

(OPEN ACCESS)

Investigating the morphophysiological and phytochemical response of cinnamon basil to some growth stimulants

Mina Razavi Amin¹, Mahmoud Ramroudi^{*2}, Zaynab Mohkami³,
Alireza Sirousmehr⁴

1. M.Sc. Student of Agroecology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: minarz2102@gmail.com
2. Corresponding Author, Professor, Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: mramroudi42@uoz.ac.ir
3. Assistant Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Agriculture Institute, Research Institute of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: zaynabmohkami@uoz.ac.ir
4. Associate Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: asirousmehr@uoz.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Full Length Research Paper	Background and Objectives: the use of biological stimulants in the direction of producing biological products compatible with the environment and in connection with modern agriculture can increase the quantitative and qualitative growth and reduce the effects of environmental stress on them. Cinnamon basil medicinal plant has anticonvulsant, invigorating, tonic, diuretic, digestive booster, anti-bloating, anti-vertigo and anti-vomiting effects. This study was conducted to investigate the physiomorphological and phytochemical responses of <i>Ocimum basilicum</i> to biological stimulants.
Article history: Received: 05.20.2024 Revised: 05.26.2024 Accepted: 08.04.2024	
Keywords: Antioxidant, Brassinosteroid, Carrageenan, Flavonoid, Zinc nanoparticles	
	Materials and Methods: This experiment was carried out as a factorial in the form of a completely random basic design with three replications in the 2022-2033 in greenhouse of the Agricultural Research Institute of Zabol Research Institute located in Chah-Nimeh, Zahak City. Test treatments include foliar spraying with brassinosteroid at 3 levels (0, 200, 400 ppm), carrageenan (0, 150, 300 ppm) and zinc nanoparticles synthesized in ginseng extract. (0, 100, 500 ppm) and were sprayed in stages of 4, 8, and 12 leaves. After one growing season and during the flowering season of the plants, morphological parameters such as plant height, number of inflorescences per plant, number of flowers per inflorescence, fresh and dry weight of the plant were measured. Also, physiological parameters such as photosynthetic pigments (chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll) and anthocyanin by spectrophotometric method and phytochemical parameters such as total phenol content by Folin-Ciocalteu's reagent method, total flavonoid by Aluminum chloride colorimetric method, antioxidant activity was measured by DPPH free radical inhibition percentage method. The data were analyzed with SAS statistical software version 9.1 and the average was compared with LSD test at the 5% probability level.
	Results: The results showed that plant height, number of inflorescences per plant, number of florets per inflorescence, inflorescence length, plant dry weight, amount of chlorophyll a, b and total, total phenol, total flavonoid and antioxidant activity under the effect of foliar spraying with biological

stimulants (in the flowering season) increased significantly. The highest phenolic content (150.49 mg Gallic acid equivalent/gram fresh weight) was accumulated in the foliar treatment with 150 ppm carrageenan + 100 ppm green synthesized nanoparticles. Green zinc nanoparticles had the greatest effect on the antioxidant activity of cinnamon basil extract; So that the highest percentage of inhibition of DPPH free radicals (92.66%) was observed.

Conclusion: In general, it can be said that Brassinosteroid stimulants, carrageenan, and zinc nanoparticles synthesized in ginseng extract in high concentrations were effective in stimulating vegetative growth and increasing the synthesis of some secondary metabolites.

Cite this article: Razavi Amin, Mina, Ramroudi, Mahmoud, Mohkami, Zaynab, Sirousmehr, Alireza. 2025. Investigating the morphophysiological and phytochemical response of cinnamon basil to some growth stimulants. *Journal of Plant Production Research*, 32 (2), 129-153.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/jopp.2024.22511.3151

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

بررسی واکنش مورفوفیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی ریحان دارچینی به برخی محرک‌های رشدی

مینا رضوی امین^۱، محمود رمرودی^{۲*}، زینب محکمی^۳، علیرضا سیروس مهر^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: minarz2102@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: mramroudi42@uoz.ac.ir
۳. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پژوهشکده کشاورزی، پژوهشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: zaynabmohkami@uoz.ac.ir
۴. دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: asirousmehr@uoz.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: کاربرد محرک‌های زیستی در راستای تولید فرآورده‌های زیستی سازگار با محیط‌زیست و در پیوند با کشاورزی نوین می‌تواند سبب افزایش رشد کمی و کیفی و کاهش اثرات تنش‌های محیطی بر آن‌ها شود. گیاه دارویی ریحان دارچینی که به سبب طعم تند آن بانام ریحان تند مکزیکی یا دارچینی شناخته می‌شود. با توجه به اهمیت افزایش کمیت و کیفیت گیاهان داروئی، به‌ویژه آن گروه از گیاهان که در سبد غذایی خانوار جای دارند و از آن‌جائی‌که مطالعات اندکی پیرامون نقش محرک‌های زیستی در کمیت و کیفیت گیاه داروئی ریحان دارچینی وجود دارد. بنابراین این پژوهش به‌منظور بررسی پاسخ‌های فیزیومورفولوژیکی و فیتوشیمیایی ریحان دارچینی نسبت به محرک‌های زیستی اجرا شد.
واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، براسینواستروئید، فلاونوئید، کاراگینان، نانو ذرات روی	مواد و روش‌ها: این مطالعه در گلخانه پژوهشکده کشاورزی پژوهشگاه در شهرستان زهک اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی با براسینواستروئید در ۳ سطح (۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ پی‌پی‌ام)، کاراگینان (۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ پی‌پی‌ام) و نانو ذرات روی سنتز شده در عصاره جینسینگ (۰، ۱۰۰ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام) بودند و در مراحل ۴، ۸ و ۱۲ برگ‌های محلول‌پاشی شدند. پس از طی یک‌فصل رشد و در زمان گلدهی گیاهان، ویژگی‌های ریخت‌شناسی مانند ارتفاع بوته، تعداد گل‌آذین در بوته، تعداد گلچه در گل‌آذین، وزن‌تر و خشک بوته سنجش شد. همچنین ویژگی‌های فیزیولوژیکی ازجمله رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل) و آنتوسیانین به روش اسپکتروفتومتری و ویژگی‌های فیتوشیمیایی نظیر محتوای فنول کل به روش معرف فولین سیوکالتیو، فلاونوئید کل به روش رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم، فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصل

با کمک نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ تجزیه و تحلیل شده و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد گل‌آذین در بوته، تعداد گلچه در گل‌آذین، طول گل‌آذین، وزن خشک بوته، میزان کلروفیل a, b و کل، فنول کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت اثر محلول‌پاشی با محرک زیستی (در فصل گلدهی) به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند. بیش‌ترین محتوای فنولی (۱۵۰/۴۹) معادل میلی‌گرم اسیدگالیک/گرم وزن‌تر) در تیمار محلول‌پاشی با کاراگینان ۱۵۰ پی‌پی‌ام + نانوذره سنتز سبز روی ۱۰۰ پی‌پی‌ام تجمع یافت. نانو ذرات سبز روی بیش‌ترین تأثیر را بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره ریحان دارچینی داشت؛ به‌طوری‌که بالاترین درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH (۹۲/۶۶ درصد) مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی می‌توان گفت که محرک‌های زیستی براسینواسنترئید، کاراگینان و نانو ذرات روی سبز در غلظت‌های بالا جهت تحریک رشد رویشی و افزایش سنتز برخی متابولیت‌های ثانویه مؤثر بوده است.

استناد: رضوی امین، مینا، رمرودی، محمود، محکمی، زینب، سیروس‌مهر، علیرضا (۱۴۰۴). بررسی واکنش مورفوفیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی ریحان دارچینی به برخی محرک‌های رشدی. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۳۲ (۲)، ۱۵۳-۱۲۹.

DOI: 10.22069/jopp.2024.22511.3151



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

با توجه به توان و ظرفیت گیاهان دارویی در کشور و همچنین مزیت رقابتی این صنعت در اقتصاد، سرمایه‌گذاری جهت تولید حداکثری علم در این زمینه و استفاده از آن در بخش صنعت و تولید دارو و جلوگیری از خام‌فروشی مهم ارزیابی می‌شود و از مزیت‌ها و فرصت‌های آن برای توسعه صادرات غیرنفتی، رشد اشتغال‌زایی، درآمدزایی و استفاده در بخش سلامت بهره جست (۱). براساس پیش‌بینی بانک جهانی در سال ۲۰۵۰ گردش مالی و تجارت جهانی متمرکز و مبتنی بر گیاهان دارویی و داروهای گیاهی به حدود پنج هزار میلیارد دلار خواهد رسید؛ که متأسفانه سهم ایران از تجارت جهانی گیاهان دارویی باوجود ظرفیت عظیم کشورمان در این حوزه، چیزی نزدیک به صفر است. ایران درآمد ۴۴۰ میلیون دلاری یعنی ۰/۴ درصد (کم‌تر از یک درصد) از کل سهم تجارت جهانی در حوزه گیاهان دارویی را به خود اختصاص داده است (۲).

امروزه مصرف داروهای گیاهی در جهان در حال افزایش می‌باشد (۳) و گیاه دارویی ریحان دارچینی (*O. basilicum*) یکی از گیاهان دارویی مهم که به دلیل اثرات دارویی زیاد موردتوجه قرار گرفته است. ریحان دارچینی متعلق به خانواده نعنائیان است که طعم تند آن سبب شده بانام ریحان تند مکزیکی یا دارچینی شناخته شود. این گیاه دارویی اغلب به عنوان ادویه و دمنوش کاربرد دارد (۴). ریحان به دلیل خواص ضداسپاسمی در طب سنتی برای درمان اسهال و استفراغ مفید معرفی شده است. از چای این گیاه برای درمان اسهال خونی، نفخ، حالت تهوع استفاده می‌شود. در طب عامیانه از برگ آن به عنوان مقوی استفاده می‌کنند. روغن ریحان برای سرماخوردگی، به عنوان درمان اولیه مارگزیدگی و نیش زنبور و رفع خستگی ذهنی مفید است (۵). در پژوهش‌های

پزشکی، مطالعات فارماکولوژیکی نشان داده است که ریحان دارای خواص ضد میکروبی، ضد ویروسی، اثرات آنتی اکسیدانی، ضد هلیکوباکتر پیلوری و شل‌کننده عضلانی است (۶ و ۷). خواص دارویی مانند نیرو دهنده‌گی قوی، ضد تشنجی، مقوی، تقویت‌کننده دستگاه گوارش، ادرارآور، ضد سرگیجه، ضد نفخ و ضد استفراغ برای آن گزارش شده است (۸).

به منظور افزایش تولید گیاهان زراعی در واحد سطح، عملیات زراعی متعددی مانند مصرف کودهای شیمیایی صورت می‌گیرد. نتیجه این عملیات طی سال‌های اخیر بحران آلودگی‌های زیست‌محیطی و به‌ویژه آلودگی منابع خاک و آب بوده که زنجیره‌وار به منابع غذایی انسان‌ها راه یافته و سلامت جامعه بشری را مورد تهدید قرار داده است (۹). به این منظور تلاش‌های گسترده‌ای باهدف یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها آغاز شده است. کاهش این مخاطرات زیست‌محیطی همگام با افزایش عملکرد گیاهان زراعی به‌خصوص در گیاهان دارویی نیازمند به‌کارگیری تکنیک‌های نوین زراعی است (۳، ۹). به‌طور کلی محرک‌های زیستی موادی هستند که باعث تحریک سوخت‌وساز و فرآیندهای سوخت‌وسازی در جهت افزایش کارایی گیاهان می‌شوند (۱۰).

کاربرد محرک‌های زیستی در راستای تولید فرآورده‌های زیستی سازگار با محیط‌زیست و در پیوند با کشاورزی نوین می‌تواند سبب افزایش رشد کمی و کیفی و کاهش اثرات تنش‌های محیطی بر آن‌ها شود (۱۱). در خصوص کاربرد و نقش محرک‌های زیستی در گیاهان، سایر پژوهش‌گران روی سبزیجات، چای و گیاهان علوفه‌ای گزارش‌ها ارزشمندی را اعلام کردند (۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۷). نقش بالقوه نانو ذرات

در افزایش متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی، موضوع داغ اخیر در زمینه زیست‌فناوری گیاهان دارویی است. نانو ذرات به‌عنوان محرک‌های جدید، قویاً تکامل یافته‌اند که سوخت‌وساز ثانویه گیاهان دارویی را به‌طور قابل‌توجهی تحریک کنند. اعتقاد بر این است که انواع مختلفی از نانو ذرات از جمله نانو ذرات اکسید فلزی، فلزی و نانو مواد مبتنی بر کربن، تحت شرایط آزمایشگاهی که سامانه دفاعی گیاه را برمی‌انگیزد؛ استرس غیر زیستی را به گیاهان دارویی القا می‌کنند؛ و واکنش‌های زیست‌شیمیایی و فیزیولوژیکی را تحریک می‌کنند و در نتیجه باعث تولید مقادیر افزایش یافته و پایدار می‌شوند (۱۸).

کاراگینان جزء پلی‌ساکاریدهای جلبک است که به‌صورت گالاکتان‌های سولفاته شامل اتصال‌های ۱، ۳، ۴ به قند گالاکتوز یافت شده و به سه گروه کاپا، یوتا و لاندای تقسیم می‌شوند. این ترکیبات می‌توانند هم به‌عنوان یک ترکیب محافظت‌کننده گیاهی عمل نموده و هم به‌عنوان ماده محرک رشد به‌خوبی ظاهر شوند (۱۹). نتایج پژوهش دیگری نشان داد که عملکرد مزارع برنج زمانی که از کاراگینان به‌عنوان محرک‌های زیستی استفاده شد از ۳/۵ به ۴/۴ تن در هکتار افزایش یافت (۲۰). گزارش‌های زیادی در زمینه افزایش رشد و عملکرد با استفاده از عصاره جلبک دریایی وجود دارد (۲۱، ۲۲ و ۲۳). نتایج پژوهش نشان داده است که محلول‌پاشی برگی عصاره جلبک دریایی منجر به بهبود توسعه ریشه در گونه‌های مختلفی مانند ذرت، گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی شده است (۲۴). افزایش تشکیل ریشه‌های جانبی، حجم کل ریشه و طول ریشه به وجود هورمون‌های گیاهی مانند اکسین و سیتوکینین در عصاره جلبک دریایی نسبت داده شده است (۲۵). استفاده از عصاره جلبک دریایی، سبب بهبود جذب عناصر غذایی در گیاهانی مانند کاهو، انگور، سویا و گوجه‌فرنگی نیز شده است. افزایش

جذب هم در مورد عناصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد) و هم در مورد عناصر کم‌مصرف (آهن، منگنز و روی) دیده شده است (۲۶). عصاره جلبک دریایی تأثیرات زیادی بر فیزیولوژی گیاه دارد. فان و همکاران (۲۷)، افزایش میزان پروتئین محلول، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و میزان فنول‌ها و فلاوونوئیدها را در اثر کاربرد عصاره جلبک قهوه‌ای مشاهده کردند. این تأثیرات با افزایش بیان آنزیم‌های کلیدی مؤثر در افزایش سوخت‌وساز نیتروژن، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ساخت گلیسین بتائین، همراه بود.

براسینواستروئیدها گروهی از هورمون‌های گیاهی استروئیدی پلی‌هیدروکسیله شده هستند که ساختاری شبیه به هورمون استروئید جانوری دارند. این ترکیبات دامنه وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه مانند رشد و نمو و مقاومت را تنظیم می‌نمایند. براسینواستروئیدها نقش مهمی در زیست‌شناسی گیاهی که شامل فرآیندهای طویل شدن سلولی، تقسیم سلولی، رشد ریشه، فتومورفوزن، تمایز یابی روزنه و آوندها، جوانه‌زنی بذر، ایمنی و تولید مثل ایفا می‌کنند (۲۸). اثر تنظیم‌کننده‌های گیاهی براسینواستروئید، ات‌رل و پالکوبوترازول بر گلدهی و عملکرد هندوانه بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی با براسینواستروئید در غلظت کم گلدهی و تشکیل میوه را افزایش داد (۲۹).

فناوری نانو در سال‌های اخیر یک میدان تحقیقاتی مدرن و گسترده است (۳۰). نانو ذرات اندازه‌های مختلفی از ۱ تا ۱۰۰ نانومتر دارند (۳۱). در بررسی‌های اخیر پیشرفت‌هایی در زمینه سازوکارهای مربوط به گیاهان و توسعه آن و تأثیر نانو ذرات بر رشد بحث می‌شود (۳۲، ۳۳). میزان تأثیر نانو ذرات به غلظت نانو ذرات بستگی دارد و از یک گیاه به گیاه دیگر فرق می‌کند. نانو ذرات تیتانیوم باعث افزایش

(کوکوپیت: پرلیت: خاک باغچه با نسبت ۱:۱:۱) پر شدند. پس از آماده‌سازی گلدان‌ها، بذر ریحان دارچینی (*Ocimum basilicum Cinnamon*) خریداری‌شده شرکت بذر سبز جنوب از در عمق نیم سانتی‌متری از سطح خاک کشت گردید. این گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای با دمای روز 27 ± 2 و دمای شب 18 ± 2 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. در طول رشد به‌طور مرتب آبیاری روزانه انجام گردید. تنک بوته‌های اضافی در مرحله چهار برگی انجام شد. به‌طوری‌که ۳ بوته در هر گلدان باقی ماند.

تیمارهای آزمایش شامل: محلول‌پاشی با براسینواستروئید در ۳ سطح (۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ پی‌پی‌ام)، کاراگینان (۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ پی‌پی‌ام) و نانو ذرات روی سنتز شده در عصاره جینسینگ (۰، ۱۰۰ و ۵۰۰ پی‌پی‌ام) در مراحل ۴، ۸ و ۱۲ برگی محلول‌پاشی شد. از سه گلدان موجود در هر واحد آزمایشی یک گلدان برای اسانس‌گیری و اندازه‌گیری میزان اسانس و دو گلدان باقی‌مانده جهت اندازه‌گیری صفات زراعی و ریخت‌شناسی در نظر گرفته شد. پس از طی یک فصل رشد و در زمان گلدهی گیاهان، ویژگی‌های ریخت‌شناسی مانند ارتفاع بوته، تعداد گل‌آذین در بوته، تعداد گلچه در گل‌آذین، وزن تر و خشک بوته سنجش شد (۳۶).

ارزیابی رنگیزه‌های فتوسنتزی: بدین‌منظور مقدار ۰/۵ گرم از ماده‌تر گیاهی را در ۱۰ میلی‌لیتر دی میتیل سولفوکساید (DMSO) ریخته شد و به مدت یک ساعت درون حمام بن‌ماری ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. مقدار جذب عصاره حاصل با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ قرائت گردید و میزان کلروفیل a و b و کلروفیل کل به‌ترتیب طبق روابط زیر برحسب میلی‌گرم بر گرم و وزن تر برگ به‌دست آمد (۳۷):

جوانه‌زنی بذر، رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه در کلزا گردیده است (۳۴). پژوهش‌گران بیان نمودند که محلول‌پاشی برگی با نانو ذرات سلنیوم روی کرفس باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ($46/7$ درصد)، فلاونوئید کل (۵۰ درصد)، مانند ابی‌جنین، پ-کوماریک اسید، لوتئولین و کامفرول، فنول کل ($21/4$ درصد) و ویتامین ث ($26/7$ درصد) شد (۳۴). اثر محلول‌پاشی برگی نانو ذرات اکسید روی و اکسید مس بر گیاه شکربرگ (استویا) ارزیابی شد. نتایج نشان داد که در تیمار محلول‌پاشی با نانو ذرات اکسید روی با غلظت ۲ میلی‌گرم/لیتر، میزان ربانودیزوئید آ ($4/42$ درصد)، استویزوئید ($1/28$ درصد)، فنول کل ($5/86$ میکروگرم اسید گالیک/میلی‌گرم)، فلاونوئید کل ($6/25$ میکروگرم کوئرستین/میلی‌گرم) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ($75/6$ درصد مهار رادیکال آزاد DPPH) افزایش یافت (۳۵).

با درک اهمیت نهاده‌های کشاورزی در توسعه پایدار و لزوم ورود به عرصه‌های جدید تولید، شناخت کاربرد محرک‌های زیستی در گیاهان دارویی ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین این پژوهش باهدف بررسی تأثیر متقابل کاربرد محرک‌های زیستی براسینواستروئید، کاراگینان و نانو ذرات بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی ریحان دارچینی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی پاسخ‌های فیزیومورفولوژیکی و فیتوشیمیایی ریحان دارچینی نسبت به محرک‌های زیستی این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۲۷ تیمار در سه تکرار طی سال زراعی ۱۴۰۱-۰۲ در گلخانه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی پژوهشگاه زابل واقع در شهرستان زهک انجام شد. ابتدا ۸۱ گلدان با مخلوط خاکی

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A_{663} - 9.6 \times A_{645}) V / 100 W \quad (1)$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A_{645} - 3.6 \times A_{663}) V / 100 W \quad (2)$$

$$\text{Total Chlorophyll} = \text{Chlorophyll a} + \text{Chlorophyll b} \quad (3)$$

در سه میلی‌لیتر متانول اسیدی (متانول و اسید کلریدریک به نسبت ۹۹ به ۱) خوب ساییده شد. سپس عصاره حاصل با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۶ دقیقه سانتریفیوژ گردید و محلول روئی به مدت یک شب در تاریکی قرار گرفت. میزان جذب محلول توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۵۰ نانومتر قرائت شد. برای محاسبه غلظت، از ضریب خاموشی ($\epsilon = 33000 \text{ mol}^{-2} \text{ cm}^{-1}$) استفاده گردید (۳۹).

$$A = \epsilon \times C \times L \quad (4)$$

$$C = A / \epsilon \times L \quad (5)$$

مخلوط فوق اضافه گردید. بعد از ۳۰ دقیقه نگهداری در دمای محیط، جذب نوری آن توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت شد. در نهایت با قرار دادن مقدار جذب عصاره در معادله خطی مربوط به منحنی استاندارد اسید گالیک، مقدار فنول کل موجود در عصاره محاسبه شد. داده‌ها بر اساس معادل میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم عصاره (mg GAE/g) بیان شد. همه سنجش‌ها در سه تکرار انجام شد (۴۰).
اندازه‌گیری محتوای فلاونوئید کل: محتوای فلاونوئیدی این عصاره‌ها به روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلرید اندازه‌گیری شد. در این روش به ۵۰۰ میکرولیتر از محلول عصاره با ۱/۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد، ۱۰۰ میکرولیتر محلول آلومینیوم کلرید (۱۰ درصد)، ۱۰۰ میکرولیتر محلول استات پتاسیم یک مولار و ۲/۸

در این رابطه، A میزان جذب خوانده شده توسط دستگاه است؛ که در این رابطه Chla مقدار کلروفیل a و Chlb میزان کلروفیل b است و V حجم نهایی دی میتیل سولفوکساید، Total chl میزان کلروفیل کل، وزن تازه بافت برای عصاره‌گیری W برحسب گرم است.

اندازه‌گیری آنتوسیانین: برای سنجش میزان آنتوسیانین از روش متانول اسیدی استفاده شد (۳۳). برای این منظور مقدار ۰/۳ گرم از بافت تازه برگ پس از توزین

که در آن‌ها، A میزان جذب، ϵ ضریب خاموشی، C غلظت عصاره و L حجم عصاره.

عصاره‌گیری جهت اندازه‌گیری محتوای فنول کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی: مقدار نیم ۰/۵ گرم وزن تازه برگ توزین شد و در متانول ۸۰ درصد به نسبت وزنی / حجمی ۱:۱۰ سائیده شد. سپس به مدت ۴۸ ساعت روی شیکر با سرعت ۱۲۰۰ rpm در دمای اتاق قرار گرفت. از عصاره حاصل برای اندازه‌گیری محتوای فنول کل، فلاونوئید و سنجش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی استفاده شد.

سنجش فنول کل: مقدار ۲۰۰ میکرولیتر از عصاره در لوله‌های آزمایش ریخته شد. ۴۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتو (رقیق شده با آب مقطر به نسبت ۱ به ۱۰) و ۴۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷ درصد به

میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید. نمونه‌ها به مدت ۴۰ دقیقه در دمای اتاق انکوبه و سپس جذب مخلوط در ۴۱۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. از کوئرتستین به‌منظور رسم منحنی استاندارد استفاده شد و نتایج برحسب میلی‌گرم اکی‌والان کوئرتستین (mg QE/g) در هر گرم عصاره بیان شد. تمامی سنجش‌ها در سه تکرار انجام شد (۴۱).

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی: فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره هیدروالکلی ریحان دارچین به روش DPPH

اندازه‌گیری شد. ۲۵۰ میکرولیتر از عصاره متانولی با ۷۵۰ میکرولیتر از محلول DPPH مخلوط گردید. این نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در شرایط تاریکی و دمای اتاق نگهداری شد؛ و سپس میزان جذب آن در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. درصد مهار رادیکال‌های آزاد با رابطه زیر محاسبه شد (۴۲).

درصد مهار رادیکال آزاد $(Ac_As) / Ac \times 100$

(۶)

که در این رابطه، Ac و AS به ترتیب جذب کنترل و جذب نمونه می‌باشند (۴۳).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تیمار محلول‌پاشی با براسینواستروئید، سه تیمار محلول‌پاشی با کاراگینان و سه تیمار محلول‌پاشی با نانو ذرات روی سنتز شده در عصاره جینسینگ با سه تکرار اجرا شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های ریخت‌شناسی ریحان دارچینی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر آن بود که اثر متقابل محرک‌های محلول‌پاشی شده (براسینواستروئید × کاراگینان × نانو ذرات سبز روی) بر ارتفاع بوته، تعداد گل‌آذین در بوته، طول گل‌آذین، تعداد چرخه گل در گل‌آذین، تعداد گلچه در هر چرخه، وزن تر و خشک ریحان دارچینی در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۱).

ارتفاع بوته: نتایج نشان داد که اثر متقابل محرک‌های محلول‌پاشی شده (براسینواستروئید × کاراگینان ×

نانو ذرات سبز روی) بر ارتفاع بوته اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۱). بر اساس مقایسه میانگین‌ها بالاترین ارتفاع بوته (۲۱/۳۳ سانتی‌متر) از تیمار محلول‌پاشی توأم با براسینواستروئید ۲۰۰ پی‌پی‌ام × کاراگینان ۳۰۰ پی‌پی‌ام × نانو ذره روی با غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام حاصل شد؛ درحالی‌که کم‌ترین ارتفاع آن (۱۲/۰۰ سانتی‌متر) از تیمار محلول‌پاشی توأم با براسینواستروئید ۴۰۰ پی‌پی‌ام × کاراگینان ۱۵۰ پی‌پی‌ام × نانو ذرات روی سنتز شده در عصاره جینسینگ ۵۰۰ پی‌پی‌ام سنجش گردید (جدول ۲). پژوهش‌گران گزارش کردند که سطوح محرک‌های زیستی کاراگینان، نانو ذرات نقره و تریکودرما هارزانیوم بر ارتفاع ساقه گیاه داروئی بادرنبویه (*Mellisa officinalis*) در شرایط گلخانه‌ای اثر معنی‌داری داشت (۴۶).

تعداد گل‌آذین در بوته: طبق نتایج حاصل اثر متقابل سه‌گانه محرک‌های محلول‌پاشی شده (براسینواستروئید × کاراگینان × نانو ذرات سبز روی) بر تعداد گل‌آذین در گیاه ریحان دارچینی اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۱). بیش‌ترین تعداد گل‌آذین در بوته (۳/۷۵) در تیمار محلول‌پاشی با

محرك‌های براسینواستروئید ۴۰۰ پی‌پی‌ام × کاراگینان ۱۵۰ پی‌پی‌ام × فاقد نانو ذره روی حاصل شد؛ درحالی‌که کم‌ترین تعداد گل‌آذین (۲/۲۵) در تیمار محلول‌پاشی با محرك‌های کاراگینان ۳۰۰ پی‌پی‌ام × نانو ذره روی با غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام × فاقد براسینواستروئید سنجش گردید (جدول ۲). نتایج پژوهش دیگری در مورد گیاه بادرنجبویه نشان داد که تیمار نانو ذرات سنتز سبز نقره با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، سبب ظهور بیش‌ترین تعداد شاخه‌های گل‌دهنده (۲۱ عدد) و تیمار شاهد سبب ظهور کمترین تعداد شاخه گل‌دهنده (۷/۳۳) گردید (۴۶).

طول گل‌آذین: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر آن بود که اثر متقابل سه‌گانه محرك‌های محلول‌پاشی شده (براسینواستروئید × کاراگینان × نانو ذرات سبز روی) بر طول گل‌آذین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد؛ بلندترین طول گل‌آذین (۸/۸۱ سانتی‌متر) از محلول‌پاشی با براسینواستروئید در غلظت ۴۰۰ پی‌پی‌ام (فاقد کاراگینان و نانو ذره روی) حاصل شد؛ درحالی‌که کم‌ترین طول گل‌آذین (۴/۸۹ سانتی‌متر) در تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر) مشاهده گردید. براسینواستروئید نقش گسترده‌ای در تولیدمثل گیاهان و انتقال گیاه از مرحله‌زایشی به تولید گل‌های نر دارد. از طرفی اثرات براسینواستروئید بر طول گل‌آذین تحت‌تأثیر سایر هورمون‌ها قرار می‌گیرد؛ به‌طوری‌که بر فرآیند تولید سلول‌ها، همراه با

هورمون‌های اکسین و جیبرلین اثر مثبت دارد و همراه با سیتوکنین و اسید آسزیک اثر منفی دارد (۳۹). پژوهش‌گران در آزمایشی اثر محلول‌پاشی براسینواستروئید بر گیاه منداب (*Eruca sativa*) (از ۲۸ روزگی) را بررسی و گزارش کردند دوره گذار از مرحله‌رویشی و ظهور غنچه‌های گل در این گیاهان کوتاه‌تر بود. به‌طوری‌که گیاهان منداب تیمار شده با براسینواستروئید، ۱۰ روز زودتر وارد مرحله گلدهی شدند. هم‌چنین اندازه گیاه و اجزای آن در گیاهان تیمار شده با براسینواستروئید بزرگ‌تر بود. بررسی بیان ژن EvsAP1 نشان داد که مرحله‌زایشی در غنچه گل، کاسبرگ و گلبرگ افزایش‌یافته است. احتمالاً براسینواستروئید با تأثیر بر بیان این ژن، بر پارامترهای زایشی گیاه مؤثر بوده است (۴۸).

تعداد چرخه گل در گل‌آذین: نتایج نشان داد اثر متقابل محلول‌پاشی با محرك‌های زیستی براسینواستروئید × کاراگینان × نانو ذرات سبز روی بر تعداد چرخه گل در گل‌آذین در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین تعداد چرخه گل در گل‌آذین (۹/۰۰) در تیمار محلول‌پاشی با براسینواستروئید ۴۰۰ پی‌پی‌ام همراه با کاراگینان ۱۵۰ پی‌پی‌ام (فاقد نانو ذره سبز روی) حاصل شد و کم‌ترین تعداد چرخه (۵/۴۰) در تیمار محلول‌پاشی با کاراگینان ۳۰۰ پی‌پی‌ام × نانو ذره سبز روی ۱۰۰ پی‌پی‌ام و فاقد براسینواستروئید حاصل شد (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس برخی از ویژگی‌های ریخت‌شناسی ریحان دارچینی تحت تأثیر محرک‌های مختلف.

Table 1. Analysis of variance for some morphological traits of cinnamon basil under the influence of different elicitors.

میانگین مربعات Mean square								منابع تغییرات S.O.V.
وزن خشک بوته Dry weight of Plant	وزن تر بوته Fresh weight of plant	تعداد گلچه number of flowerlet	تعداد چرخه گل Number of flower cycles	طول گل آذین Inflorescence length	تعداد گل آذین Inflorescence number	ارتفاع گیاه Plant height	درجه آزادی D.F.	
580.78**	60780.54**	323.80**	12.95**	18.90**	2.49**	9.57 ^{ns}	2	براسینواستروئید Brassinosteroid
136.82**	14315.76**	45.16**	1.77**	6.12**	0.31**	34.46*	2	کاراگینان Carrageenan
24.10**	2520.40**	5.80**	0.25**	0.40 ^{ns}	0.05**	23.30 ^{ns}	2	نانو ذرات سبز روی Green Zn nanoparticles
14.80**	1548.27**	27.02**	1.10**	1.18**	0.20**	14.18 ^{ns}	4	براسینواستروئید × کاراگینان Brassinosteroid × Carrageenan
3.75**	391.00**	57.90**	2.33**	1.97**	0.40**	2.30 ^{ns}	4	براسینواستروئید × نانو ذرات سبز روی Brassinosteroid × Green Zn nanoparticles
3.40**	353.04**	27.02**	1.10**	0.28 ^{ns}	0.19**	14.50 ^{ns}	4	کاراگینان × نانو ذرات سبز روی Carrageenan × Green Zn nanoparticles
4.47**	466.09**	93.90**	3.84**	2.97**	0.67**	29.90**	8	براسینواستروئید × کاراگینان × نانو ذرات سبز روی Brassinosteroid × Carrageenan × Green Zn nanoparticles
0.24	21.50	0.25	0.011	0.16	0.01	10.16	52	خطا Error
3.79	3.52	1.38	1.39	5.62	1.38	19.42	-	ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)

*, ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ^{ns} غیرمعنی‌دار

*, ** significant at the 0.05, 0.01 of probability level respectively, ^{ns} is non-significant

در طول دوره رشد با براسینواستروئید در غلظت ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر در شرایط بدون تنش، میزان مواد جامد محلول را ۷ درصد افزایش داد. شاید یکی از دلایل افزایش گلدهی گیاهان در اثر محلول‌پاشی با براسینواستروئید، دسترسی بیش‌تر به ذخایر کربوهیدراتی و رشد و نمو بهتر در اثر تجمع مقادیر بیش‌تر مواد جامد محلول باشد (۵۱).

لطیفی‌خواه و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند محلول‌پاشی بوته توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa*) با براسینواستروئید در شرایط تنش شوری، منجر به افزایش عملکرد از طریق افزایش تعداد گل و گل‌آذین گردید (۴۹). اثرات مثبت محلول‌پاشی با اشکال نانوکلات آهن بر گیاه ریحان منجر به افزایش پارامترهای رشدی و عملکرد اسانس گردید (۵۰). محلول‌پاشی گل ساعتی (*Passiflora incarnata*)

پی‌پی‌ام (فاقد نانوذره) و تیمار براسینواستروئید ۴۰۰ پی‌پی‌ام × نانو ذره ۱۰۰ پی‌پی‌ام (فاقد کاراگینان) ثبت شد. درحالی‌که کم‌ترین تعداد گلچه (۲۷/۰۰) در تیمار محلول‌پاشی با کاراگینان ۳۰۰ پی‌پی‌ام × نانو ذره سبز روی با غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام و فاقد براسینواستروئید شمارش گردید (جدول ۲). نتایج تحقیقی نشان داد که بیش‌ترین تعداد گل ماده در گیاه دارویی کارلا (*Momordica charantia*) تحت تیمار محلول‌پاشی با کاراگینان در غلظت ۴۰۰ پی‌پی‌ام حاصل شده است (۵۳).

تعداد گلچه در هر چرخه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سه‌گانه محلول‌پاشی با محرک‌های زیستی براسینواستروئید × کاراگینان × نانو ذرات سبز روی بر تعداد گلچه در هر چرخه در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۱). همان‌طورکه در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد بیش‌ترین تعداد گلچه در گل‌آذین ریحان دارچینی (۴۵/۰۰ و ۴۴/۳۳) به ترتیب در تیمارهای محلول‌پاشی با کاراگینان ۱۵۰ پی‌پی‌ام × براسینواستروئید ۴۰۰

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی با براسینواستروئید، کاراگینان و نانو ذرات سبز روی بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی ریحان دارچینی.

Table 2. Mean comparison for interaction effect of foliar spraying with brassinosteroid, carrageenan and green Zn nanoparticles on morphological traits of cinnamon basil.

وزن خشک بوته Dry weight of plant (gr)	وزن تر بوته Fresh weight of plant (gr)	تعداد گلچه در هر گل آذین Floret number in florecense	تعداد چرخه گل در گل آذین Floral cycle in florecense	طول گل آذین Florecense length (cm)	تعداد گل آذین در بوته Number of florecense in plant	ارتفاع بوته Plant height (cm)	نانو ذرات سبز روی Green Zn nanoparticles	کاراگینان Carrageenan	براسینواستروئید Brassinosteroid
5.31 ^s	56.43 ^s	29.66 ^l	5.93 ^l	4.89 ⁿ	2.47 ^l	19.66 ^{a-c}	0	شاهد	0
7.29 ^r	74.66 ^r	39.00 ^{de}	7.80 ^{de}	6.49 ^{kl}	3.25 ^{de}	15.00 ^{c-f}	100 ppm	Control	
8.07 ^{qr}	82.60 ^{qr}	37.00 ^{fg}	7.40 ^{fg}	6.04 ^{lm}	3.08 ^{fg}	15.00 ^{c-f}	500 ppm	Control	
8.90 ^{pq}	91.13 ^{pq}	27.66 ^m	5.53 ^m	6.80 ^{i-k}	2.30 ^m	14.00 ^{d-f}	0	۱۵۰ پی‌پی‌ام	
9.22 ^{op}	94.33 ^{op}	33.00 ^j	6.60 ^j	6.32 ^{kl}	2.75 ^j	13.00 ^{ef}	100 ppm	۱۵۰ پی‌پی‌ام	
9.98 ^{no}	102.10 ^{no}	31.33 ^k	6.26 ^k	6.64 ^{j-l}	2.61 ^k	19.66 ^{a-c}	500 ppm	۱۵۰ پی‌پی‌ام	
10.61 ^{mn}	108.63 ^{mn}	35.66 ^h	7.13 ^h	6.40 ^{kl}	2.97 ^h	13.00 ^{ef}	0	۳۰۰ پی‌پی‌ام	200 ppm
10.85 ^{mn}	111.03 ^{mn}	27.00 ^m	5.40 ^m	6.28 ^{kl}	2.25 ^m	17 ^{a-f}	100 ppm	۳۰۰ پی‌پی‌ام	
11.33 ^{lm}	116.00 ^{lm}	34.33 ⁱ	6.86 ⁱ	6.86 ^{i-k}	2.86 ⁱ	15.66 ^{c-f}	500 ppm	۳۰۰ پی‌پی‌ام	
11.50 ^{lm}	117.66 ^{lm}	41.33 ^c	8.26 ^c	5.37 ^{mn}	3.44 ^c	17 ^{a-f}	0	شاهد	
11.77 ^{kl}	120.50 ^{kl}	32.66 ^j	6.53 ^j	6.84 ^{i-k}	2.72 ^j	19 ^{a-d}	100 ppm	Control	
11.89 ^{kl}	121.70 ^{kl}	42.00 ^{bc}	8.40 ^{bc}	8.45 ^{a-c}	3.50 ^{bc}	19.66 ^{a-c}	500 ppm	Control	
12.22 ^{kl}	125.10 ^{kl}	40.00 ^d	8.00 ^d	8.00 ^{b-g}	3.33 ^d	15.33 ^{c-f}	0	۱۵۰ پی‌پی‌ام	400 ppm
12.66 ^{jk}	129.60 ^{jk}	30.66 ^{kl}	6.13 ^{kl}	8.75 ^a	2.55 ^{kl}	17 ^{a-f}	100 ppm	۱۵۰ پی‌پی‌ام	
13.33 ^{ij}	136.43 ^{ij}	36.00 ^{gh}	7.20 ^{gh}	8.28 ^{a-c}	3.00 ^{gh}	14.66 ^{c-f}	500 ppm	۱۵۰ پی‌پی‌ام	
13.78 ⁱ	141.00 ⁱ	34.33 ⁱ	6.86 ⁱ	8.60 ^{ab}	2.86 ⁱ	16.00 ^{b-f}	0	۳۰۰ پی‌پی‌ام	
14.07 ^{hi}	144.03 ^{hi}	38.66 ^e	7.73 ^e	8.36 ^{a-d}	3.22 ^e	12.66 ^{ef}	100 ppm	۳۰۰ پی‌پی‌ام	
14.98 ^{gh}	153.26 ^{gh}	30.00 ^l	6.00 ^l	8.24 ^{a-c}	2.50 ^l	21.33 ^a	500 ppm	۳۰۰ پی‌پی‌ام	
15.10 ^g	154.56 ^g	37.33 ^f	7.46 ^f	8.81 ^a	3.11 ^f	16.66 ^{a-f}	0	شاهد	400 ppm
15.56 ^{fg}	159.23 ^{fg}	44.33 ^a	8.86 ^a	7.33 ^{g-i}	3.69 ^a	15.66 ^{c-f}	100 ppm	Control	
15.90 ^{fg}	162.66 ^{fg}	35.66 ^h	7.13 ^h	6.10 ^l	2.97 ^h	18.33 ^{a-d}	500 ppm	Control	
16.28 ^{ef}	166.56 ^{ef}	45.00 ^a	9.00 ^a	7.71 ^{d-h}	3.75 ^a	14.33 ^{d-f}	0	۱۵۰ پی‌پی‌ام	
17.15 ^{de}	175.50 ^{de}	43.00 ^b	8.60 ^b	7.25 ^b	3.58 ^b	16.33 ^{a-f}	100 ppm	۱۵۰ پی‌پی‌ام	
17.80 ^d	182.13 ^d	33.66 ^{ij}	6.73 ^{ij}	8.01 ^{b-g}	2.80 ^{ij}	12.00 ^f	500 ppm	۱۵۰ پی‌پی‌ام	
19.13 ^c	195.73 ^c	39.00 ^{de}	7.80 ^{de}	7.53 ^{e-h}	3.25 ^{de}	16.66 ^{a-f}	0	۳۰۰ پی‌پی‌ام	400 ppm
21.27 ^b	217.63 ^b	37.33 ^f	7.46 ^f	7.86 ^{c-h}	3.11 ^f	17.33 ^{a-c}	100 ppm	۳۰۰ پی‌پی‌ام	
26.66 ^a	272.80 ^a	41.66 ^c	8.33 ^c	7.61 ^{c-h}	3.47 ^c	21 ^{ab}	500 ppm	۳۰۰ پی‌پی‌ام	

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند

In each column means with at least one similar letter do not have significant difference based on LSD test at 5% probability level

سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک بوته (۲۶/۶۶ گرم) در تیمار محلول‌پاشی محرک‌های زیستی براسینواستروئید ۴۰۰ پی‌پی‌ام × کاراگینان ۳۰۰ پی‌پی‌ام × نانو ذره سبز روی ۵۰۰ پی‌پی‌ام اندازه‌گیری شد که نسبت به تیمار شاهد (کم‌ترین میزان وزن خشک = ۵/۳۱ گرم) افزایش ۵/۰۲ برابری داشت (جدول ۲). پژوهش‌گران گزارش نمودند که محلول‌پاشی با نانو ذرات آهن با کاهش میزان مالون دی آلدئید و افزایش پرولین و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز و درنهایت سبب بهبود و افزایش رشد گیاه ریحان تحت تنش شوری گردید (۵۰).

تیمار کاراگینان تابش دیده‌شده روی برگ‌های گیاه خشخاش (*Papaver somniferum*) زیست‌توده گیاهی، عملکرد دانه، سطح کلروفیل، جذب کربن و نیتروژن و سطح آلکالوئیدهای ضد درد مرفین، کدئین، نوسکاپین را افزایش داد (۲۵). تیمار کاراگینان در گیاهچه برنج (*Oryza sativa*) سبب افزایش زیست‌توده اندام هوایی، ریشه و افزایش بیان ژن‌های کدکننده‌ی کینازهای وابسته به سیکلین، آنزیم‌های دخیل در سنتز و انتقال اکسین ایندول ۳- استیک اسید شد. علاوه بر این سطح رونوشت آنزیمی که تجزیه کردن اکسین را کد می‌کند کاهش یافت (۵۷). کاراگینان با افزایش فتوسنتز، جذب کربن و نیتروژن، تقسیم سلولی، سطح اکسین و محتوای متابولیت‌های ثانویه با فعالیت‌های ضد بیماری‌زایی و دارویی در گیاهان رشد را تحریک می‌کند (۵۸). پژوهش‌گران تأثیر محلول‌پاشی آهن و روی به فرم‌های سولفات و نانو ذرات بر خصوصیات ریخت‌شناسی و زیست‌شیمیایی نعنای فلفلی تحت تأثیر تنش شوری ارزیابی نمودند. نتایج آن‌ها بیانگر آن بود که بیش‌ترین میزان شاخص‌های رشد و محتوای کلروفیل در تیمارهای شاهد (بدون تنش شوری) و تنش ملایم (۴۰ میلی‌مولار) همراه با محلول‌پاشی نانو کود آهن و

وزن‌تر بوته: نتایج بیانگر آن است که اثر متقابل محلول‌پاشی با محرک‌های زیستی براسینواستروئید × کاراگینان × نانو ذرات سبز روی بر وزن‌تر ریحان دارچینی کشت‌شده در شرایط گلخانه‌ای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد بیش‌ترین وزن‌تر بوته ریحان دارچینی (۲۷۲/۸۰ گرم) در تیمار محلول‌پاشی محرک‌های زیستی براسینواستروئید ۴۰۰ پی‌پی‌ام × کاراگینان ۳۰۰ پی‌پی‌ام × نانو ذره سبز روی ۵۰۰ پی‌پی‌ام اندازه‌گیری شد که نسبت به تیمار شاهد (کم‌ترین میزان وزن‌تر = ۵۶/۴۳ گرم) ۴/۸۳ برابر افزایش نشان داد (جدول ۲). نانو ذرات اکسید روی سنتز شده در عصاره گیاه رزماری (*Salvia rosmarinus*) اثرات قابل‌توجهی بر رشد گندم (*Triticum aestivum*) نشان داده است. به‌طوری‌که دانه گندم تیمار شده با غلظت ۶۲ میلی‌گرم در لیتر نانو ذره سنتز سبز بیش‌ترین افزایش را در طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نسبت به سایر غلظت‌ها نشان داد. نانو ذرات سنتز سبز به دلیل اندازه کوچک، نسبت سطح به حجم بالاتر منجر به افزایش فعالیت زیستی در گندم می‌شوند (۵۴). مطابق با نتایج ما، حسینی و همکاران نیز گزارش نمودند که در مورد گیاه بادرینجیویه بیش‌ترین وزن‌تر بوته (۵۰۹/۳۳ گرم) در تیمار کاراگینان با غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کم‌ترین میزان وزن‌تر (۸۲/۸۳ گرم) در تیمار شاهد حاصل شد (۴۶). تیمار ۸۰ میلی‌گرم در لیتر کاراگینان پرتو دیده‌شده روی گیاه خارگوش چینی (*Artemisia annua*) شاخص‌های رشدی مانند وزن خشک و تر، میزان کلروفیل کل و کارتنوئید را افزایش داد که نتیجه پژوهش ما نیز در همین راستا است (۵۵).

وزن خشک بوته: نتایج نشان داد که اثر متقابل محلول‌پاشی با محرک‌های زیستی براسینواستروئید × کاراگینان × نانو ذرات سبز روی بر وزن خشک بوته ریحان دارچینی کشت‌شده در شرایط گلخانه‌ای در

روی حاصل شد. به‌طوری‌که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۷۸ سانتی‌متر)، تعداد شاخه فرعی (۳۶ شاخه در بوته) و طول برگ (۶ سانتی‌متر) مربوط به تیمار شاهد (بدون تنش شوری) و محلول‌پاشی نانو کود آهن بود. درحالی‌که بیش‌ترین عرض برگ (۱۶/۲ سانتی‌متر) در تنش ملایم ۴۰ میلی‌مولار همراه با کاربرد نانو کود آهن به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد کودهای نانو در تیمار شاهد نداشت (۵۲).

ویژگی‌های فیتوشیمیایی ریحان دارچینی: نتایج تجزیه واریانس داده نشان داد که اثر متقابل این تیمارها (براسینواستروئید × کاراگینان × نانو ذرات سبز روی) بر میزان رنگیزه‌ها (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و آنتوسیانین) در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی از ویژگی‌های فیتوشیمیایی ریحان دارچینی تحت تأثیر محرک‌های مختلف.

Table 3. Analysis of variance for some phytochemical traits of cinnamon basil under the influence of different elicitors.

میانگین مربعات Mean square									منابع تغییرات S.O.V.
درصد اسانس Essential oil %	آنتی اکسیدان Antioxidant activity	فلاونوئید Total flavonoid	فنل Total phenol	آنتوسیانین Antocyanine	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a	درجه آزادی D.F.	
1.44**	101.59 ^{ns}	5.79**	12192.75**	0.65**	226.52**	2.28**	201.26**	2	براسینواستروئید Brassinosteroid
2.02**	1316.92**	4.14**	20481.59**	20.68**	322.56**	46.01**	137.80**	2	کاراگینان Carrageenan
0.37**	450.03**	0.41**	5110.04**	0.22 ^{ns}	32.41*	1.45**	20.63 ^{ns}	2	نانو ذرات سبز روی Green Zn nanoparticles
0.02 ^{ns}	821.85**	3.35**	23223.28**	7.20**	111.23**	18.80**	45.76**	4	براسینواستروئید × کاراگینان Brassinosteroid × Carrageenan
0.29**	4014.07**	0.29**	2710.30**	1.07**	26.70*	2.44**	13.31 ^{ns}	4	براسینواستروئید × نانو ذرات سبز روی Brassinosteroid × Green Zn nanoparticles
0.03 ^{ns}	1853.51**	0.14 ^{ns}	2244.40**	2.65**	26.41*	1.59**	28.25**	4	کاراگینان × نانو ذرات سبز روی Carrageenan × Green Zn nanoparticles
0.07 ^{ns}	1093.17**	0.18**	4180.49**	2.18**	37.93**	5.10**	21.38**	8	براسینواستروئید × کاراگینان × نانو ذرات سبز روی Brassinosteroid × Carrageenan × Green Zn nanoparticles
0.04	85.61	0.07	351.49	0.14	9.02	0.29	6.98	52	خطا Error
18.32	13.70	17.55	19.45	10.56	15.52	12.70	17.25	-	ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)

*, ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ^{ns} غیرمعنی‌دار

*, ** significant at the 0.05, 0.01 of probability level respectively, ^{ns} is non-significant

میزان کلروفیل a: همان‌طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌گردد اثر متقابل محلول‌پاشی با محرک‌های رشدی (براسینواستروئید × کاراگینان × نانو ذرات سبز روی) بر محتوای کلروفیل a در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود. بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۲۷/۳۲ میلی‌گرم/ گرم وزن‌تر) در تیمار محلول‌پاشی کاراگینان ۱۵۰ پی‌پی‌ام × نانو ذره سبز روی ۵۰۰ پی‌پی‌ام (فاقد براسینواستروئید) سنجش گردید. کم‌ترین محتوای کلروفیل a نیز در تیمار محلول‌پاشی با براسینواستروئید ۴۰۰ پی‌پی‌ام × کاراگینان ۱۵۰ پی‌پی‌ام × نانو ذره روی ستنز شده در عصاره جینسینگ ۱۰۰ پی‌پی‌ام اندازه‌گیری شد (جدول ۴).

همسو با نتایج ما سایر پژوهش‌گران بیان نمودند تیمار با کاراگینان در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۳۱/۹۸ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) و تیمار کنترل کم‌ترین میزان کلروفیل a (۶/۶۲ میلی‌گرم/ گرم وزن‌تر) و تیمار با کاراگینان در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیش‌ترین میزان کلروفیل b (۳۰/۰۸ میلی‌گرم/ گرم وزن‌تر) و تیمار با تریکودرما هارزانیوم در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کم‌ترین میزان کلروفیل b (۵/۱۶ میلی‌گرم/ گرم وزن‌تر) و هم‌چنین تیمار با کاراگینان در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیش‌ترین میزان کلروفیل کل (۶۱/۳۷ میلی‌گرم/ گرم وزن‌تر) و تیمار شاهد کم‌ترین میزان کلروفیل کل (۱۰/۶۷ میلی‌گرم در گرم) را نشان دادند (۴۶). پژوهش‌گران بیان کردند که کاراگینان جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی است و به‌طور قابل‌توجهی با بهبود جوانه‌زنی بذر، افزایش رشد، افزایش طول ساقه، تولید گل، رشد ریشه، سرکوب تنش فلزات سنگین و فعالیت ضد میکروبی در گیاهان مرتبط است (۵۹).

میزان کلروفیل b: نتایج نشان داد که اثر متقابل سه‌گانه محلول‌پاشی با محرک‌های رشدی (براسینواستروئید × کاراگینان × نانو ذرات سبز روی) بر محتوای کلروفیل

b در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل b (۸/۸۹ میلی‌گرم/ گرم وزن‌تر) در تیمار محلول‌پاشی توأم کاراگینان ۱۵۰ پی‌پی‌ام × نانو ذره سبز روی ۵۰۰ پی‌پی‌ام (فاقد براسینواستروئید) سنجش گردید. کم‌ترین میزان کلروفیل b (۱/۵۱ میلی‌گرم/ گرم وزن‌تر) نیز در تیمار محلول‌پاشی با کاراگینان در غلظت ۳۰۰ پی‌پی‌ام (فاقد براسینواستروئید و نانو ذره روی) اندازه‌گیری شد (جدول ۴). اسپری کاراگینان محتوای کلروفیل، زیست‌توده (بیوماس) و فتوسنتز را از طریق افزایش فعالیت فتوسیستم دو (IPSP) بهبود می‌بخشد و باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های رویسکو و دیگر آنزیم‌های دخیل در سوخت‌وساز پایه مانند گلوتامات دهیدروژناز، آنزیم‌های سترکننده (H)NADP، پیروات دهیدروژناز، ایزوسیترات دهیدروژناز، گلوکوز ۶-فسفات دهیدروژناز می‌شود و از این طریق فتوسنتز را بهبود می‌بخشد (۶۰). در بررسی اثر محرک‌های زیستی بر گیاه نیل (*Indigofera tinctoria*) مشخص شد که بیش‌ترین میزان کلروفیل b (۱۱/۵۹ میلی‌گرم/ گرم وزن‌تر) از تیمار محلول‌پاشی توأم کاراگینان و کیتوزان هر دو با غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام به‌دست آمد که نسبت به کم‌ترین میزان کلروفیل در نمونه شاهد (۱/۶۳ میلی‌گرم/ گرم وزن‌تر) ۷/۱۱ درصد افزایش داشته است (۶۱).

میزان کلروفیل کل: اثر متقابل محلول‌پاشی با محرک‌های رشدی (براسینواستروئید × کاراگینان × نانو ذرات سبز روی) بر محتوای کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل کل (۳۶/۲۱ میلی‌گرم/ گرم وزن‌تر) در تیمار محلول‌پاشی با کاراگینان ۱۵۰ پی‌پی‌ام × نانو ذره سبز روی ۵۰۰ پی‌پی‌ام (فاقد براسینواستروئید) و کم‌ترین میزان کلروفیل کل (۱۱/۷۹ میلی‌گرم/ گرم

مشاهده شد (۶۲). در مطالعه دیگری اثر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف نانو ذرات سبز روی (سنتز شده در کتیرای استخراج شده از گیاه گون) بر گیاه ریحان ارزیابی شد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت نانو ذرات (۶۰۰ پی‌پی‌ام) محتوای کلروفیل آ، کلروفیل ب و کارتنوئید در مقایسه با شاهد به‌طور معناداری افزایش یافت (۵۶).

وزن تر بافت) در تیمار محلول‌پاشی براسینواستروئید ۴۰۰ پی‌پی‌ام × کاراگینان ۱۵۰ پی‌پی‌ام × نانو ذره سبز روی ۱۰۰ پی‌پی‌ام اندازه‌گیری شد (جدول ۴). در نتایج مطالعه حمید و مسعود (۲۰۱۸) گیاهان شاهد نسبت به سایر تیمارها رنگیزه‌های فتوسنتزی کم‌تری نشان دادند. بیش‌ترین غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی (۴۹/۸۱ میکروگرم/ میلی‌لیتر) در گیاهان تحت تیمار قارچ میکوریزا و یزیکولار آرباسکولار + براسینواستروئید

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی با براسینواستروئید، کاراگینان و نانو ذرات سبز روی بر ویژگی‌های فیتوشیمیایی ریحان دارچینی.

Table 4. Mean comparison for interaction effect of foliar spraying with brassinosteroid, carrageenan and green Zn nanoparticles on phytochemical traits of cinnamon basil.

آنتی اکسیدان Antioxidant activity (%)	فلانوئید Total flavonoid (mg g ⁻¹ FW)	فنول Total phenol (mg g ⁻¹ FW)	آنتوسیانین Antocyanine (mg g ⁻¹ FW)	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg g ⁻¹ FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g ⁻¹ FW)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g ⁻¹ FW)	نانو ذرات سبز روی Green Zn nanoparticles	کاراگینان Carrageenan	براسینواستروئید Brassinosteroid
54.66 ^{F-h}	0.41 ^{ef}	25.86 ^{hi}	2.96 ^{i-l}	16.89 ^{F-j}	3.79 ^{i-l}	13.10 ^{e-k}	0	شاهد	0
66.33 ^{e-g}	0.49 ^c	60.89 ^{e-g}	3.60 ^{F-h}	21.11 ^{c-f}	4.51 ^{F-i}	16.60 ^{c-f}	100 ppm	Control	
92.66 ^a	0.60 ^d	80.33 ^{d-f}	3.50 ^{F-i}	17.98 ^{e-i}	4.33 ^{g-i}	13.65 ^{e-j}	500 ppm	Control	
71.00 ^{de}	0.72 ^c	109.61 ^c	4.89 ^{ab}	24.82 ^{bc}	6.03 ^c	18.78 ^{bc}	0	۱۵۰ پی‌پی‌ام	0
89.00 ^{a-c}	0.83 ^b	127.71 ^b	5.39 ^a	29.53 ^b	7.15 ^b	22.38 ^b	100 ppm	150 ppm	
26.66 ⁱ	0.91 ^a	150.49 ^a	4.48 ^{b-d}	36.21 ^a	8.89 ^a	27.32 ^a	500 ppm	150 ppm	
84.66 ^{a-d}	0.02 ^f	10.51 ⁱ	1.05 ^q	15.60 ^{g-k}	1.51 ^o	14.09 ^{d-i}	0	۳۰۰ پی‌پی‌ام	0
87.33 ^{a-c}	0.07 ^f	15.53 ⁱ	1.02 ^q	15.70 ^{g-k}	1.56 ^{no}	14.14 ^{d-i}	100 ppm	300 ppm	
49.00 ^h	0.05 ^f	11.24 ⁱ	1.55 ^{pq}	17.86 ^{e-i}	1.61 ^{no}	16.24 ^{e-g}	500 ppm	300 ppm	
75.66 ^{b-d}	0.03 ^f	11.87 ⁱ	2.32 ^{m-o}	19.26 ^{d-i}	2.60 ^m	16.65 ^{c-f}	0	شاهد	200
85.33 ^{a-d}	0.05 ^f	15.46 ⁱ	3.26 ^{h-k}	18.98 ^{e-i}	4.02 ^{h-j}	14.96 ^{c-h}	100 ppm	Control	
69.66 ^{d-f}	0.14 ^{ef}	27.72 ^{hi}	4.26 ^{c-e}	23.99 ^{cd}	5.21 ^{c-f}	18.78 ^{bc}	500 ppm	Control	
80.00 ^{a-c}	0.27 ^{ef}	38.52 ^{g-i}	3.79 ^{e-h}	19.74 ^{d-h}	4.55 ^{F-i}	15.19 ^{c-h}	0	۱۵۰ پی‌پی‌ام	200
85.66 ^{a-d}	0.37 ^{ef}	50.78 ^{F-h}	4.79 ^{a-c}	24.75 ^{bc}	5.74 ^{cd}	19.01 ^{bc}	100 ppm	150 ppm	
45.66 ^h	0.67 ^{ef}	11.72 ⁱ	2.07 ^{op}	20.35 ^{c-g}	2.34 ^{m-o}	18.01 ^{cd}	500 ppm	150 ppm	
43.66 ^h	0.53 ^{ef}	11.97 ⁱ	2.70 ^{k-n}	16.96 ^{F-j}	3.06 ^{k-m}	13.90 ^{d-j}	0	۳۰۰ پی‌پی‌ام	200
53.66 ^{F-h}	0.14 ^{ef}	91.92 ^{c-e}	2.87 ^{j-m}	21.95 ^{c-e}	3.14 ^{k-m}	18.81 ^{bc}	100 ppm	300 ppm	
74.33 ^{c-e}	0.13 ^{ef}	92.17 ^{c-e}	3.50 ^{F-i}	15.23 ^{h-k}	3.86 ^{i-k}	11.37 ^{h-k}	500 ppm	300 ppm	
79.66 ^{a-c}	0.12 ^{ef}	25.76 ^{hi}	3.44 ^{g-j}	14.79 ^{i-k}	4.12 ^{g-i}	10.67 ^{i-k}	0	شاهد	400
54.00 ^{F-h}	0.10 ^{ef}	26.01 ^{hi}	4.07 ^{d-f}	18.07 ^{e-i}	4.84 ^{c-h}	13.23 ^{e-k}	100 ppm	Control	
87.33 ^{a-c}	0.20 ^{ef}	105.96 ^{cd}	4.24 ^{c-e}	16.39 ^{F-k}	4.92 ^{d-g}	11.47 ^{h-k}	500 ppm	Control	
52.66 ^{gh}	0.18 ^{ef}	106.21 ^{cd}	4.87 ^{ab}	19.67 ^{d-h}	5.64 ^{c-e}	14.03 ^{d-i}	0	۱۵۰ پی‌پی‌ام	400
91.33 ^{ab}	0.10 ^{ef}	15.39 ⁱ	2.23 ^{no}	11.79 ^k	2.42 ^{mn}	9.37 ^k	100 ppm	150 ppm	
75.00 ^{c-e}	0.18 ^{ef}	27.40 ^{hi}	3.96 ^{d-g}	20.99 ^{c-f}	4.30 ^{g-i}	16.69 ^{c-e}	500 ppm	150 ppm	
39.33 ^{hi}	0.27 ^f	7.43 ⁱ	2.77 ^{k-n}	15.15 ^{h-k}	2.96 ^{lm}	12.19 ^{g-k}	0	۳۰۰ پی‌پی‌ام	400
41.33 ^{hi}	0.24 ^{ef}	29.42 ^{hi}	2.99 ^{i-l}	15.59 ^{g-k}	3.18 ^{j-m}	12.41 ^{F-k}	100 ppm	300 ppm	
67.33 ^{c-g}	0.21 ^{ef}	33.13 ^{g-i}	2.61 ^{k-n}	12.65 ^{jk}	2.93 ^{lm}	9.71 ^{jk}	500 ppm	300 ppm	

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند

In each column means with at least one similar letter do not have significant difference based on LSD test at 5% probability level

میزان آنتوسیانین: نتایج نشان داد که اثر متقابل محلول‌پاشی با محرک‌های رشدی (براسینواستروئید × کاراگینان × نانو ذرات سبز روی) بر میزان آنتوسیانین در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0/01$) معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین محتوای آنتوسیانین ($5/39$ میلی‌گرم/گرم وزن‌تر) در تیمار محلول‌پاشی توأم کاراگینان 100 پی‌پی‌ام × نانو ذره سبز روی 150 پی‌پی‌ام و کم‌ترین محتوای آنتوسیانین در تیمار کاراگینان 300 پی‌پی‌ام × نانو ذره سبز روی 100 پی‌پی‌ام اندازه‌گیری شد. این نتایج موید این امر است که افزایش غلظت کاراگینان منجر به افزایش سنتز آنتوسیانین در ریحان دارچینی شده است (جدول ۴). در مطالعه دیگری اثر محلول‌پاشی نانو ذرات روی سنتز شده در عصاره زیتون، بر ویژگی‌های کمی و کیفی گل‌گاوزبان (*Borago officinalis*) بررسی شد. اگرچه بین تیمارهای آزمایش اختلاف آماری معناداری روی میزان آنتوسیانین گلبرگ‌های گل‌گاوزبان مشاهده نشد؛ اما بیش‌ترین میزان آنتوسیانین ($0/8 \mu\text{M/g FW}$) از تیمار محلول‌پاشی با نانو ذرات سبز روی در غلظت 200 پی‌پی‌ام سنجنش شد (۶۳). در مطالعه دیگری بیش‌ترین میزان آنتوسیانین ($34/56 \mu\text{mol g}^{-1} \text{FW}$) در ذرت (*Zea mays*) از تیمار محلول‌پاشی شده با نانو ذرات اکسید تیتانیوم در مرحله ظهور گل‌های ماده سنجنش شده است (۶۴). مغایر با نتایج ما، در مطالعه دیگری، محتوای کل پلی‌فنول‌ها در برگ‌های پریلا قرمز (*Perilla frutescens*) در انواع تیمار شده با نانو ذرات اکسید روی و شاهد مشابه بود، اما برخی تفاوت‌ها بسته به غلظت نانو ذرات اکسید روی یافت شد (جدول ۲). پلی‌فنول کل در برگ گیاهان تیمار شده با 50 میلی‌گرم در لیتر نسبت به 200 میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات اکسید روی، فراوان‌تر بود. نتایج ما تا حدی با نتایج مطالعات دیگر مطابقت دارد که تغییرات

چند جهتی در محتوای آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی بسته به دوز نانو ذرات اکسید روی نشان می‌دهد (۶۵).

میزان فنول کل: اثر متقابل محلول‌پاشی با محرک‌های رشدی (براسینواستروئید × کاراگینان × نانو ذرات سبز روی) بر میزان فنول کل در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0/01$) معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین محتوای ترکیبات فنولی ($150/49$ معادل میلی‌گرم اسید گالیک / گرم وزن‌تر) در تیمار محلول‌پاشی توأم کاراگینان 150 پی‌پی‌ام × نانو ذرات سبز روی 500 پی‌پی‌ام حاصل شد؛ درحالی‌که کم‌ترین محتوای ترکیبات فنولی ($7/43$ معادل میلی‌گرم اسید گالیک / گرم وزن‌تر) در تیمار محلول‌پاشی با براسینواستروئید 400 پی‌پی‌ام × کاراگینان 300 پی‌پی‌ام سنجنش شد (جدول ۴). نتایج چانگ و همکاران بیانگر آن بود که در کشت ریشه مؤئینه خیار تلخ در تهییج با اسید جاسمونیک و اسید سالسیلیک قدرت مهار رادیکال‌های آزاد (به‌ترتیب با مقادیر 80 و 74 درصد) نسبت به تیمار شاهد (۶۲ درصد) افزایش‌یافته است. آن‌ها معتقدند حضور ترکیبات فنولی بیش‌تر در کشت‌های تهییج‌شده ارتباط مستقیم با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در مهار رادیکال‌های آزاد دارد (۶۶). پژوهش‌گران در بررسی‌های متعدد به این نتیجه دست یافتند که استفاده از نانو ذرات نقره سنتز شده با استفاده از گیاه ناز باتلاقی (*Bacopa monnieri*) محتوای فنول کل را در اندام‌های گیاه افزایش داد (۶۷). در گیاهان ریحان (*Ocimum basilicum*) تیمار شده با کاراگینان افزایش فعالیت آنزیم‌های دفاعی PAL، PPO مشاهده شد (۶۸). این آنزیم‌ها در واکنش‌های دفاعی نقش دارند و می‌توانند از طریق تحریک‌کننده‌های مختلف در سیب‌زمینی تحریک شوند (۶۹). ترکیبات فنولی باعث مقاومت در برابر آفات در گیاهان می‌شوند و

آنزیم PPO مسئول سنتز و تجمع در داخل ساختار این ترکیبات گزارش شده است (۶۸)؛ بنابراین ارتباط نزدیک بین افزایش فعالیت PPO، PAL و غلظت فنول قابل توجه است (۶۸).

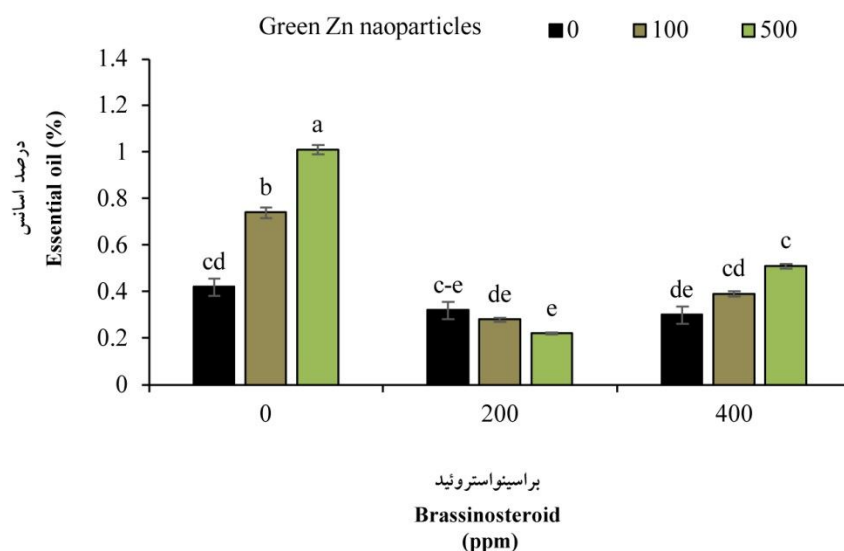
میزان فلاونوئید کل: اثر متقابل محلول‌پاشی با محرک‌های رشدی (براسینواستروئید × کاراگینان × نانو ذرات سبز روی) بر میزان فلاونوئید کل در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان فلاونوئید (۰/۹۱) معادل میلی گرم کوثرستین/گرم وزن‌تر) در تیمار محلول‌پاشی با کاراگینان ۱۵۰ پی‌پی‌ام × نانو ذرات سبز روی ۵۰۰ پی‌پی‌ام و کم‌ترین میزان ترکیبات فلاونوئیدی (۰/۰۲۷) معادل میلی گرم کوثرستین/گرم وزن‌تر) مشترکاً در تیمارهای کاراگینان ۳۰۰ پی‌پی‌ام × براسینواستروئید ۴۰۰ پی‌پی‌ام و تیمار محلول‌پاشی با کاراگینان ۳۰۰ پی‌پی‌ام حاصل شد (جدول ۴). محرک‌های زیستی سازوکارهای دفاعی در گیاهان را تحریک می‌کنند و به‌طور گسترده برای افزایش عملکرد مولکول‌های فعال زیستی در کشت‌های درون‌شیشه‌ای استفاده می‌شوند. مطالعه‌ای اثر محرک‌های زیستی مانند عصاره مخمر، پکتین و آلزینات بر رشد، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و تجمع متابولیت‌ها در کشت درون شیشه‌ای *P. tuberosa* را بررسی نمود. نتیجه این مطالعه نشان داد که محتوای فلاونوئید کل در تمامی کشت‌های تهیه‌شده با محرک‌ها افزایش یافت؛ لیکن بالاترین محتوای فلاونوئید در کشت‌های تهیه‌شده با عصاره مخمر در غلظت ۱۰۰ میلی گرم/ میلی لیتر حاصل شد که ۱/۴ برابر بیش‌تر از کشت شاهد بود (۷۲). این پژوهش‌گران افزایش تولید ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی را به دلیل بیان بیش‌ازحد آنزیم‌های مرتبط با سوخت‌وساز پلی فنولی دانستند. با این حال این‌که چگونه و کدام آنزیم‌های زیست‌تولیدی مسئول تولید بیش‌تر فنول‌ها و فلاونوئیدها هستند؛ هنوز مشخص نیست (۷۲).

مطالعات پیشین به تأثیر مثبت پلی‌ساکاریدها بر تحریک آنزیم‌های تنظیم‌کننده سوخت‌وساز فنیل پروپانوئید، به‌ویژه فنیل آمونیاک لیازها و کالکون ایزومراز و متعاقباً تأثیر بر افزایش فنول کل و فلاونوئید کل اشاره نموده‌اند (۷۳).

میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی: اثر محلول‌پاشی با محرک‌های رشدی (براسینواستروئید × کاراگینان × نانو ذرات سبز روی) بر میزان مهار رادیکال‌های آزاد DPPH در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۳). بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۹۲/۶۶ درصد) در تیمار محلول‌پاشی با نانو ذره سبز روی با غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام حاصل شد. کم‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز در تیمار محلول‌پاشی با کاراگینان ۱۵۰ پی‌پی‌ام × نانو ذره سبز روی ۵۰۰ پی‌پی‌ام حاصل شد (جدول ۴). نتایج مطالعه‌ای نشان داد که بیش‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه ریحان (به ترتیب با مقادیر ۹۴/۷ درصد و ۹۱/۱ درصد) به روش DPPH در کشت‌های تهیه‌شده با نانو ذرات اکسید مس با غلظت ۱۰ میلی گرم/ لیتر و نانو ذرات اکسید منگنز با غلظت ۲۵ میلی گرم/ لیتر نسبت به تیمار شاهد مشاهده گردید (۷۲). مساوات و همکاران بیان نمودند که محلول‌پاشی گونه‌های مختلف آویشن با نانو ذرات روی (با غلظت ۱۵۰ میلی گرم/ میلی لیتر) در سامانه کشت، منجر به افزایش دو ترکیب تیمول و کارواکرول در این گونه‌ها (*T. daenesis* و *T. kotshyanus*) شد (۷۴). عدم تعادل بین گونه‌های فعال نیتروژن/ اکسیژن (RNS/ROS) و سامانه دفاعی باعث بروز تنش اکسیداتیو می‌شود که منجر به اکسیداسیون ماکرومولکول‌ها می‌گردد. سنتز بیشتر آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مانند ترکیبات پلی فنولی و فلاونوئیدها، می‌توانند به‌طور مؤثر اثرات نامطلوب تولید بیش‌ازحد ROS و RNS را کاهش داده و به‌عبارتی دیگر فعالیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش دهد (۷۵).

لیتر موجب افزایش ۲۰ درصدی اسانس نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) نسبت به تیمار شاهد در شرایط تنش خشکی شد (۷۶). همچنین گزارش شد محلولپاشی نانو ذره روی با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر منجر به افزایش ۱۴ درصدی اسانس ریحان شد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. پژوهشگران این افزایش را ناشی از اثر روی بر مسیرهای سوخت و ساز اولیه زیست تولید اجزای فعال اسانس دانستند (۷۷).

درصد اسانس: نتایج بیانگر این بود که اثر متقابل دوگانه محلولپاشی با براسینواستروئید و نانو ذرات سبز روی بر درصد اسانس در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). بر طبق نتایج به دست آمده، بیشترین درصد اسانس در تیمار ۵۰۰ پی پی ام نانو ذرات سبز روی فاقد براسینواستروئید به دست آمد. کمترین درصد اسانس نیز در تیمار ۲۰۰ پی پی ام براسینواستروئید و ۵۰۰ پی پی ام نانو ذرات سبز روی حاصل شد (شکل ۱). پژوهشگران گزارش کردند محلولپاشی نانو ذرات روی با غلظت ۴ میلی گرم بر



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل محلولپاشی با براسینواستروئید و نانو ذرات سبز روی بر درصد اسانس ریحان دارچینی. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

Fig. 1. Mean comparison for interaction effect of foliar spraying with brassinosteroid and green Zn nanoparticles on essential oil of cinnamon basil.

Means with at least one similar letter do not have significant difference based on LSD test at 5% probability level.

افزایش یافت. بیشترین محتوای فنولی (۱۵۰/۴۹) معادل میلی گرم اسید گالیک / گرم وزن تر) در تیمار محلولپاشی با کاراگینان ۱۵۰ پی پی ام + نانو ذره سبز روی ۱۰۰ پی پی ام تجمع یافت. نانو ذرات سبز روی بیشترین تأثیر را بر فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره ریحان دارچینی داشت؛ به طوری که بالاترین درصد

نتیجه گیری کلی

نتایج نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد گل آذین در بوته، تعداد گلچه در گل آذین، طول گل آذین، وزن تر و خشک بوته، میزان کلروفیل a و b، کلروفیل کل، فنول کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی اکسیدانی تحت اثر محلولپاشی با محرک زیستی به طور معنی داری

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه زابل برای تأمین هزینه مالی که از محل اعتبارات پژوهانه به شماره GR9360، سپاسگزاری می‌گردد.

مهار رادیکال‌های آزاد DPPH (۹۲/۶۶ درصد) مشاهده گردید. نانو ذره روی هم‌چنین بیش‌ترین تأثیر را بر درصد اسانس داشت و بیش‌ترین میزان اسانس (۱/۰۱ درصد) از تیمار محلول‌پاشی با نانو ذره سبز روی ۵۰۰ پی‌پی‌ام حاصل شد.

منابع

1. Ghafarinejad, S. A., Nurqalipour, F., & Ghaibi, M. N. (2018). Plant growth stimulants, their role in plant physiology, absorption of nutrients and coping with environmental stresses. *Journal of Land Management*, 8(1), 47-67.
2. <https://farhikhtegandaily.com/page/237607/>.
3. Fallahi, J., Koocheki, A., & Rezvani Moghaddam, P. (2008). Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria recutita* L.) as a medicinal plant. *Iranian Journal of Field Crops*, 7 (1), 127-35.
4. Omidbeigi, R. (2014). Production and processing of medicinal plants. Volume 3, fifth edition. Astan Quds Razavi Publications. P. 397.
5. Chma, N., Sharif, A., & Akrim, S. M. (2015). Biological and pharmacotogicat propertie of the Sweet Basil (*Ocimum Basilicum*). *British Journal of Pharmaceutical Research*, 7, 330-339.
6. Nakhaei, M. M. (2006). In vitro anti-Helicobacter pylori effects of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) and purple basil (*Ocimum basilicum* var. purpurascens). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9 (15), 2887-291.
7. Amrani, S., Harnafi, H., Bouanani Nel, H., Aziz, M., Caid, H. S., Manfredini, S., Besco, E., Napolitano, M., & Bravo, E. (2006). Hypolipidaemic activity of aqueous *Ocimum basilicum* extract in acute hyperlipidaemia induced by triton WR-1339 in rats and its antioxidant property. *Phytotherapy Research*, 2(12), 1040-1045.
8. Vogtmann, H., Matthies, K., Kehres, B., & MeierPloger, A. (1993). Enhanced food quality: Effect of composts on the quality of plant foods. *Compost Science & Utilization*, 1, 82-100.
9. Jahan, M., & Koocheki, A. (1999). Effect of organic production of german chamomile (*Maricaria chamomilla* L.) on its chemical composition. *Pajouhesh & Sazandegi*, 61, 87-95.
10. Starck, Z. (2005). Growing assistant: Application of growth regulators and biostimulators in modern plant cultivation (in Polish). *Rolnik Dzierawca*, 2, 74-86.
11. Golzadeh, H., MehrAfarin, A., Naqdebadi, H. A., Faeze Fazli, F., Qadri, A., & Zarin Panjah, N. (2018). The effect of biological stimuli on the quantitative and qualitative performance of the German chamomile (*Maricaria chamomilla* L.) plant. *Quarterly Journal of Medicinal Plants*, 11(1), 195-207.
12. Kumar, R. R., Marimuthu, S., & Muraleedharan, N. (1999). Tea leaf photosynthesis in relation to light. *Journal of Plant Crops*, 27, 93-8.
13. Li, Y. C., Stoffella, P. J., & Bryan, H. H. (2000). Management of organic amendments in vegetables crop production systems in Florida. *Annual Proceedings Soil and Crop Science Society of Florida*, 59, 17-21.
14. Asad, A., Blamey, F. P. C., & Edwards, D. G. (2002). Dry matter production and boron concentrations of vegetative and reproductive tissues of canola and sunflower plants grown in nutrient solution. *Plant Soil*, 243, 243-52.

15. Sabirov, A. M., Gibadullina, F. S., Loseva, N. L., & Fattakhov, S. G. (2003). Effect of growth regulators on productivity of fodder crops. *Kormoproizvodstvo*, 5, 21-3.
16. Yildirim, E. (2007). Soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 57, 182-6.
17. Thomas, J., Mandal, A. K. A., Raj Kumar, R., & Chordia, A. (2009). Role of biologically active amino acid formulations on quality and crop productivity of tea (*Camellia* sp). *International Journal of Agricultural Research*, 4, 228-236.
18. Javed, R., Yucesan, B., Zia, M., & Gurel, E. (2022). Nanoelicitation: a promising and emerging technology for triggering the sustainable in vitro production of secondary metabolites in medicinal plants. *In Plant and nanoparticles* (pp. 265-280). Singapore: Springer Nature Singapore.
19. Bi, F., Iqbal, S., Arman, M., Ali, A., & Hassan, M. (2011). Carrageenan as an elicitor of induced secondary metabolites and its effects on various growth characters of chickpea and maize plants. *Journal of Saudi Chemical Society*, 15, 269-273.
20. Mariano, R. A. (2018). Profitability Analysis of Irradiated Carrageenan as a Biostimulant in Small-Scale Rice Farming in Selected Provinces in the Philippines. *Journal of Global Business and Trade*, 4(2), 15-30.
21. Alam, M. Z., Braun, G., Norrie, J., & Hodges, D. M. (2013). Effect of *Ascophyllum* extract application on plant growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry. Canadian. *Journal of Plant Science*, 93, 23-36.
22. Jannin, L., Arkoun, M., & Etienne, P. (2013). *Brassica napus* growth is promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. Seaweed extract: Microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S. metabolisms. *Journal of Plant Growth Regulations*, 32, 31-52.
23. Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 23, 371-393.
24. Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383(1-2), 3-41.
25. Khan W., Hiltz, D., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. (2011). Bioassay to detect *Ascophyllum nodosum* extract-induced cytokinin-like activity in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Applied Phycology*, 23, 409-414.
26. Zodape, S. T., Gupta, A., & Bhandari, S. C. (2011). Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Journal of Scientific & Industrial Research*, 70, 215-219.
27. Fan, D., Hodges, D. M., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. (2013). A commercial extract of brown macroalgae (*Ascophyllum nodosum*) affects yield and the nutritional quality of spinach in vitro. *Communication in Soil Science Plant Analysis*, 44, 1873-1884.
28. Tang, J., Han, Z., & Chai, J. (2016). Q & A: What are brassinosteroids and how do they act in plants. *BMC Biology*, 14 (113), 1-5.
29. Susila, T., Amarendra Reddy, S., Rajkumar, M., Padmaja, G., & Rao, P. V. (2012). Effects of sowing date and spraying of brassinosteroid on yield and fruit quality characters of watermelon. *World Journal of Agricultural Sciences*, 8(3), 223-228.
30. Taiz, L., & Zeiger, E. (1995). *Plant Physiology* Edition. Panima Publishing Corporation, New Delhi, Bangalore.
31. Stoker, K. G., Cooke, D. T., & Hill, D. J. (1998). An improved method for the large-scale processing of woad (*Isatis tinctoria*) for possible commercial production of woad indigo. *Journal of*

- Agricultural Engineering Research*, 71(4), 315-320.
32. Rivero-Montejo, S. D. J., Vargas-Hernandez, M., & Torres-Pacheco, I. (2021). Nanoparticles as novel elicitors to improve bioactive compounds in plants. *Agriculture*, 11(2), 134.
33. Krizek, D. T., Britz, S. J., & Mirecki, R. M. (1998). Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. New Red Fire lettuce. *Physiologia Plantarum*, 103(1), 1-7.
34. Salama, H. M. H. (2012). Effects of silver nanoparticles in some crop plants, common bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) and corn (*Zea Mays* L.). *International Research Journal of Biotechnolgy*, 3, 190-197.
35. Li, D., An, Q., Wu, Y., Li, J. Q., & Pan, C. (2020). Foliar application of selenium nanoparticles on celery stimulates several nutrient component levels by regulating the α -linolenic acid pathway. *ACS Sustainable Chemistry Engineering*, 8, 10502-10510.
36. Ahmad, M. A., Javed, R., Adeel, M., Rizwan, M., Ao, Q., & Yang, Y. (2020). Engineered ZnO and CuO nanoparticles ameliorate morphological and biochemical response in tissue culture regenerants of candyleaf (*Stevia rebaudiana*). *Molecules*, 25, 1356.
37. Gohari, Gh. R., Hasanpour Aghdam, M. B., Dadpour, M. R., & Shirdel, M. (2013). Effect of different Zink spraying on growth parameter and essential oil yield in Basil plant under salinity stress. *Science and Technology of Greenhouse Crops*, 4(15), 15-23.
38. Krizek, D. T., Britz, S. J., & Mirecki, R. M. (1998). Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. New Red Fire lettuce. *Physiologia Plantarum*, 103(1), 1-7.
39. Mahmood Zadeh, H., Nabavi, M., & Kashefi, H. (2013). Effect of nanoscale Ti tanium dioxide particles on the germination and growth of canola (*Brassica napus*). *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 3, 25-32.
40. Horax, R., Hettiarachchy, N., & Chen, P. (2010). Extraction, quantification, and antioxidant activities of phenolics from pericarp and seeds of bitter melons (*Momordica charantia*) harvested at three maturity stages (immature, mature, and ripe). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 4428-4433.
41. Mashayikhi, K., & Atashi, P. (2015). Guide to plant physiology tests (checking before and after harvesting plants). Agricultural Education Research Publications. Pp. 296-298.
42. Taheri, G. H. (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.
43. Chang, Ch., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178-182.
44. Barros, L., Falcão, S., Baptista, P., Freire, C., Vilas-Boas, M., & Ferreira, I. C. F. R. (2008). Antioxidant activity of *Agaricus* sp. mushrooms by chemical, biochemical and electrochemical assays. *Food Chemistry*, 111(1), 61-66.
45. Salehi, A., Qalavand, A., Sefidkan, F., & Asgharzadeh, A. (2018). The effect of using zeolite, microbial inoculum and vermicompost on the concentration of N, P, K elements, the amount of essential oil and the yield of essential oil in the organic cultivation of german chamomile medicinal plant (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research*, 27(2), 188-201.
46. Hosseini, M., Ramazan, D., Rahimi, M., Mohkami, Z., & Haddadi, T. (2022). Investigating the effect of carrageenan biostimulants, green extract containing silver nanoparticles and *Trichoderma harzanium* fungus on some

- morphological and phytochemical traits of lemongrass medicinal plant under greenhouse conditions. University of Zabol. School of Agriculture. Department of Horticultural Sciences.
47. Li, Z., & He, Y. (2020). Roles of Brassinosteroids in Plant Reproduction. *International Journal of Molecular Sciences*, 21 (872), 1-16.
 48. Rezanejad F., Abolhassani, E., & Ganjalikhani Hakemi, F. (2024). Effect of brassinosteroids on flowering and expression levels of APETALA1 (AP1) gene in different organs of *Eruca sativa*. *Journal of Biotechnology in Tarbiyat Modares University*, 14(1), 117-129.
 49. Latifikhah, E., Eshghi, S., Gharaghani, A., Tafazoli, E., & Razzaghi, F. (2019). Effect of foliar application of Brassinosteroids on growth, yield and fruit quality of two strawberry cultivars under salt stress in soilless culture. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(3), 697-707.
 50. Gholami, A., Abaspour, H., Gerami, M., & Ghorbani, A. (2016). Effect of nanochalate Fe on growth and physiologic propertice of basil (*Ocimum basilicum* L.) under salinity stress. *Agricultural Plant Ecophysiology Jurnal*, 8, 117-133.
 51. Gomes, M. D. M. A., Campostrini, E., Leal, N. R., Viana, A. P., Ferraz, T. M., do Nascimento Siqueira, L., & Zullo, M. A. T. (2006). Brassinosteroid analogue effects on the yield of yellow passion fruit plants (*Passiflora edulis*). *Scientia Horticulturae*, 110(3), 235-240.
 52. Rostami Qadir Moghadam, M., Ghasemi Pirbaluti, A., & Tehranifar, A. (2017). The effect of foliar application of iron and zinc in the form of sulfates and nanoparticles on the morphological and biochemical characteristics of peppermint (*Mentha piperita* L.) under salt stress. *Environmental Stresses in Agricultural Sciences*, 11(3), 707-720. **SID. <https://sid.ir/paper/389692/fa>**.
 53. Mohkami, Z., SaniKhani, M., Kheiry, A., Bahari, A., & Tavakoli Zadeh Esfahani, M. (2021). Studying the effect of some abiotic stimuli on the morphological and phytochemical characteristics of Carla. *Journal of Plant Production Research*, 28(2), 183-202.
 54. San, P. T., Khanh, C. M., Khanh, H. H. N., Khoa, T. A., Hoang, N., Thinh, P. D., & Nguyen, T. D. (2021). Impacts of κ -Oligocarrageenan application on photosynthesis, nutrient uptake and bean yield of coffee (*Coffea robusta*) (Kesan Pengaplikasian κ -Oligokaragenan pada Fotosintesis, pengambilan nutrien dan hasil biji kopi (*Coffea robusta*). *Sains Malaysiana*, 50(11), 3171-3179.
 55. Naeem, M. (2021). The role of social media to generate social proof as engaged society for stockpiling behaviour of customers during Covid-19 pandemic". *Qualitative Market Research*, 24(3), 281-301.
 56. Bazi, S. (2017). Investigation of the effect of zinc oxide nanoparticles on the pigments of basil plant (*Ocimum basilicum* L.). The third national biology conference of Payam Noor University, Sari, <https://civilica.com/doc/878862>.
 57. Zhang, S., Li, H., Liang, X., Yan, Y., Xia, P., Jia, Y., & Liang, Z. (2015). Enhanced production of phenolic acids in *Salvia miltiorrhiza* hairy root cultures by combing the RNAi-mediated silencing of chalcone synthase gene with salicylic acid treatment. *Biochemical Engineering Journal*, 103, 185-192.
 58. Mousavi, E. A., Kalantari, K. M., Nasibi, F., & Oloumi, H. (2018). Effects of carrageenan as elicitor to stimulate defense responses of basil against *Cuscuta campestris* Yunck. *Acta Botanica Croatica*, 77(1), 62-69.
 59. Hossain, A. M., Mian, M. H., Hakim, M., & Islam, M. (2012). Isolation and selection of Bradyrhizobium from the root nodules of indigo plants. *African Journal of Biotechnology*, 11, 12113-12191.
 60. Katsarou, A., Gudbjörnsdottir, S., Rawshani, A., Dabelea, D., Bonifacio, E., & Anderson, B. J. (2017). Type 1

- diabetes mellitus. *Nature Reviews Disease Primers*, 3, 1-17.
61. Rahdari, S. (2022). The effect of biological elicitors on some morphological and physiological parameters of *Indigofera tinctoria* L. The Thesis Submitted for the Degree of M.Sc (in the field of Plant Physiology). Department of Biology. University of Zabol, Iran.
62. Hamid, N., & Masood, Q. (2018). Comparative study of vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) and brassinosteroid (BRs) activity on different metabolites in *Luffa cylindrica* (L.) Roem. *International Journal of Biology Research*, 6(2), 95-101.
63. Hashemi, Sh., Nadernejad, N., Pourseyedi, Sh., & Asrar, Z. (2019). Investigation of toxicity of zinc oxide nanoparticles synthesized by olive extract on growth and pigments in *Borago officinalis*. *Plant Process and Function*, 7(27), 303-315.
64. Morteza, E., Moaveni, P., Aliabadi Farahani, H., & Kiyani, M. (2013). Study of photosynthetic pigments changes of maize (*Zea mays* L.) under nano TiO₂ spraying at various growth stages. *SpringerPlus*, 2 (247).
65. Salachna, P., Mizelińska, M., Płoszaj-Witkowska, B., & Jaszczak, A. (2021). Zinc Oxide Nanoparticles Enhanced Biomass and Zinc Content and Induced Changes in Biological Properties of Red *Perilla frutescens*. *Materials*, 14, 6182. <https://doi.org/10.3390/ma14206182>.
66. Chung, I. M., Thiruvengadam, M., Rekha, K., & Rajakumar, G. (2016). Elicitation enhanced the production of phenolic compounds and biological activities in hairy root cultures of bitter melon (*Momordica charantia* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 59(3), 1-10.
67. Krishnaraj, C., Ramachandran, R., Mohan, K., & Kalaichelvan, P. T. (2012). Optimization for rapid synthesis of silver nanoparticles and its effect on phytopathogenic fungi. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*, 93, 95-9.
68. Nasibi, F., Manuchehri Kalantari, K., Zare Zeinali, M., & Ahmadi Mousavi, E. (2020). Effect of melatonin premedication on some physiological parameters and reduction of oxidative stress in *Tagetes erecta* seedlings under salt stress. *Plant Process and Function*, 9 (35), 115-125.
69. Jayaraj, J., Wan, A., Rahman, M., & Punja, Z. K. (2008). Seaweed extract reduces foliar fungal diseases on carrot. *Crop Protection*, 27(10), 1360-1366.
70. Vaughn, K., & Duke, S. (2006). Function of polyphenol oxidase in higher plants. *Physiologia Plantarum*, 60(1), 106-112.
71. Lattanzio, V., Lattanzio, V., Lattanzio, A., & Cardinali, A. (2006). Advances in Research Chapter: Role of phenolics in the resistance mechanisms of plants against fungal pathogens and insects. *Phytochemistry*, 37, 23-67.
72. Kanthaliya, B., Joshi, A., Arora, J., Alqahtani, M. D., & Abd-Allah, E. F. (2023). Effect of biotic elicitors on the growth, antioxidant activity and metabolites accumulation in In Vitro propagated shoots of *Pueraria tuberosa*. *Plants*, 12, 1300.
73. Shakya, P., Marslin, G., Siram, K., Beerhues, L., & Franklin, G. (2019). Elicitation as a tool to improve the profiles of high-value secondary metabolites and pharmacological properties of *Hypericum Perforatum* *Journal of Pharm Pharmacology*, 71, 70-82.
74. Mosavat, N., Golkar, P., Yousefifard, M., & Javed, R. (2019). Modulation of callus growth and secondary metabolites in different *Thymus* species and *Zataria multiflora* micropropagated under ZnO nanoparticles stress. *Biotechnol. Appl. Biochem.* 66, 316-322.
75. Nazir, S., Jan, H., Zaman, G., Khan, T., Ashraf, H., Meer, B., & Abbasi, B. H. (2021). Copper oxide (CuO) and manganese oxide (MnO) nanoparticles induced biomass accumulation, antioxidants biosynthesis and abiotic

- elicitation of bioactive compounds in callus cultures of *Ocimum basilicum* (Thai basil). *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 49(1), 625-633.
76. Jahani, F., Tohidi-Moghadam, H. R., Larijani, H. R., Ghooshchi, F., & Oveysi, M. (2021). Influence of zinc and salicylic acid foliar application on total chlorophyll, phenolic components, yield and essential oil composition of peppermint (*Mentha piperita* L.) under drought stress condition. *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 1-12.
77. Aghaee, A., Shahabivand, S., Athari, M., & Nasiri, Y. (2022). The effect of foliar application of zinc oxide and zinc nanoparticles on growth, photosynthetic pigments and essential oil compounds of green basil. *Journal of Plant Research*, 35(2), 218-231.

