و طول گل‌آذین گیاه ممکن است مربوط به وجود عنصر نیتروژن در ساختار آن باشد که در ساختارهای آمینواسیدی شرکت می‌کند. از سوی دیگر، احتمالاً کیتوزان افزایش رشدونمو گیاه را از طریق مسیرهای سیگنالی که منجر به بیوسنتز اکسین می‌شود، تنظیم کند (Malekpoor *et al*., 2017). در آزمایشی روی گلرنگ مشخص شد که کیتوزان می‌تواند قطر طبق گلرنگ را افزایش دهد (Amiri *et al*., 2015b).

۳. ۱۳. طول ریشه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از این است که در اثر تیمار محلول‌پاشی بر طول ریشه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۶). با توجه به نتایج مقایسه تیمارها، غلظت ۰/۴ گرم بر لیتر کیتوزان و پس از آن غلظت ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید موجب تولید بیش‌ترین طول ریشه در بوته گالگا شد (جدول ۷). نتایج پژوهشی نشان داده شد که کیتوزان موجب افزایش طول ریشه در گیاهان موردمطالعه شد (Luan *et al*., 2005). کاربرد غلظت‌های مختلف کیتوزان در گیاه لوبیا نیز منجر به افزایش طول ساقه و ریشه شد (Singla & Gary, 2005). در پژوهشی، کیتوزان باعث بهبود ریشه‌زایی قلمه‌های انگور با افزایش تعداد و طول ریشه‌های تولیدی شده است (Gornik *et al*., 2008). کیتوزان به‌طور قابل‌توجهی پایداری غشاهای سلولی گیاهان را افزایش داده و باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شوند. این مواد به‌دلیل افزایش هدایت روزنه‌ای و کاهش مقدار تعرق باعث افزایش مقدار فتوسنتز شده، بر ارتفاع گیاه، طول ریشه‌ها و مقدار زیست توده گیاهی تأثیر می‌گذارند (Taheri, 2016).

۳. ۱۴. وزن تر ریشه

نتایج تجزیه واریانس بیانگر از این است که در اثر تیمار محلول‌پاشی بر وزن تر ریشه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۶). براساس نتایج مقایسه تیمارهای حاصله، محلول‌پاشی ۰/۲ گرم بر لیتر کیتوزان موجب افزایش وزن تر ریشه نسبت به سایر تیمارها شد، این در حالی است که غلظت ۰/۴ گرم بر لیتر کیتوزان، پس از آن بیش‌ترین وزن تر ریشه را نشان داد (جدول ۷).

۳. ۱۵. وزن خشک ریشه

براساس نتایج تجزیه واریانس، در اثر تیمار محلول‌پاشی بر وزن خشک ریشه تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۶). نتایج مقایسه تیمارها نشان داد در شرایطی که محلول‌پاشی کیتوزان ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر صورت گرفته است بیش‌ترین وزن خشک ریشه در بوته گالگا مورد اندازه‌گیری قرار گرفت که با سایر تیمارها تفاوت داشت (جدول ۷).

نتایج پژوهش‌های پژوهش‌گران نشان داد که کیتوزان با تأثیر بر وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه گلرنگ باعث افزایش وزن گیاهچه شده و اثر تنش خشکی را خنثی و باعث بهبود وضعیت گیاهچه شد (Mahdavi *et al*., 2014b). هم‌چنین پیش‌تیمار ذرت با کیتوزان با غلظت ۰/۵ درصد وزنی حجمی تحت تنش دمایی افزایش وزن اندام هوایی و زمینی را سبب شد (Guan *et al*., 2009) که نتایج مطالعه اخیر با سایر نتایج پژوهش‌گران همسو بوده است.

کاربرد سالیسیلیک‌اسید تأثیر تحریک‌کنندگی بر افزایش وزن خشک در قسمت هوایی و ریشه داشت و سرعت تنفس نیز افزایش قابل‌ملاحظه‌ای را نشان داد (Hamada & Al-Hakimi, 2001). افزایش رشد ریشه و اندام هوایی گیاه ذرت در پاسخ به تیمار سالیسیلیک‌اسید گزارش شده است (Hussein *et al*., 2007).

۳. ۱۶. قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از این است که در اثر تیمار محلول‌پاشی بر قطر ساقه در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۸). با توجه به نتایج مقایسه تیمارها، بیش‌ترین قطر ساقه در بوته‌های تحت تیمار کیتوزان با غلظت ۰/۲ و ۰/۴ گرم بر لیتر محاسبه گردید که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند؛ پس از آن در غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید بیش‌ترین میزان قطر ساقه مشاهده شد (جدول ۹).

غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و سالیسیلیک‌اسید بر ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و فیتوشیمیایی مانند وزن تر و خشک ریشه، تعداد گل، تعداد ساقه جانبی و سطح برگ، میزان کلروفیل، قند، نشاسته، فسفر، فنل و سرعت فتوسنتز گیاه سرخارگل اثرگذار می‌باشد (Omidbeige, 2009)، که در پژوهش حاضر این اثرات تحت کاربرد غلظت‌های مختلف سالیسیلیک‌اسید مشهود بوده است.

جدول ۸. نتایج تجزیه واریانس تیمارهای موردآزمایش بر برخی صفات پیکره رویشی گیاه دارویی گالگا

منابع تغییر	درجه آزادی	قطر ساقه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	شاخص کلروفیل برگ	درصد رطوبت نسبی
تیمار	۹	۲۱/۶۱**	۲۴۶۶/۱۳**	۳۳۱/۹۵**	۲۴۰/۴۷**	۰/۲۴**
اشتباه آزمایش	۴۰	۱/۷۷	۱۴۳/۹۰	۵۵/۶۲	۷۱/۲۹	۰/۰۸
ضریب تغییرات (%)	–	۲۲/۶۳	۱۱/۶۳	۱۴/۸۷	۱۸/۱۲	۱۳/۵۲

**** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی‌داری اثر تیمارها بر صفات مورد مطالعه می‌باشد.**

جدول ۹. اثر محلول‌پاشی (تغذیه برگی) کیتوزان و سالیسیلیک‌اسید بر برخی صفات پیکره رویشی گیاه دارویی گالگا

تیمارها		قطر ساقه (mm)	وزن تر اندام هوایی (g)	وزن خشک اندام هوایی (g)	شاخص کلروفیل برگ (SPAD)	رطوبت نسبی (%)
شاهد		۳/۶d	۹۲/۸۴cd	۴۱/۵۲d	۳۷/۴۲c	۲/۲۳ab
آب مقطر		۶/۲bc	۱۰۳/۵۶bc	۴۵/۰۴cd	۴۰/۱۰bc	۲/۲۹a
کیتوزان	0.2g/lit	۸/۶a	۱۳۱/۴۸a	۵۸/۸۴ab	۴۹/۴۲ab	۲/۲۳ab
	0.4g/lit	۸/۲a	۱۲۶/۲۸a	۵۸/۸۶ab	۵۶/۳a	۲/۱۶ab
	0.6g/lit	۴/۸cd	۸۲/۸۲de	۵۰/۵۲bcd	۴۶/۸abc	۱/۶۷c
	0.8g/lit	۴/۴d	۷۹/۰۸de	۴۱/۸۴d	۳۹/۷bc	۱/۸۹bc
سالیسیلیک‌اسید	0.5mmol	۸/۰a	۱۳۲/۲۸a	۶۳/۴۴a	۴۱/۱۲bc	۲/۱۱ab
	1mmol	۷/۶ab	۱۱۷/۰۴ab	۵۳/۹۶abc	۵۲/۹۸a	۲/۲۱ab
	2mmol	۴/۲d	۹۲/۰۲cd	۴۴/۷cd	۵۵/۸۶a	۲/۱۱ab
	3mmol	۳/۲d	۷۴/۲۲e	۴۲/۷d	۴۶/۲۲abc	۱/۷۳c

داشتن حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد است.

۳. ۱۷. وزن تر اندام هوایی

براساس نتایج تجزیه واریانس، در اثر تیمار محلول‌پاشی بر وزن تر اندام هوایی تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۸). بر مبنای نتایج مقایسه تیمارها، بیش‌ترین وزن تر اندام هوایی از نظر عددی در تیمار سالیسیلیک‌اسید با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار محاسبه شد و این در حالی است که غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۴ گرم بر لیتر کیتوزان تفاوت معنی‌داری با تیمار مذکور نداشتند (جدول ۹). کیتوزان باعث رشد، توسعه سلولی و در نتیجه افزایش عملکرد می‌شود، کیتوزان با استفاده از افزایش فعالیت آنزیم‌های کلیدی در متابولیسم نیتروژن (نیترات‌ردکتاز، گلوتامین و پروتئازسنتتاز) و بهبود انتقال نیتروژن باعث توسعه و رشد گیاهان می‌شود (Mehregan *et al*., 2017). در پژوهشی در گیاه دارویی به‌لیمو کیتوزان وزن تر گیاه را افزایش داد (Nourafcan, 2019) که با یافته‌های اخیر همسو بوده است.

۳. ۱۸. وزن خشک اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس حاکی از این است که در اثر تیمار محلول‌پاشی بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۸). براساس نتایج مقایسه تیمارها با محلول‌پاشی ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید بیش‌ترین و در شرایط شاهد (عدم محلول‌پاشی) کم‌ترین میزان وزن خشک اندام هوایی حاصل شد (جدول ۹). بررسی اثر سالیسیلیک‌اسید بر عملکرد گیاه سرخارگل در شرایط مزرعه نشان داد که سطوح بالای سالیسیلیک‌اسید بر افزایش کمی و کیفی محصول مؤثر است (Faridi Nasab, 2015). طبق نتایج حاصله میزان وزن تر و خشک گیاه گالگا با کاربرد سالیسیلیک‌اسید ۰/۵ میلی‌مولار و یک میلی‌مولار افزایش یافته است. به‌نظر می‌رسد افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه گالگا در اثر استفاده از سالیسیلیک‌اسید به‌خاطر فعالیت آنتی‌اکسیدانی این ماده در غشای سلولی باشد (Tarigholeslami *et al*., 2018).

چنین نتایجی تحت کیتوزان ۰/۴ و ۰/۲ گرم بر لیتر نیز نسبت به سایر تیمارها افزایش محسوس نشان داده است. در آزمایشی که روی بذور خیسانده پنبه در محلول کیتوزان انجام شد، کیتوزان باعث افزایش میزان جوانه‌زنی و سرعت رشد گیاهچه‌ها و در نهایت افزایش وزن تر و خشک گیاهچه در این گیاه شد (Dzung, 2004). در بررسی اثر محرک کیتوزان بر گیاه دارویی پونه (Greek Organo)، گزارش شد که ارتفاع بوته، وزن تر و وزن خشک گیاه با مصرف محرک کیتوزان افزایش یافت (Heng *et al*., 2012). پژوهش‌گران دیگر افزایش طول ساقه و وزن خشک را در گیاهان تیمارشده با کیتوزان مشاهده کردند (Cho *et al*., 2008).

کیتوزان به‌دلیل افزایش هدایت روزنه‌ای و کاهش مقدار تعرق باعث افزایش میزان فتوسنتز شده و می‌تواند بر ارتفاع گیاهان، ریشه‌ها و مقدار زیست‌توده گیاهی تأثیر گذارد (Boonlertinirun *et al*., 2008; Emami Bistgani *et al*., 2017).

۳. ۱۹. شاخص کلروفیل برگ

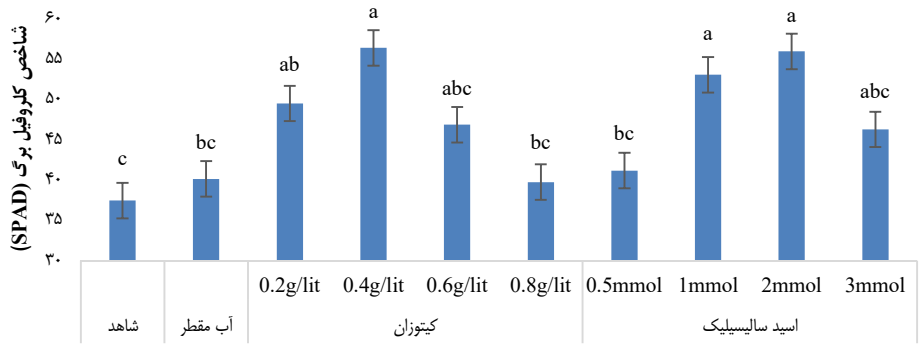
نتایج تجزیه واریانس بیانگر از این است که در اثر تیمار محلول‌پاشی بر شاخص کلروفیل برگ در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۸). با توجه به نتایج مقایسه تیمارها با محلول‌پاشی ۰/۴ گرم بر لیتر کیتوزان و ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید بیش‌ترین میزان کلروفیل (شاخص SPAD) در گیاه دارویی گالگا اندازه‌گیری شد (جدول ۹؛ شکل ۱).

سالیسیلیک‌اسید از ترکیبات فنلی موجود در گیاهان بوده که رشدونمو، میزان تنفس، فتوسنتز، جذب و انتقال یون‌ها را تحت تأثیر قرار داده و تغییراتی را در آناتومی برگ و ساختار کلروفیل ایجاد می‌کند (Popova *et al*., 2012).

در این پژوهش تحت تأثیر کیتوزان میزان شاخص کلروفیل افزایش نشان داد. بررسی تأثیر کیتوزان بر روی گیاه زنیان (Khajeh & Naderi, 2014) و به‌لیمو (Nourafcan, 2019) نشان داد که کیتوزان باعث افزایش معنی‌داری میزان کلروفیل b، a و کاروتنوئید در گیاه شده است که با نتایج حاضر مطابقت دارد. در مطالعات انجام‌شده دیگر در سویا و بادام‌زمینی و قهوه نیز کیتوزان منجر به افزایش مقدار کلروفیل و کاروتنوئید شده است که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت (Dzung, 2004). در پژوهشی، کاربرد کیتوزان موجب افزایش میزان کلروفیل برگ قهوه شد (Salachna & Zawadzińska, 2014). با توجه به وجود عنصر نیتروژن در محرک کیتوزان و نقش ساختاری این عنصر در حلقه‌های تتراپیرولی کلروفیل، چنین افزایشی توجیه‌پذیر می‌باشد. از طرف دیگر، احتمالاً مصرف کیتوزان با تأثیر بر ژن‌های مسئول سازنده کلروفیل، تولید کلروفیل را زیاد نموده است (Malekpoor *et al*., 2017).

۳. ۲۰. درصد رطوبت وزنی نسبی

براساس نتایج تجزیه واریانس، در اثر تیمار محلول‌پاشی بر درصد رطوبت نسبی تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۸). نتایج مقایسه اثرات تیمارها نشان می‌دهد که محلول‌پاشی با ۰/۶ گرم بر لیتر کیتوزان موجب شد کم‌ترین درصد رطوبت نسبی در گیاه گالگا محاسبه شود، در صفت مذکور شرایط شاهد (عدم محلول‌پاشی) و آب مقطر با سایر تیمارها تفاوت فاحشی را نشان نداد (جدول ۹).



شکل ۱. اثر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف سالیسیلیک‌اسید و کیتوزان بر شاخص کلروفیل گیاه دارویی گالگا. داشتن حروف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد است.

نتایج پژوهشی نشان داد که استفاده از کیتوزان به‌عنوان الیسیتور می‌تواند موجب افزایش قابل‌توجهی در رشد نسبی بیومس گیاه *Panax ginseng* به سبب افزایش رطوبت نسبی بافت‌های گیاهی شود (Jeong & Park, 2005). مشابه نتایج حاصل از پژوهش حاضر، محلول‌پاشی کیتوزان باعث بهبود صفات مورفولوژیکی (ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن خشک اندام هوایی و شاخص سطح برگ) و عملکردی (طول کپسول، تعداد دانه، تعداد کپسول، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک) و محتوی روغن دانه در شرایط تنش آبی در گیاه کنجد شد (Khordadi varamin *et al*., 2021). شاید اثر کیتوزان بر رشد گیاه و افزایش عملکرد گیاه به‌دلیل اثر آن بر تحریک فرایندهای فیزیولوژیکی، بهبود رشد رویشی و افزایش تثبیت CO_2 باشد. کیتوزان حاوی نیتروژن در ساختار شیمیایی خود بوده که به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی برای گیاهان و خاک شناخته شده است. وقتی نیتروژن موجود در کیتوزان حل شود به‌تدریج نفوذ کرده و از این نظر می‌تواند مؤثر واقع شود (Becker *et al*., 2000). مصرف کیتوزان با تحریک و در نتیجه افزایش میزان جذب آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی، منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گالگا می‌شود. در پژوهش‌های مجزا بر روی گیاهان مختلف محلول‌پاشی کیتوزان موجب افزایش عملکرد و اجزای گیاهان شد (Amiri *et al*., 2014; Mahdavi *et al*., 2013; Saadat & Tajnakhsh, 2013; Azin *et al*., 2016; Amiri *et al*., 2017; Noirafcan, 2019).

اثرهای تحریکی سالیسیلیک‌اسید بر رشد می‌تواند به دلایلی مانند افزایش میزان تقسیم در مناطق مریستمی و رشد سلولی و هورمون‌های گیاهی باشد که موجب افزایش رشد می‌شود (Shakirova *et al*., 2007). در پژوهش حاضر، کیتوزان و سالیسیلیک‌اسید به‌عنوان محرک‌های رشد، موجب افزایش رشد گیاه دارویی گالگا شدند، کیتوزان هم‌چنین رشد گیاهان مختلف از قبیل به‌لیمو (Nourafcan, 2019)، جوانه‌های سویا (Lee *et al*., 2005) و ریحان (Kim, 2005) را تحریک می‌کند.

۴. نتیجه‌گیری

با کاربرد سالیسیلیک‌اسید و کیتوزان، اغلب صفات مورفولوژیکی گیاه افزایش یافت. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی محرک‌های زیستی (کیتوزان) و غیرزیستی (سالیسیلیک‌اسید) اثر معنی‌داری بر تمام صفات موردارزیابی، به‌جز ارتفاع بوته و وزن خشک برگ دارد. با افزایش غلظت کیتوزان و سالیسیلیک‌اسید، میزان وزن تر و خشک ساقه کاهش یافت به‌طوری‌که بیش‌ترین مقادیر در دو صفت مذکور در تیمارهای کیتوزان ۰/۴ و ۰/۲ گرم در لیتر و ۱ و ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید حادث شده که این تیمارها از نظر آماری در یک رده قرار گرفتند. بیش‌ترین تعداد میانگره و طول ریشه در تیمار کیتوزان ۰/۴ گرم در لیتر؛ بیش‌ترین تعداد برگ در غلظت ۰/۶ گرم در لیتر، بیش‌ترین طول و عرض برگ، وزن تر برگ، وزن تر و خشک ریشه در تیمار ۰/۲ گرم در لیتر کیتوزان؛ بیش‌ترین تعداد گل‌آذین در تیمارهای ۲ و ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و در نهایت بیش‌ترین میزان طول گل‌آذین در غلظت ۳ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید مشاهده شد. بیش‌ترین قطر ساقه در غلظت‌های ۰/۴ و ۰/۲ گرم در لیتر کیتوزان مشاهده شد. بیش‌ترین میزان وزن تر اندام هوایی تحت تیمارهای ۰/۴ و ۰/۲ گرم در لیتر کیتوزان و ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید مورد اندازه‌گیری قرار گرفت که تفاوتی از نظر معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. بیش‌ترین وزن خشک اندام در تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید ارزیابی شد. بیش‌ترین شاخص کلروفیل مربوط به تیمارهای ۰/۴ گرم در لیتر کیتوزان و ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید بوده است. کم‌ترین رطوبت نسبی مربوط به بافت‌های گیاهی تحت تیمار ۰/۶ گرم در لیتر کیتوزان بود. در مجموع استفاده از غلظت‌های ۰/۴ و ۰/۲ گرم در لیتر کیتوزان و غلظت‌های مختلف سالیسیلیک‌اسید اثر بهینه بر صفات مورفولوژیکی گیاه

دارویی گالگا دارد که به‌خاطر داشتن اثر مثبت بر بیش‌تر ویژگی‌های رشدی گیاه به‌دلیل جذب سریع به‌منظور دستیابی به عملکرد مطلوب در مسیر کشاورزی پایدار، توصیه می‌شود.

۵. تشکر و قدردانی

از سرکار خانم سودابه نورزاد به‌خاطر کمک در انجام پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع مورداستفاده

Alaei, M., Babalar, M., Naderi, R., & Kafi, M. (2011). Investigation of the effect of salicylic acid on physical and chemical properties and postharvest life of roses. *Journal of Postharvest and Biotechnology, 61*, 91-94. (In Persian).

Amiri, A., Esmaielzadeh Bahabadi, S., Yadollaho-Dehcheshmeh, P., & Sirousmehr, A. (2017). The role of salicylic acid and chitosan foliar applications under drought stress condition on some physiological traits and oil yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Ecophysiological Production, 11*, 69-83. (In Persian).

Amiri, A., Siroos Mehr, A. R., Ghanbari, A., & Smaiel Bahabadi, C. (2014). *Effect of drought stress and chitosan and salicylic acid on quantitative and qualitative characteristics of Carthamus tinctorius* L. MSc Thesis. University of Zabol. (In Persian).

Amiri, A., Sirousmehr, A., & Esmaeilzadeh Bahabadi. S. (2015a). Effect of foliar application of salicylic acid and chitosan on yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 28*(4), 712-725. (In Persian).

Amiri, A., Yadolahi, P., Siroosmehr, A. R., & Esmaeilzade, S. (2015b). Effect of drought stress and chitosan and salicylic spray on morphological parameters of *Carthamus tinctorius* L. in Sistan. *Journal of Oil Plants Production, 2*(1), 43-56. (In Persian).

Azin, Z., Smaielzadeh Bahabadi, C., Emam Jomeh, E. E., & Hasani, S. P. (2016). *Effect of drought stress and chitosan and salicylic acid on quantitative and qualitative characteristics of Citrullus colocynthis* L. MSc Thesis. University of Zabol. (In Persian).

Bayat, H., Mardani, H., Arouie, H., & Salahvarzi, Y. (2011). Effects of salicylic acid on morphological and physiological characteristics of cucumber seedling (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) under drought stress. *Journal of Plant Production, 18*(3), 63-76. (In Persian).

Becker, T., Schaalk, M., & Strasdeit, H. (2000). Adsorption of Nickel, Zinc and Cadmium cation by new chitosan derivatives. *Reactive and Functional Polymers, 44*, 289-298.

Bittelli, M., Flury, M., Campbell, G. S., & Nichols, E. J. (2001). Reduction of transpiration through foliar application of chitosan. *Agricultural and Forest Meteorology, 107*, 167– 175.

Boonlertinirun, S., Chaweewan, B., & Suvanasara, R. (2008). Application of chitosan in rice production. *Journal of Metals, Materials and Minerals, 18*(2), 47-52.

Chamani, F., Tohidi Nejad, E., & Mohayeji, M. (2018). Effect of salicylic acid on morpho-agronomical traits of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) under drought stress. *Journal of Crop Ecophysiology, 12*(4), 569-580. (In Persian).

Cheng, X. Y., Zhou, H. Y., Cui, X., Ni, W., & Liu, C. Z. (2006). Improvement of phenyl ethanoid glycosides biosynthesis in *Cistanche deserticola* cell suspension cultures by chitosan elicitor. *Journal of biotechnology, 121*, 253-260.

Cho, M. H., No, H. K., & Prinyawiwatkul, W. (2008). Chitosan treatments affect growth and selected quality of sunflower sprouts. *Journal of Food Science, 73*, 570-577.

Davoodi, P. (2010). *Experimental study and optimization of Galgin supercritical extraction process from Galga officinalis and mathematical modeling*. Master Thesis, Chemical Engineering, Isfahan University of Technology, Faculty of Chemical Engineering. (In Persian).

Dzung, N. A. (2004). Study on effect of chitosan oligomer on the growth and development of some short-term crop in Dak nong province, final report of project of Rural of Central Highland, Agricultural Publisher: Hanoi.

El-Hadrami, A., Adam, L. R., El-Hadrami, I., & Daayf, F. (2010). Chitosan in plant protection. *Marine Drugs, 8*, 968-987.

Emami Bistgani, Z., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A., & Ghasemi Pirbalouti, A. (2017). The effect of drought stress and elicitor of chitosan on photosynthetic pigments, proline, soluble sugars and lipid peroxidation in *Thymus deanensis* Celak in Shahrekord climate. *Environmental Stresses in Crop Sciences, 10*, 12-19. (In Persian).

Faridi Nasab, J. (2015). *The Effect of salicylic acid on coneflower yield.* Master Thesis, Islamic Azad University, Miyaneh Branch, Faculty of Agriculture: Miyaneh, Iran. (In Persian).

Fernandez, M.R., Zentner, R.P., Basnyat, P., Gehl, D., Selles, F., & Huber, D. (2009). Glyphosate associations with cereal diseases caused by *Fusarium* spp. in the Canadian Prairies. *Eurpoean Journal of Agronomy*, *31*(3), 133-143.

Fernandez, V., & Eichert, T. (2009). Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: Current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *Critical Reviews in Plant Sciences, 28*, 36-68.

Gornik, K., Grzesik, M., & Romanowska Duda, B. (2008). The effect of chitosan on rooting of grapevine cutting and on subsequent plant growth under drought and temperature stress. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 16*, 333-343.

Gris, E. (1843). Memoir relatif a l'a action des compos´es solubles ferruguineaux sur la vegetation [Report concerning the action of soluble ferrous compounds in plants]. *Compte Rendu de l'Academie des Sciences, 17*, 679.

Guan, Y. J., Hu, J., Wang, X. J., & Shao, C. X. (2009). Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. *Zhejiang University Science, 10*, 427-433.

Hajizadeh, S.H., & Ali Lu, A.A. (2013). The effectiveness of pre-harvest salicylic acid on physiological traits in *Lilium longiflorum* L. *Journal of Environmental Science and Technology, 1*, 344-350. (In Persian).

Hamada, A.M., & Al-Hakimi, A.M.A. (2001). Salicylic acid versus salinitydrought-induced stress on wheat seedlings. *Rostlinna Vyroba, 47*(10), 444-450.

Heng, Y., Xavier, C. F., Lars, P. C., & Kai, G. (2012). Chitosan Oligosaccharides Promote the Content of Polyphenols in Greek Oregano (*Origanum vulgare* ssp. hirtum). *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60*, 136-143.

Hussein, M. M., Balbaa L. K., & Gaballah, M. S. (2007). Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 3*, 321-328.

Iriti, M., & Faoro, F. (2009). Chitosan as a MAMP, searching for PRR. Plant signal behave, 4(1).

Jeong, G. T., & Park, D. H. (2005). Enhancement of growth and secondary metabolite biosynthesis: Effect of elicitors derived from plants and insects. *Biotechnology and Bioprocess Engineering, 10*(1), 73-77.

Kamali, M., Kharrazi, S.M., Selahvarzi, Y., & Tehranifar, A. (2012). Effect of salicylic acid on growth and some morphophysiological characteristics of gomphrena (*Gomphrena globosa* L.) under salinity stress. *Journal of horticulture science (agricultural sciences and technology), 26*(1), 104-112.

Kashefi, B., Quds, B., & Mogamad, M. (2005). Application of salicylic acid on some morphological and physiological traits in sage in salinity stress. *Journal of Agriculture, 17*, 431-440. (In Persian).

Khajeh, H., & Naderi, S. (2014). The effect of chitosan on some antioxidant enzymes activity and biochemistry characterization in Melissa (*Melissa officinalis*). *Research Journal of Crop Science in Arid Area, 1*, 100-116. (In Persian).

Khordadi Varamin, J., Fanoodi, F., Masoud Sinaki, J., Rezvan, Sh., & Damavandi, A. (2021). Investigating response of yield traits and oil content of sesame variety (*Sesamum indicum* L.) to nano-magnesium fertilizer and biopolymer chitosan under limited water stress. *Environmental stresses in crop sciences, 14*(2), 359-373. (In Persian).

Kim, H. J. (2005). Characterization of bioactive compounds in essential oils, fermented anchovy sauce, and edible plants, and, induction of phytochemicals from edible plants using methyl jasmonate (MeJA) and chitosan. PhD Thesis, Clemson University, USA, 178 pp.

Lee, Y. S., Kim, Y. H., & Kim, S. B. (2005). Changes in the respiration, growth and vitamin C content of soybean sprouts in response to chitosan of different molecular weights. *American society Horticultural Science, 40*(5), 1333-1335.

Luan, L. Q., Ha, V., Nagasawa, T. N., Kume, T., Yoshii, F., & Nakanishi, T. M. (2005). Biological effects of irradiated chitosan on plants *in vitro*. *Biotechnology and applied biochemistry, 41*(1), 49-57.

Mahdavi, B., Aghaalikhani, M., & Sharifi, M. (2014a). Chitosan improves osmotic potential tolerance in safflower seedlings. *Crop Improvement, 25*(6), 728-741. (In Persian).

Mahdavi, B., Modarres Sanavy, S. A. M., Aghaalikhani, M., & Sharifi, M. (2013). Effect of chitosan on safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed germination and antioxidant enzymes activity under water stress. *Iranian Journal of Plant Research, 26*, 352-365. (In Persian).

Mahdavi, B., Modarres Sanavy, S. A. M., Aghaalikhani, M., Sharifi, M., & Alavi Asl, S. A. (2014b). Effect of foliar application of chitosan on growth and biochemical characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under water deficit stress. *Iranian Journal of Field Crops Research, 12*(2), 229-236. (In Persian).

Malekpoor, F., Salimi, A., & Ghasemi Pirbalouti, A. (2017). Effect of bioelicitor of chitosan on physiological and morphological properties in purpule basil (*Ocimum basilicum* L.) under water deficit. *Journal of Plant Ecophysiology, 8*(27), 56-71. (In Persian).

Mandhanis, S., Madan, S., & Whney, V. (2006). Antioxidant defence mechanism under salt stress in wheat seedling. *Biology Plantarum, 52*, 22-27.

Mehregan, M., Mehrafarin, A., Labbafi, M. R., & Naghdi Badi, H. (2017). Effect of different concentrations of chitosan biostimulant on biochemical and morphophysiological traits of stevia plant (*Stevia rebaudiana* Bertoni). *Journal of Medicinal Plants, 2*(62), 169-182. (In Persian).

Metwally, A., Finkemeier, I., George, M., & Dietz, K. (2003). Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedling. *Plant Physiology, 132*, 272-281.

Mirmostafaee, S., Azizi, M., Bahreini, M., Arouiee, H., & Oroojalian, F. (2014). The effects of different drying methods on speed of drying, essential oil and microbial load in Peppermint (*Mentha × piperita* L.). *Journal of Plant Production, 20*(4), 133-147.

Mondal, M. M. A., Malek, M. A., Puteh, A.B., & Ismail, M. R. (2013). Foliar application of chitosan on growth and yield attributes of Mungbean. *Bangeladesh Journal of Botany, 42*, 179-183.

Moosavi, S. M., Khara, J., & Heidari, R. (2009). Effects of salicylic acid on photosynthetic pigment content in *Ocimum basillicum* L. under UV radiation stress. *Fredowsi University International Journal of Biological Sciences, 1*, 57-66. (In Persian).

Najafiyan, S., Negahban, M., Tarakemeh, A., & Ghasemiyan, S.M. (2009). Effect of salicylic acid on some morphological and physiological characteristics of chamomile. 6th Iranian Horticultural Science Congress. Rasht. Iran. 1117-1119. (In Persian).

Ngom, B., Mamati, E., Sarr, I., & Kimatu, J.N. (2018). Aluminum toxicity vs salicylic acid effects in pearl millet methylome. *International Journal of Advanced Research, 6*(4), 517-524.

Nourafcan, H. (2014). Elicitors, precursors and culture medium components effects on some growth characteristics, citral percentage and antimicrobial activity of essential oil of lemon verbena (*Lippia citriodora* H.B.K.) in vitro and greenhouse conditions. Ph.D. Thesis. Islamic Azad University - Science and Research Branch, Tehran. 172 pp.

Nourafcan, H. (2019). Effect of Chitosan on Physiological and Morphological Traits of Lemon Verbena (*Lippia citriodora* L.) under in Vitro and Field Conditions. *Journal of Crop Ecophysiology, 13*(1), 73-86. (In Persian).

Nourafcan, H., & Mahboubi, A. (2017). The effect of salicylic acid foliar spraying on morphophysiological characteristics of *Common mallow* and *Moldavian balm*. *Agroecology Journal, 13*(3), 25-33. (In Persian).

Omidbeige, R. (2009). *Production and processing of medicinal plants with a complete overview.* First volume: Astan-e Gods-e Razavi Publication: Mashhad. (In Persian).

Omidbeigi, R. (2011). Production and processing of medicinal plants. Volume II. Astan Quds Razavi Publications: Mashhad. (In Persian).

Popova, L. P., Maslenkova, L. T., Ivanova, A. P., & Stoinova, Z. (2012). *Role of Salicylic Acid in Alleviating Heavy Metal Stress.* In: Ahmad P, Prasad MNV (eds) Environmental adaptations and stress tolerance of plants in the era of climate change. Springer, New York, Dordrecht, Heidelberg, London, 441-466.

Pu, G. B., Dong-Ming, M., Chen, J. L., Ma, L. Q., Wang, H., & Li, G.F. (2009). Salicylic acid activates artemisinin biosynthesis in *Artemisia annua* L., *Plant Cell Report, 28*, 1127-1135.

Rahimi Ashtiani, S., Hasanloo, T., & Bihamta, M. R. (2009). Using yeast extract as an approach to increase flavonolignans content in cell suspension culture of milk thistle plant via elicitation mechanism. *Journal of Medicinal Plants, 4*(32), 108-119. (In Persian).

Rasekh, H.R., Nazari, P., Kamli-Nejad, M., & Hosseinzadeh, L. (2008). Acute and subchronic oral toxicity of *Galega officinalis* in rats. *Journal of Ethnopharmacology, 116*(1), 21-6. (In Persian).

Reddy, R. K., Hodges, H. F., & Mckinion, J. M. (1997). Modeling temperature effect on cotton internode and leaf growth. *Crop Sciences, 37*, 503-507.

Saadat, B., & Tajbakhsh, M. (2013). Investigation of the effect of anti-transpiration (Caloin, Chitosan and Castor Oil) on yield and yield components of corn 704 under irrigation constraints. MS Thesis. Urmia University. (In Persian).

Salachna, P., & Zawadzińska, A. (2014). Effect of chitosan on plant growth, flowering and corms yield of potted freesia. *Journal of Ecological Engineering, 15*(3), 97-102.

Shahraki, H., Mahdi Nezhad, N., & Fakheri, B. (2020). The effect abiotic elicitors on morphological and antioxidant traits of Artichoke (*Cynara scolymus*). *Journal of Medicinal Plants Biotechnology, 6*(1), 1-13. (In Persian).

Shakirova, A., Sakhabutdinova, A. R., Bezrukova, M. V., & Fatkhutdhnnova, D. R. (2003). Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science, 164*, 317-322.

Sheikha, S. A. K., & AL-Malki, F. M. (2011). Growth and chlorophyll responses of bean plants to the chitosan applications. *Science Research, 50*, 124-134.

Singh, B., & Usha, K. (2003). Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation, 39*, 137-141.

Singla, R., & Gary, N. (2005). Influence of salinity on growth and yield attributes in chickpea cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29*, 231-235.

Sultana, S., Islam, M., Khatun, M.A., Hassain, M.A., & Huque, R. (2017). Effect of foliar application of oligo-chitosan on growth, yield and quality of tomato and eggplant. *Asian Journal of Agricultural Research, 11*(2), 36-42.

Taheri, Gh. (2016). Effects of Chitosan Spraying on Physiological Characteristics of *Ferula flabelliloba* (Apiaceae) Under Drought Stress. *Iranian Journal of Field Crops Research, 13*(4), 728-737. (In Persian).

Tarigholeslami, M., Kafi, M., Nezami, A., & Zarghami, R. (2018). Effect of salicylic acid on improving chilling stress damage in corn hybrid SC 400 (*Zea mays* L.). *Journal of Plant Process and Function, 6*(19), 281-292. (In Persian).

Tohidi, M., & Falahi, R. (2016). Evaluation of yield and yield components of maize by foliar application of salicylic acid. *Journal of Crop Ecophysiology, 10*(3), 645-656. (In Persian).

Uthairatanakij, A., Teixeira da Silva, J.A., & Obsuwan, K. (2007). Chitosan for Improving Orchid Production and Quality. *Orchid Science and Biotechnology, 1*(1), 1-5.

Yadegari, M., & Shakerian, A. (2014). The effect salicylic acid and jasmonic acid foliar applications on essence and essential oil of salvia (*Salvia officinalis* L.). *Journal of Applied Science and Agriculture, 9*(4), 1578-1584.