Archive of SID

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و پنجم، شماره چهارم، ۱۳۹۷
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2018.14077.2262

ارزیابی محلول‌پاشی برگی الیسیتورهای زیستی بر تغییرات عملکردی، شاخص‌های فیزیولوژیکی و زیست– شیمیایی رازیانه (*Foeniculum vulgare*)

***محمد فروزنده، زینب محکمی و بهمن فاضلی‌نسب**
پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل، زابل، ایران
تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۰۲

چکیده

سابقه و هدف: رازیانه یا بادیان سبز گیاهی از خانواده چتریان و جزء قدیمی‌ترین گیاهان دارویی ایران است که اندام‌های مختلف آن در صنایع داروسازی، آرایشی و طب سنتی مورد استقبال قرار گرفته است. کاربرد الیسیتورها سبب افزایش عملکرد و تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی می‌شود. با توجه به افزایش روزافزون تقاضا و اهمیت اقتصادی انواع متابولیت‌های گیاهی، به‌کارگیری الیسیتورهای زیستی در نظام‌های کشاورزی پایدار در راستای بهبود کیفیت محصول و حداکثر بازده عملکرد و اسانس گیاهان دارویی بومی ایران ضروری به‌نظر می‌رسد. این مطالعه به‌منظور ارزیابی محلول‌پاشی برگی الیسیتورهای زیستی بر تغییرات عملکردی، شاخص‌های فیزیولوژیکی و زیست- شیمیایی رازیانه (*Foeniculum vulgare*) انجام شد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۱۶ تیمار در ۳ تکرار در سال ۱۳۹۵ اجرا گردید. در این بررسی، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان در سه مرحله رویشی، ابتدای گلدهی و زایشی با غلظت‌های مختلف توسط سمپاش پشتی انجام گرفت. ویژگی‌های ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، درصد و عملکرد اسانس، کلروفیل a، b، کاروتنوئید، آنتوسیانین، فلاونوئید، فنل، پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: براساس نتایج به‌دست آمده افزایش هم‌زمان غلظت کیتوزان و اسید سالیسیلیک سبب افزایش تعداد چترک و چتر در بوته شد. بررسی مقادیر به‌دست آمده نشان داد بیش‌ترین تعداد چتر در بوته از تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان (A_{15}) و کم‌ترین مقدار آن از شاهد (A_0) مشاهده شد. محلول‌پاشی کیتوزان و اسید سالیسیلیک بر وزن هزاردانه تأثیر معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان (A_{14}) وزن هزاردانه را ۴۱/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. بیش‌ترین عملکرد دانه از تیمار A_{15} با میانگین ۱۰۲۵/۱ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین مقدار با میانگین ۵۳۷/۱ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد مشاهده شد که کاهش ۴۷/۶ درصدی (۴۸۸ کیلوگرم) نسبت به شاهد نشان داد. همچنین با افزایش سطح کیتوزان و اسید سالیسیلیک، عملکرد زیستی و شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. بیش‌ترین درصد (۲/۸۶) و عملکرد اسانس (۲۸/۹ کیلوگرم در هکتار) نیز در تیمار A_{14} مشاهده شد. عدم کاربرد الیسیتورها سبب کاهش معنی‌دار مقدار کاروتنوئید، آنتوسیانین و فلاونوئید شد. کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کیتوزان و ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک، میزان فنل، فعالیت آنزیم پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز را به‌ترتیب ۷۶/۳، ۷۱/۴ و ۵۵/۷ درصد

* مسئول مکاتبه: m.forozandeh@uoz.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

نسبت به شاهد افزایش داد. نتایج نشان داد محلول‌پاشی کیتوزان و اسید سالیسیلیک از طریق افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و اسمولیت‌های محلول، همچنین محافظت در برابر خسارت نشت الکترولیتی توانایی گیاه رازیانه را بهبود بخشیده و از این طریق عملکرد دانه را افزایش داد.

نتیجه‌گیری: با توجه به این‌که خشکی از ویژگی‌های بارز منطقه سیستان است، به‌نظر می‌رسد کاربرد تلفیقی الیسیتورهای زیستی در غلظت‌های ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کیتوزان می‌تواند موجب افزایش عملکرد، اجزای عملکرد و تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاه رازیانه گردد. بنابراین مصرف توأم آن به‌صورت محلول‌پاشی در جهت توسعه کشت و کار رازیانه و جایگزین برای کود شیمیایی قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: اسید سالیسیلیک، پلی‌فنل‌اکسیداز (PPO)، فنل، کلروفیل، کیتوزان

مقدمه

رازیانه یا بادیان سبز گیاهی از خانواده چتریان (Apiaceae) جزء قدیمی‌ترین گیاهان دارویی ایران که در شرایط آب و هوایی تابستان‌های گرم و زمستان‌های معتدل می‌توان اقدام به کشت آن نمود (٤٠). طبق گزارش‌ها بوته‌های ٤٠-۳۰ ساله آن نیز در شهرستان خوربیابانک دیده شده است (۳۰). اندام‌های مختلف این گیاه مصارف زیادی دارد، میوه آن مقوی معده، افزآینده شیر، بادشکن، اشتهاآور، قاعده‌آور و آرام‌کننده است (٥٦). اسانس آن در صنایع داروسازی و آرایشی، پیکره رویشی به‌عنوان بادشکن در بیماری‌های گوارشی، بذر در مصارف سنتی به‌عنوان طعم‌دهنده بر روی نان و شیرینی مورد استقبال قرار گرفته است (۳٤).

الیسیتورها ترکیباتی با منشاء زیستی و یا غیرزیستی هستند که از طریق القای پاسخ‌های دفاعی باعث انباشت متابولیت‌های ثانویه در گیاه با هدف کاربرد تجاری می‌باشد (۱۲ و ٥۷). کیتوزان به‌عنوان یکی از الیسیتورهای زیستی بالقوه در تحریک تولید متابولیت‌های ثانوی در کشت بافت گیاهان دارویی کاربرد دارد (٤٦). طبق نظر پژوهشگران این ماده خطر زیست‌محیطی ندارد زیرا اثر سمیت روی پستانداران و محیط‌زیست نداشته و همچنین فراوانی بالایی در طبیعت دارد (٥٤). اسید سالیسیلیک با نام تجاری ۲- هیدروکسی بنزوئیک اسید[1] متعلق به گروهی از ترکیبات فنلی است. اسید سالیسیلیک در سلول‌های ریشه تولید و سبب پاسخ‌های دفاعی گیاه و در نهایت منجر به تولید ترکیبات ثانویه گیاهی (از جمله آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، ترکیبات فنولیک و فیتوالکسین‌ها) می‌گردد (۹ و ۳۸). امروزه کیتوزان به‌دلیل فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی مورد توجه فراوان قرار گرفته است (۱۸) این فعالیت آنتی‌اکسیدانی از طریق سازوکارهای مختلفی از جمله افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز و همچنین جاروبگر (Reactive Oxygen Species) می‌باشد (۱۹). تولید رادیکال‌های آزاد و واکنش‌پذیر در غیاب سیستم‌های حفاظتی گیاه، متابولیسم سلول‌ها را تا حد زیادی مختل می‌کند و خسارت جدی به سلول و گیاه وارد می‌کند (٥۳). ترکیبات فنلی گیاه نقش مهمی در جذب و خنثی کردن رادیکال‌های آزاد دارد (۲٤). مطالعات اخیر نشان داده‌اند کاربرد الیسیتورها سبب افزایش عملکرد و تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی می‌شود (۲۱).

1- $C_7H_6O_3$

www.SID.ir

Archive of SID

در بررسی امامی‌بیستگانی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش گردید، الیسیتور کیتوزان بر کلروفیل a و b، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، شاخص سطح برگ و ماده خشک آویشن دنایی (*Thymus deanensis* Celak) تأثیر معنی‌داری داشت و سبب افزایش مقادیر فوق گردید (۱۰). کاربرد کیتوزان می‌تواند از طریق حفظ محتوای نسبی آب برگ و ازدیاد رنگیزه‌های فتوسنتزی، مقاومت گیاه را افزایش و باعث رشد و استقرار مطلوب‌تر گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) شود (۳۷). در سال‌های اخیر پژوهشگران بسیاری بیش‌ترین عملکرد دانه و اسانس رازیانه (۳۶)، بابونه آلمانی (*Matricaria chamomile* L.) (۱۶) و درمنه (*Artemisia annua* L.) (۱۱) را به‌دنبال کاربرد اسید سالیسیلیک گزارش کردند. پژوهش‌ها نشان داد، محلول‌پاشی برگی کیتوزان و اسید سالیسیلیک علاوه بر بهینه‌سازی میزان مصرف کود آلی از بروز عوارض منفی ناشی از مصرف زیاد کودهای شیمیایی جلوگیری می‌کند (۱). بیش‌ترین مقدار فلاونوئیدها در درمنه کوهی از تیمار با اسید سالیسیلیک گزارش شده است (۲).

با توجه به اهمیت این گیاه و این‌که از قدیم در منطقه سیستان مورد کشت و کار قرار می‌گرفته است ارایه راهکار برای دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی، بررسی اثر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و کیتوزان (به‌عنوان الیسیتور)، بر رشد، افزایش تولید و فعالیت برخی آنزیم‌ها در گیاه دارویی رازیانه با هدف جایگزین مصرف کود شیمیایی با توجه به قیمت پایین کیتوزان و اسید سالیسیلیک و تولید محصول ارگانیک انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

با هدف بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های بیوشیمیایی رازیانه، پژوهشی در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ تیمار در ۳ تکرار در سال ۱۳۹۵ اجرا گردید. در این بررسی، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان در سه مرحله رویشی، ابتدای گلدهی و زایشی با غلظت‌های مختلف انجام گرفت. در این مراحل بوته‌های رازیانه به‌وسیله سم‌پاش پشتی در ساعات پایانی روز تیمار شدند.

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح در اواخر پاییز انجام شد و قبل از کاشت از عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه مرکبی تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۱ ارایه گردیده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش.

Table 1. Physical and chemical properties of the soil analysis.

بافت خاک Soil Texture	منگنز Mn	روی Zn	مس Cu	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH
–	(میلی‌گرم در کیلوگرم) ($mg.Kg^{-1}$)						(٪)	(دسی‌زیمنس بر متر) ($dS.m^{-1}$)	–
لوم شنی Sandy Loam	6.07	0.91	1.29	6.52	190	2.6	0.06	3.66	8.12

www.SID.ir

Archive of SID

در بهمن‌ماه ۱۳۹٤ بذور در شاسی سرد و گلدان کشت و نشاها در تاریخ ۲۰ فروردین ۱۳۹۵ به زمین اصلی انتقال داده شد. کودهای شیمیایی پایه شامل ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن (از منبع اوره) یک سوم در زمان کاشت، یک سوم در مرحله ساقه‌دهی و یک سوم در مرحله پرشدن دانه، کود فسفره (سوپرفسفات تریپل) ۱۰۰ کیلوگرم و کود پتاسه (سولفات پتاسیم) ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت اعمال شد. هر کرت آزمایشی به طول ٦ و عرض ۲ متر شامل ٤ تیمار که هر تیمار ٤ ردیف کاشت به فاصله ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ٤۰ سانتی‌متر بود. مراقبت‌های پس از کاشت شامل وجین، آبیاری و سله‌شکنی به‌طور منظم انجام شد. اولین آبیاری بعد از کاشت انجام و به‌منظور حصول اطمینان از سبز شدن یکنواخت آبیاری دوم به فاصله ۳ روز پس از آبیاری اول انجام شد. آبیاری‌های بعدی در فواصل ۱۰ روزه و عملیات وجین علف‌های هرز نیز به‌صورت دستی انجام شد. در طول دوره رشد از هیچ نوع علف‌کشی استفاده نشد.

برداشت گیاهان در تاریخ ۹۵/۸/۱۲ انجام گرفت. بدین‌منظور تعداد ده بوته قبل از برداشت به‌طور تصادفی انتخاب و صفات ارتفاع بوته، تعداد چتر و چترک در بوته و وزن هزاردانه به‌وسیله ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد نهایی و زیست‌توده در هر کرت ردیف کناری و ۰/۵ متر ابتدایی و انتهای آن به‌عنوان اثر حاشیه‌ای حذف و سپس برداشت از سطح باقی‌مانده انجام گرفت. استخراج اسانس با روش تقطیر با آب[1] و توسط دستگاه کلونجر انجام گرفت. عملکرد اسانس از رابطه ۱ تعیین گردید (۲۷).

(۱) (درصد اسانس × عملکرد کل) = (کیلوگرم در هکتار) عملکرد اسانس

تعیین غلظت کلروفیل و کاروتنوئید: اندازه‌گیری کلروفیل با روش اسپکتروفتومتری و با کمک دستگاه مدل Uv-vis 5100 انجام گرفت. ابتدا ۰/۲ گرم از بافت تر گیاه با ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده شد. سپس به حجم ۱۵ میلی‌لیتر رسانده شد و سه میلی‌لیتر از این محلول در کووت ریخته شد برای کالیبره کردن دستگاه از استون ۸۰ درصد استفاده گردید. به این ترتیب مقدار جذب محلول‌ها را در طول موج ٦٤٦، ٦٦۳ و ٤۷۰ نانومتر خوانده و مقدار کلروفیل a، b و کارتنوئید به‌ترتیب بر اساس رابطه‌های ۲ تا ٤ محاسبه گردید (۵۰).

$$Chla = 12.5\ A\ 663 - 2.79\ A\ 646 \quad (۲)$$

$$Chlb = 21.21\ A\ 646 - 5.1\ A\ 663 \quad (۳)$$

$$Car = (1000\ A\ 470 - 1.8\ chla - 85.02\ chlb)/198 \quad (٤)$$

آنتوسیانین: ۰/۱ گرم وزن تر گیاه را در ۱۰ میلی‌لیتر متانول در هاون به‌خوبی سائیده شد. محلول رویی و عصاره حاصل از سانتریفیوژ به‌مدت ۱ شب در تاریکی قرار گرفت. سپس جذب آن در طول موج ۵۵۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر و ضریب خاموشی ($\varepsilon = ۳۰۰ mol^{-1}\ cm^{-1}$) انجام پذیرفت (۳۵).

روش تهیه عصاره هیدرو الکلی: مقدار ۱۰ گرم برگ خشک‌شده در سایه، آسیاب و سپس در ۱۰۰ سی‌سی محلول (الکل ۷۰ و آب مقطر ۳۰) خیسانده و به‌مدت ٤۸ ساعت در دمای اتاق و روی شیکر نگهداری گردید. سپس توسط دستگاه روتاری تبخیر و باقی‌مانده بعد از خشک شدن برای انجام آزمایش‌ها در یخچال و در درجه حرارت ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (٤۵).

1- Water distillation

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری ترکیبات فنل و فلاونوئید: برای اندازه‌گیری محتوای فنل به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره گیاه، ۲ میلی‌لیتر کربنات سدیم (۲ درصد)، ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین‌سیوکالتیو (۵۰ درصد) اضافه شد. بعد از نیم ساعت جذب در طول موج ۷۲۰ نانومتر نسبت به بلانک ثبت گردید. از اسید گالیک برای رسم منحنی استاندارد استفاده شد (۳۳).

برای سنجش میزان فلاونوئید به ۵۰۰ میکرولیتر از هر عصاره ۱/۵ میلی‌لیتر متانول (۸۰ درصد)، ۱۰۰ میکرولیتر محلول آلومینیوم کلراید (۱۰ درصد)، ۱۰۰ میکرولیتر محلول استات پتاسیم ۱ مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. بعد از گذشت ۴۰ دقیقه جذب در طول موج ۴۱۵ نانومتر نسبت به بلانک اندازه‌گیری گردید. برای رسم منحنی استاندارد از کوئرستین استفاده شد (۵).

فعالیت آنزیم پراکسیداز (POD): میزان جذب تتراگایاکول در ۴۷۰ نانومتر در لحظه شروع واکنش پس از اضافه نمودن عصاره آنزیمی و پس از یک دقیقه خوانده شد. با استفاده از تغییرات جذب در یک دقیقه در ۴۷۰ نانومتر، ضریب خاموشی تتراگایاکل (ε=۲۵/۵ $mMol^{-1}cm^{-1}$) و فرمول $A=\varepsilon bc$، مقدار تتراگایاکول تشکیل شده محاسبه شد (۴۳).

فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز (POD): ابتدا بافر فسفات سدیم به همراه عصاره گیاه در بن‌ماری به‌مدت ۵ دقیقه قرار گرفت و سپس در دستگاه جذب نوری پیروگالل اضافه گردید و تغییرات جذب را در زمان صفر و یک دقیقه بعد در طول موج ۴۲۰ نانومتر قرائت شد. تعیین فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز بر اساس تولید پوروگالین از پیروگالول محاسبه و طبق ضریب خاموشی (ε=۲/۴۷ $mMol^{-1}cm^{-1}$) و فرمول $A=\varepsilon bc$ انجام پذیرفت (۲۵ و ۴۱).

فعالیت آنزیم بر اساس میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین به شرح یک واحد فعالیت آنزیمی برابر با میزان تغییر PPO به مقدار ۰/۰۰۱ در دقیقه در یک میلی‌لیتر از عصاره آنزیم ذکر می‌گردد.

تجزیه و تحلیل آماری: داده‌های مربوط به آزمایش‌های مختلف این پژوهش با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS نسخه ۹/۱ تجزیه و مقایسه میانگین تیمارها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) محلول‌پاشی تأثیر بسیار معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشت. بیش‌ترین ارتفاع بوته با میانگین ۲۳/۶ سانتی‌متر در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان به‌دست آمد و کم‌ترین آن با ۴۵/۷ درصد کاهش مربوط به شاهد بود (جدول ۳). کیتوزان با تنظیم فشار اسمزی، سبب افزایش میزان جذب مواد غذایی و آب به‌وسیله گیاه شده و رشد گیاه را افزایش می‌دهد. در همین راستا گزارش گردید کاربرد کیتوزان طول ساقه و ریشه شنبلیله (۳۷)، کاربرد اسید سالیسیلیک ارتفاع سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) (۴۸) و کاربرد هم‌زمان کیتوزان و اسید سالیسیلیک ارتفاع گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) (۱) را افزایش داده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات ریخت‌شناسی و عملکردی رازیانه تحت‌تأثیر الیسیتورهای زیستی.

Table 2. Analysis of variance for morphologic and yield characteristics of fennel under biotic elicitors.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد چتر در بوته Number of umbrella per plant	تعداد چترک در بوته Number of umbellate per plant	وزن هزاردانه Thousand-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil Yield
محلول‌پاشی Spraying	15	19.65**	76.63**	968.1**	1.66**	40694.9**	44129.8**	77.27**	0.877**	111.34**
خطا Error	30	0.72	5.09	9.94	0.28	660.8	4127.9	27.02	0.072	5.79
ضریب تغییرات (٪)	-	4.4	18.9	5	13.69	2	8.8	8.9	12.1	14.6

** معنی‌داری در سطح یک درصد

** is significant at 1% levels

تعداد چتر و چترک در بوته: طبق نتایج جدول ۳ بیش‌ترین تعداد چتر در بوته از تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان (A_{15}) و کم‌ترین مقدار آن در تیمار شاهد مشاهده شد. بر اساس نتایج در مورد تعداد چترک در بوته نیز مقادیر در تیمارهای مختلف نسبت به شاهد افزایش یافته بود. در بررسی مقادیر به‌دست آمده نشان می‌دهد که افزایش هم‌زمان غلظت کیتوزان و اسید سالیسیلیک سبب افزایش مقادیر صفات مذکور شده است. استفاده از غلظت‌های مناسب اسید سالیسیلیک نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل جوانه‌زنی، بسته شدن روزنه، مهار بیوسنتز اتیلن گیاه، افزایش میزان فتوسنتز، محتوی کلروفیل و تولید میوه، ایفا می‌کند (۲۹) همچنین کیتوزان از طریق راهبردهای مختلف باعث مقاومت گیاه در مقابل تنش‌های اکسیداتیو و تحریک رشد گیاه می‌شود (٤٤). افزایش تعداد چتر و چترک در بوته با کاربرد اسید سالیسیلیک توسط محتشمی و همکاران (۲۰۱۵) در رازیانه گزارش شده است (۳٦).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- تأثیر الیسیتورهای زیستی بر صفات ریخت‌شناسی و عملکردی رازیانه.

Table 3. Effect of biotic elicitors on morphologic and yield characteristics of fennel.

عملکرد اسانس Essential oil Yield	درصد اسانس Essential oil percentage	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	وزن هزاردانه Thousand-seed weight	تعداد چترک در بوته Number of umbellate per plant	تعداد چتر در بوته Number of umbrella per plant	ارتفاع بوته Plant height	تیمارها Treatments
(کیلوگرم در هکتار) ($Kg.ha^{-1}$)	-	(درصد)	(کیلوگرم در هکتار) ($Kg.ha^{-1}$)		(گرم) (gr)	-	-	(سانتی‌متر) (cm)	
6.08 f	1.13 e	47.9 b	1120.2 e	537.1 d	3 c	40.6 f	6.3 e	12.8 f	A_0
14.95 cde	2.26 a-d	55.1 ab	1199.7 cde	661.2 cd	3.3 bc	55.6 de	10 cde	17.5 de	A_1
14.42 c-f	2.16 a-d	57.2 ab	1164.6 cde	667.2 cd	3 c	44 f	7 de	17.6 de	A_2
15.23 cde	2.46 abc	52.4 ab	1162.5 de	609.9 cd	2.7 c	56.6 de	11 cde	17.3 e	A_3
15.51 cde	2.46 abc	51.5 ab	1201.5 cde	618.9 cd	3.4 bc	43.6 f	7 de	17 e	A_4
9.34 ef	1.43 de	56.7 ab	1160 de	658.2 cd	3.7 abc	55.6 de	6.6 de	18.3 cde	A_5
11.60 def	1.63 b-e	58.2 ab	1197.1 cde	697.4 cd	3.7 abc	57.3 de	10 cde	19 cde	A_6
12.52 c-f	1.73 b-e	60.1 ab	1230.3 cd	739.7 bcd	3.7 abc	44 f	9 cde	18.3 cde	A_7
11.26 def	1.60 cde	62.4 ab	1162 de	724.6 bcd	4.2 abc	59.3 de	12 b-e	19.5 cde	A_8
17.67 cde	2.43 abc	57.8 ab	1243.5 cd	718.6 cd	4.1 abc	61.3 d	12 b-e	19.5 cde	A_9
16.47 cde	2.3 a-d	58.1 ab	1241.2 cd	721.6 cd	3.6 abc	74.6 bc	13.6 b-e	21.1 abc	A_{10}
20.97 abc	2.76 a	60.9 ab	1255.9 c	763.8 bcd	4.2 abc	65.3 cd	14.6 bcd	19.8 cde	A_{11}
19.76 bcd	2.56 ab	61.6 ab	1241 cd	766.9 bcd	4.5 abc	78.3 b	11 cde	19.5 cde	A_{12}
20.82 abc	2.70 a	54.6 ab	1411 b	769.9 bc	4.4 abc	66.3 cd	19.6 ab	20.5 bcd	A_{13}
27.21 ab	2.83 a	66.9 a	1426.3 b	954.4 ab	5.4 a	78.6 b	16 bc	23.3 ab	A_{14}
28.95 a	2.86 a	66.1 ab	1551 a	1025.1 a	5.1 ab	113.6 a	25 a	23.6 a	A_{15}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشد.

Means with at least one similar letter in each column, are not significantly different ($P \leq 0.01$).

A_0= شاهد A_1= ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_2= ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_3= ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_4= صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_5= صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_6= صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_7= ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_8= ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_9= ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_{10}= ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_{11}= ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_{12}= ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_{13}= ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_{14}= ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_{15}= ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان.

A_0= Control, A_1= salicylic acid= 0.5 mM, A_2= salicylic acid= 1 mM, A_3= salicylic acid= 1.5 mM, A_4= chitosan= 100 $mg.l^{-1}$, A_5= chitosan= 150 $mg.l^{-1}$, A_6 = chitosan= 200 $mg.l^{-1}$, A_7 = salicylic acid= 0.5 mM and chitosan= 100 $mg.l^{-1}$, A_8 = salicylic acid= 0.5 mM and chitosan= 150 $mg.l^{-1}$, A_9= salicylic acid= 0.5 mM and chitosan= 200 $mg.l^{-1}$, A_{10} = salicylic acid= 1 mM and chitosan= 100 $mg.l^{-1}$, A_{11} = salicylic acid= 1 mM and chitosan= 150 $mg.l^{-1}$, A_{12}= salicylic acid= 1 mM and chitosan= 200 $mg.l^{-1}$, A_{13}= salicylic acid= 1.5 mM and chitosan= 100 $mg.l^{-1}$, A_{14} = salicylic acid= 1.5 mM and chitosan= 150 $mg.l^{-1}$, A_{15} = salicylic acid= 1.5 mM and chitosan= 200 $mg.l^{-1}$.

www.SID.ir

Archive of SID

وزن هزاردانه: محلول‌پاشی کیتوزان و سالیسیلیک اسید بر وزن هزاردانه تأثیر معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان (A_{14}) وزن هزاردانه را ٤۱/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داده است (جدول ۳). افزایش وزن هزاردانه ذرت (*Zea mays* L.) با افزایش مصرف کیتوزان (۱۷) و وزن هزاردانه لوبیا (*Vigna unguiculata* L.) با کاربرد اسید سالیسیلیک (۵۲) گزارش شده است. همچنین در گزراشی تفاوت معنی‌داری در وزن هزاردانه سیاه‌دانه با اعمال اسید سالیسیلیک وجود داشت، به‌طوری‌که محلول‌پاشی با ۱۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش ٦۳/۲ درصدی آن شد (۲۳). به احتمال زیاد تأثیر تحریک‌کنندگی آن روی رشد، به‌دلیل افزایش جذب عناصر ضروری و آب، همچنین کاهش تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت باشد (۱۷).

عملکرد دانه: در این آزمایش در روندی مشابه با وزن هزاردانه، بیش‌ترین عملکرد دانه از تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان (A_{15}) با میانگین ۱۵۵۱ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین مقدار از تیمار شاهد با میانگین ۱۱۲۰/۲ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که باعث کاهش ۲۷/۷ درصدی (٤۳۰/۸ کیلوگرم) نسبت به شاهد شد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد با مصرف الیسیتورها، عملکرد از طریق افزایش سطح و دوام برگ زمینه مناسب جهت دریافت انرژی را فراهم و همچنین با شرکت در ساختار کلروفیل و آنزیم‌های مربوط به متابولیسم کربن فتوسنتزی، موجب افزایش بازده فتوسنتزی می‌شود (۲۱). در بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک بر رازیانه بیان شد که بیش‌ترین عملکرد دانه از محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۱٦۰۰ میکرومولار به‌دست آمد (۳٦). همچنین موسی‌پور یحیی‌آبادی و همکاران (۲۰۱٦) گزارش کردند، کاربرد یک گرم در لیتر کیتوزان میزان عملکرد گیاه شنبلیله را نسبت به شاهد افزایش داد (۳۷).

عملکرد زیستی: عملکرد زیستی عبارت است از کل ماده خشک تولید شده که شامل دانه، ساقه و برگ می‌شود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش سطح کیتوزان و اسید سالیسیلیک، عملکرد زیستی به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۳). بیش‌ترین (۱۵۵۱ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین (۱۱۲۰/۲ کیلوگرم در هکتار) عملکرد زیستی به‌ترتیب در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان (A_{15}) و شاهد (A_0) مشاهده شد (جدول ۳). افزایش عملکرد زیستی می‌تواند به‌دلیل مصرف کیتوزان و تحریک رشد ساقه و ریشه و در نتیجه افزایش جذب آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی باشد. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک شاید با بهبود تثبیت کربن، سنتز متابولیت‌ها و حفظ آب بافت گیاهی باعث افزایش رشد می‌گردد (۱۳). همچنین با حفظ محتوی آب نسبی برگ[1] و فتوسنتز شده و در نتیجه باعث افزایش عملکرد زیستی می‌شود (۳۲). یداللهی ده‌چشمه و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند کاربرد پنج گرم در لیتر کیتوزان باعث افزایش ۱۷/۳ درصدی در میزان عملکرد زیستی شد (۵۵). همچنین در گزارشی بیش‌ترین عملکرد زیستی و شاخص برداشت گلرنگ در محلول‌پاشی توأم اسید سالیسیلیک و کیتوزان مشاهده شد که به‌ترتیب سبب افزایش ٤٤/۰٦ و ۱۷/۱۲ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید (۱).

1- Relative Water Contet (RWC)

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص برداشت: بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها با افزایش سطح کیتوزان و اسید سالیسیلیک، شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۳). کاربرد ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان با میانگین شاخص برداشت ٦٦/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد ۲۸/٤ درصد برتری داشت (جدول ۳). بنابراین تیمارهایی با غلظت بیش‌تری محلول‌پاشی شدند، کربوهیدرات بیش‌تری را از اندام‌های سبز منتقل و دارای شاخص برداشت بالایی هستند. به‌نظر می‌رسد در این تیمار، درصد ماده خشک ذخیره شده بیش‌تری به دانه‌ها انتقال و عملکرد دانه نیز در نتیجه آن افزایش یافته است. کاربرد الیسیتورها در شرایط عدم تنش باعث رشد مطلوب رویشی شد و پس از گرده‌افشانی تمامی اندام‌های تولیدمثلی نیز بارور شدند و روند انتقال مواد به‌طور کامل انجام و سبب شاخص برداشت بالا شد (٤٧). در گزارشی کاربرد کیتوزان سبب افزایش ٦٤/۲ درصدی شاخص برداشت شنبلیله در مقایسه با شاهد شد (٦).

درصد و عملکرد اسانس: نتایج بررسی گیاهان تیمار شده با کیتوزان و اسید سالیسیلیک نشان داد بیش‌ترین درصد و عملکرد اسانس رازیانه از کاربرد ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان (A_{15}) به‌ترتیب با میانگین ۲/۸٦ درصد و ۲۸/۹ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد و پس از آن تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان (A_{14}) در سطح بعدی قرار گرفت (جدول ۳). بر اساس نتایج به جزء تیمار شاهد (A_0) که کم‌ترین مقدار بود، با افزایش غلظت الیسیتورها درصد و عملکرد اسانس روند افزایشی داشت به‌طوری‌که درصد اسانس افزایش ٦۰/٤۸ درصدی نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۳). با توجه به نتایج آزمایش، با وجود افزایش معنی‌دار درصد اسانس دانه تحت افزایش غلظت الیسیتورها در مقایسه با شاهد، به‌دلیل افزایش عملکرد دانه، عملکرد اسانس نیز به تبع آن به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳).

استفاده از الیسیتورها از مهم‌ترین روش‌های افزایش میزان تولید متابولیت‌های ثانوی در گیاهان است (۵۷). نتایج پژوهش محتشمی و همکاران (۲۰۱۵) محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به‌طور معنی‌داری موجب افزایش اسانس رازیانه در مقایسه با شاهد شد به‌طوری‌که بالاترین درصد اسانس ۲/۸٦ درصد از محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۱٦۰۰ میکرومولار و کم‌ترین آن ۱/۹٦ درصد از شاهد به‌دست آمد (۳٦).

بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان نمود غلظت اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی‌مولار و کیتوزان ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با تحریک چرخه فیزیولوژیکی گیاهان و فعالیت فتوسنتز بالاتر نسبت به دیگر تیمارها، سبب افزایش در رشد رویشی و ریشه، تعداد غدد مولد اسانس، مواد اولیه تولید متابولیت‌های ثانویه و در نهایت باعث افزایش تولید اسانس در گیاه دارویی رازیانه گردیده است. این نتایج با یافته‌های حسن‌زاده و همکاران (۲۰۱٦) در گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) مطابقت داشت (۲۱).

کلروفیل a، b و کارتنوئید: بررسی اثر اسید سالیسیلیک و کیتوزان بر روی گیاه رازیانه نشان داد که میزان کلروفیل و کارتنوئید تحت‌تأثیر مصرف الیسیتورها

www.SID.ir

Archive of SID

قرار گرفت (جدول ٤). بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۳/٤٤ میلی‌گرم در گرم وزن تر) از تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان حاصل شد و کلروفیل b (۰/۷۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) نیز از همین تیمار به‌دست آمد (جدول ۵). بر اساس نتایج محلول‌پاشی تلفیقی الیسیتورهای شیمیایی، میزان کاروتنوئید را به‌طور معنی‌داری افزایش داد به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان کارتنوئید از تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان (٤/۵۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و شاهد به‌میزان ۱/٦ میلی‌گرم در گرم به‌دست آمد که افزایش ٦۵/۱ درصدی نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۵). در مسیر بیوسنتزی تولید کلروفیل، افزایش بیان ژن‌ها و میزان کلروفیل، توسط الیسیتور اسید سالیسیلیک و کیتوزان می‌تواند از دلایل این نتایج باشد. امامی بیستگانی و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی کاربرد الیسیتور کیتوزان روی گیاه آویشن دنایی گزارش نمودند که میزان رنگیزه‌های کلروفیلی و کارتنوئید تحت‌تأثیر کیتوزان افزایش یافته است (۱۰)، در مطالعه خواجه و نادری (۲۰۱٤) نیز تیمار کیتوزان سبب افزایش کلروفیل و کاروتنوئید گردیده است (۲٦). سایر مطالعات انجام شده نیز نشان داده‌اند، کاربرد اسید سالیسیلیک در غلظت و زمان مناسب سبب کاهش تخریب رنگیزه کلروفیل، افزایش توان آنتی‌اکسیدانی سلول‌ها و با سنتز پروتئین‌های جدید از دستگاه فتوسنتزی گیاه حمایت می‌کند (۳ و ٤٤). کاربرد اسید سالیسیلیک در رازیانه موجب افزایش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی شد (۵۰).

جدول ٤- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک رازیانه تحت‌تأثیر الیسیتورهای زیستی.

Table 4. Analysis of variance for physiological traits of fennel under biotic elicitors.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کاروتنوئید Carotenoid	آنتوسیانین Anthocyanin	فلاونوئید Flavonoid	فنل Phenol	پراکسیداز Peroxidase	پلی‌فنل اکسیداز Polyfenoloxidaz
محلول‌پاشی Spraying	15	1.90**	0.09**	3.51**	0.43**	5419**	1.14**	46.9**	110.8**
خطا Error	30	0.07	0.003	0.42	0.002	41.1	0.015	1.75	2.41
ضریب تغییرات (٪)	-	12.9	15.4	23.2	6.3	3.7	4.9	10.5	8.25

** معنی‌داری در سطح یک درصد

** is significant at 1% levels

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- تأثیر الیسیتورهای زیستی بر صفات فیزیولوژیکی رازیانه.

Table 5. Effect of biotic elicitors on physiological traits of fennel.

تیمارها Treatment	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کاروتنوئید Carotenoid	آنتوسیانین Anthocyanin	فلاونوئید Flavonoid	فنل Phenol	پراکسیداز Peroxidase	پلی‌فنل‌اکسیداز Polyfenoloxidaz
	(میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) (mg.g fw^{-1})				(میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) (mg.g dw^{-1})		(میکرومول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین) (µmol. min^{-1}.mg $protein^{-1}$)	
A_0	1.22 ^{gh}	0.24 ^{fgh}	1.60 ^{cd}	1.56 ^{h}	89.5 ^{e}	0.39 ^{h}	5.71 ^{f}	12.55 ^{fg}
A_1	1.6 ^{fg}	0.21 ^{fgh}	0.60 ^{d}	2.18 ^{def}	134.9 ^{d}	0.47 ^{gh}	9.16 ^{def}	12.39 ^{fg}
A_2	2.03 $^{c-g}$	0.15 ^{gh}	1.80 ^{bcd}	2.12 ^{efg}	135.8 ^{d}	0.54 ^{gh}	8.74 ^{ef}	16.19 $^{d-g}$
A_3	1.24 ^{gh}	0.08 ^{h}	1.59 ^{cd}	2.15 ^{def}	134.9 ^{d}	0.55 ^{gh}	10 ^{cdef}	11.20 ^{g}
A_4	0.56 ^{h}	0.33 $^{d-g}$	2.44 $^{a-d}$	2.46 ^{cde}	135.9 ^{d}	0.56 ^{fgh}	8.57 ^{ef}	16.59 $^{c-g}$
A_5	1.94 ^{fg}	0.36 $^{c-g}$	2.47 $^{a-d}$	1.69 ^{gh}	136.9 ^{d}	0.62 ^{fg}	12.14 $^{b-e}$	15.79 $^{d-g}$
A_6	1.99 $^{d-g}$	0.35 $^{c-g}$	2.67 $^{a-d}$	1.85 ^{fgh}	134.5 ^{d}	0.65 ^{fg}	13.92 ^{bc}	15.38 ^{efg}
A_7	1.42 ^{gh}	0.29 $^{e-h}$	2.67 $^{a-d}$	2.24 ^{cdef}	181.6 ^{c}	0.61 ^{fg}	8.92 ^{def}	18.62 ^{cde}
A_8	2.16 $^{b-g}$	0.34 $^{d-g}$	2.79 $^{a-d}$	2.57 ^{cd}	185.9 ^{c}	0.75 ^{ef}	13.21 $^{b-e}$	17.40 $^{c-f}$
A_9	2.03 $^{c-g}$	0.47 $^{b-e}$	2.66 $^{a-d}$	2.56 ^{cd}	186.5 ^{c}	0.87 ^{de}	13.60 ^{bcd}	20.24 ^{cde}
A_{10}	2.72 $^{a-e}$	0.37 $^{c-f}$	3.57 ^{abc}	3.39 ^{ab}	194.5 ^{c}	0.95 ^{cd}	13.92 ^{bc}	21.05 ^{cd}
A_{11}	2.52 $^{a-f}$	0.52 ^{bcd}	3.28 ^{abc}	2.11 ^{efg}	203.1 ^{bc}	1.07 ^{bc}	12.66 $^{b-e}$	17.56 $^{c-f}$
A_{12}	2.97 $^{a-d}$	0.56 ^{abc}	3.57 ^{abc}	3.18 ^{b}	203.2 ^{bc}	1.10 ^{bc}	14.28 ^{bc}	21.86 ^{c}
A_{13}	3 ^{abc}	0.58 ^{ab}	4.37 ^{a}	3.15 ^{b}	223.8 ^{ab}	1.19 ^{b}	19.64 ^{a}	20.56 ^{cde}
A_{14}	3.09 ^{ab}	0.60 ^{ab}	4 ^{ab}	2.65 ^{c}	227.7 ^{a}	1.58 ^{a}	16.07 ^{ab}	35.22 ^{a}
A_{15}	3.44 ^{a}	0.73 ^{a}	4.59 ^{a}	3.73 ^{a}	231.6 ^{a}	1.65 ^{a}	20 ^{a}	28.34 ^{b}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشد.

Means with at least one similar letter in each column, are not significantly different ($P \leq 0.01$).

A_0= شاهد A_1= ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_2= ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_3= ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_4= صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_5= صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_6= صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_7= ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_8= ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_9= ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_{10}= ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_{11}= ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_{12}= ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_{13}= ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_{14}= ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان، A_{15}= ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان.

A_0= Control, A_1= salicylic acid= 0.5 mM, A_2= salicylic acid= 1 mM, A_3= salicylic acid= 1.5 mM, A_4= chitosan= 100 mg.l^{-1}, A_5= chitosan= 150 mg.l^{-1}, A_6 = chitosan= 200 mg.l^{-1}, A_7 = salicylic acid= 0.5 mM and chitosan= 100 mg.l^{-1}, A_8 = salicylic acid= 0.5 mM and chitosan= 150 mg.l^{-1}, A_9= salicylic acid= 0.5 mM and chitosan= 200 mg.l^{-1}, A_{10} = salicylic acid= 1 mM and chitosan= 100 mg.l^{-1}, A_{11} = salicylic acid= 1 mM and chitosan= 150 mg.l^{-1}, A_{12}= salicylic acid= 1 mM and chitosan= 200 mg.l^{-1}, A_{13}= salicylic acid= 1.5 mM and chitosan= 100 mg.l^{-1}, A_{14} = salicylic acid= 1.5 mM and chitosan= 150 mg.l^{-1}, A_{15} = salicylic acid= 1.5 mM and chitosan= 200 mg.l^{-1}.

www.SID.ir

Archive of SID

آنتوسیانین: نتایج حاصل از سنجش آنتوسیانین نشان داد محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر این صفت دارد (جدول ٤). با افزایش غلظت سالیسیلیک و کیتوزان، میزان تولید آنتوسیانین نسبت به شاهد افزایش یافت و تفاوت معنی‌داری بین محتوی آنتوسیانین در تیمار با غلظت‌های مختلف مشاهده شد (جدول ٥). در غلظت‌های ۱/٥ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کیتوزان تولید آنتوسیانین افزایش ٥۸/۱ درصد نسبت به شاهد نشان داد. در عین‌حال نیز افزایش جزئی میان تیمارهای مختلف در مقایسه با شاهد مشاهده شد. گزارش شده است پیش‌تیمار کیتوزان باعث افزایش آنتوسیانین شنبلیله به‌میزان ۱۲ درصد نسبت به تیمار شاهد شد (۳۷). آنتوسیانین از مسیر فنیل پروپانوئید تولید و می‌تواند در هنگام بروز تنش رادیکال‌های آزاد را جذب کند. کیتوزان از طریق تأثیر بر فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز[1] کلیدی مسیر تولید مشتقات فنیل پروپانوئیدی باعث افزایش آنتوسیانین در گیاه می‌شود (٤).

محتوی فنل و فلاونوئید: بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، محتوی فنل و فلاونوئید تحت‌تأثیر محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک و کیتوزان، بر محتوی فنل رازیانه افزوده شد. بیش‌ترین مقدار این صفت با میانگین ۲۳۱/٦ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک و کم‌ترین آن با میانگین ۸۹/٥ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک به‌ترتیب از تیمار ۱/٥ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان و شاهد به‌دست آمد که افزایش ٦۱/۳ درصدی نسبت به شاهد نشان داد. همچنین بین تیمار ۱/٥ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان و ۱/٥ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱٥۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نبود (جدول ٥). دلیل بالاتر بودن محتوی فلاونوئید رازیانه در تیمارهای با غلظت بیش‌تر، به‌نظر می‌رسد به‌دلیل تأثیر بهتر الیسیتورها بر رشد گیاه باشد. در بررسی انجام شده روی گیاه آویشن بیان شد که بیش‌ترین میزان فلاونوئید از تیمار الیسیتور کیتوزان ۰/٤ درصد به‌میزان ۳۸/۷۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک حاصل شد (۱۰). قاسمی پیربلوطی و همکاران (۲۰۱۲) طی آزمایشی مشاهده کردند کاربرد اسید سالیسیلیک به‌طور قابل‌توجهی باعث افزایش محتوی فلاونوئید در همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) گردید (۱٥). محلول‌پاشی الیسیتورها سبب سنتز آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز و چالکون سینتاز[2] (CHS) شده و در نتیجه باعث افزایش ماده مؤثره فنولیک و فلاونوئید می‌شود (۲ و ٥۱).

تغییرات محتوی فنل پس از اعمال تیمار با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و کیتوزان در جدول ٥ مشاهده می‌شود. پس از محلول‌پاشی افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در میزان صفت مذکور از ۰/۳۹ در تیمار شاهد تا ۱/٦٥ در ۱/٥ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان ثبت شد که ٤/۲ برابر شاهد بود. همچنینی بین تیمارهای A_{15} و A_{14} از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. مطالعه غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و کیتوزان در تیمارهای A_{13}، A_{12}، A_{11}، A_{10} و A_9 به‌ترتیب ۱/۱۹، ۱/۱۰، ۱/۰۷، ۰/۹٥ و ۰/۸۷ مشاهده شد که به‌ترتیب ٦۷/۲، ٦٤/٥، ٦۳/٥، ٥۸/۹ و ٥٥/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ٥).

نتایج حاصل از مطالعه ملک‌پور و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد کیتوزان باعث افزایش معنی‌دار میزان ترکیبات فنلی در شرایط غیر تنش می‌شود (۳۱). همچنین گزارش شده است اسید سالیسیلیک به‌عنوان عامل محرک سیستم دفاعی در افزایش میزان ترکیبات

1- Phenyl alanine ammonia- lyase (PAL)

2- Chalcone synthase

www.SID.ir

Archive of SID

فنلی گیاه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) (۷) و مریم‌گلی (*Salvia miltiorrhiza*) شده است (۸).

فعالیت آنزیم پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز: پراکسیدازها از مهم‌ترین آنزیم‌هایی هستند که در بسیاری فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه مانند متابولیسم اکسین، تشکیل چوب، اتصالات عرضی در دیواره‌های سلول و پاسخ به انواع تنش‌های محیطی حضور دارند (٤٧). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد آنزیم پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز تحت‌تأثیر کاربرد الیسیتورها معنی‌دار بود (جدول ٤). مقادیر مختلف تیمارهای آزمایشی باعث افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم پراکسیداز شد. فعالیت آین آنزیم پس از اعمال غلظت‌های ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کیتوزان به بالاترین میزان رسید (جدول ۵) که مشابه نتایج جهانشاهی امجزی (۲۰۱۵) در مطالعه روی گیاه کنجد (*Sesamum indicum*) تیمار شده با کیتوزان و اسید سالیسیلیک بود (١٤). همچنین حسنلو و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که کیتوزان باعث افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاه خارمریم (*Silybum marianum*) می‌شود (۲۰).

نتایج بررسی فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز نشان داد کاربرد غلظت‌های بالای اسید سالیسیلیک و کیتوزان نتایج مطلوبی در افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در پی‌داشت. نتایج جدول ۵ نشان داد فعالیت پلی‌فنل‌اکسیداز با این ترکیب نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت در حالی‌که میزان فعالیت این آنزیم در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان بیش‌ترین میزان را داشت و در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌طور جزئی کاهش یافت (جدول ۵). کیتوزان به‌عنوان الیسیتور زیستی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، کاهش اثرات سوء ناشی از لیپید پراکسیداسیون غشا، پراکسید هیدروژن می‌شود (۳۹). مطالعات متعدد نشان داده است که کیتوزان دارای پتانسیل از بین بردن رادیکال‌های آزاد است (۲۸). همچنین در مطالعه‌ای بادرنجبویه تیمار شده با غلظت‌های مختلف کیتوزان سبب افزایش معنی‌داری در فعالیت آنزیم پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز شد (٢٦). طبق پژوهش‌های انجام‌شده تیمار کیتوزان باعث افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در ریحان (*Ocimum basilicum* L.) شده است (٤٠).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش کاربرد برگی اسید سالیسیلیک و کیتوزان موجب افزایش صفات مورد بررسی رازیانه گردید. به احتمال زیاد دلیل این موضوع سازوکار عمل و تأثیر تحریک‌کنندگی آن روی رشد و نمو گیاه به‌دلیل افزایش جذب عناصر ضروری و آب، همچنین کاهش تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی است. با توجه به این‌که بیش‌ترین عملکرد دانه و اسانس از محلول‌پاشی در غلظت‌های ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کیتوزان به‌دست آمد. بنابراین با توجه به نقش الیسیتورهای زیستی در حفظ نظام کشاورزی پایدار و این‌که استفاده از آن بدون هیچ‌گونه مخاطرات و صدمات زیست‌محیطی است، مناسب‌ترین تیمار جهت حصول عملکرد بالاتر در کاشت رازیانه معرفی می‌گردد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه زابل که هزینه مالی این طرح پژوهشی را بر عهده داشت سپاسگزاری می‌نمائیم.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1. Amiri, A., Yadolahi, P., Siroosmehr, A. and Esmaeilzadeh, S. 2015. Effect of drought stress and chitosan and salicylic spray on morphological parameters of *Carthamus tinctorius* L. in Sistan. J. Oil Plant Prod. 2: 1. 43-56. (In Persian)
2. Asghari, G.R., Ghasemi, R., Yosefi, M. and Mehdinezhad, N. 2015. Effect of hormones, salicylic acid, chitosan on phenolic compounds in *Artemisia aucheri* in vitro. J. Plant Proc. Func. 3: 10. 93-100. (In Persian)
3. Belkhadi, A., Hediji, H., Abbes, Z., Nouairi, I., Barhoumi, Z., Zarrouk, M., Chaibi, W. and Djebali, W. 2010. Effects of exogenous salicylic acid pretreatment on cadmium toxicity and leaf lipid content in *Linum usitatissimum* L. Eco. Environ. Safety. 73: 5. 1004-1011.
4. Chakraborty, M., Karun, A. and Mitra, A. 2009. Accumulation of phenylpropanoid derivatives in chitosan-induced cell suspension culture of *Cocos nucifera*. J. Plant Physiol. 166: 63-71.
5. Cheng, X., Zhou, U. and Cui, X. 2006. Improvement of phenylethanoid glycosides biosynthesis in Cistanche deserticola cell suspension cultures by chitosan elicitor. Biol. J. 121: 253-260.
6. Dar, T.A., Uddin, M., Khan, M.M.A., Ali, A., Mir, S.R. and Varshney, L. 2015. Effect of Co-60 gamma irradiated chitosan and phosphorus fertilizer on growth, yield and trigonelline content of *Trigonella foenum-graecum* L. J. Radiation Res. Appl. Sci. 8: 3. 446-458.
7. Dashtipour, S., Sahebani, N. and Aminian, H. 2017. Induction of resistance and changes of phenol and peroxidase in tomato plants treated with Bacillus subtilis and salicylic acid against fusarium wilt and root-knot diseases. Plant Dis. Res. 5: 1. 47-58. (In Persian)
8. Dong, J., Wan, G. and Liang, Z. 2010. Accumulation of salicylic acid-induced phenolic compounds and raised activities of secondary metabolic and antioxidative enzyme in *Salvia miltiorrhiza* cell culture. Biotechnol. 148: 2-3. 99-104.
9. El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Reg. 45: 3. 215-225.
10. Emami Bistgani, Z., Siadat, S.A., Bakhshandeh, A. and Ghasemi Pirbaloti, A. 2015. Effects of chemical and organic fertilizers and chitosan on physiological traits and phenolic compound amounts in thyme (*Thymus deanensis* Celak) in Shahrekord region. J. Crop Prod. Res. 7: 1. 11-26. (In Persian)
11. Eskandari Zanjani, K., Shirani Rad, A., Moradi Agdam, A. and Taherkhani, T. 2013. Effect of salicylic acid application under salinity conditions on physiologic and morphologic characteristics of Artemisia (*Artemisia annua* L.). J. Crop Ecophysiol. 6: 6. 4. 415-428. (In Persian)
12. Esmaeilzadeh-Bahabadi, S. and Sharifi, M. 2013. Increasing the production of plant secondary metabolites using biotic elicitors. J. Cell. Tissue. 4: 2. 119-128. (In Persian)
13. Farooq, M., Wahid, A., Lee, D.J, Cheema S.A. and Aziz, T. 2010. Comparative time course action of the foliar applied glycinebetaine, salicylic acid, nitrous oxide, brassinosteroids and spermine in improving drought resistance of rice. J. Agric. Crop Sci. 196: 336-345.
14. Gahanshahi Amjazi, S. 2015. Effects of salicylic acid and chitosan on gene proxidase in sesame under drought stress. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran. (In Persian)
15. Ghasemi Pirbalouti, A., Mosavi Haris, S., Tirgir, F. and Hamedi, B. 2012. Effect of jasmonic acid and salicylic acid on polyphenol and flavenoids in extract of *Calendula officinalis* L. flower. J. Herb Drugs. (In Persian)
16. Ghasemi, M., Modarresi, M., Babaeian Jelodar, N., Bagheri, N. and Jamali, A. 2016. The evaluation of exogenous application of salicylic acid on physiological characteristics, proline and essential oil content of Chamomile (*Matricaria chamomile* L.) under normal and heat stress conditions. Agric. 6: 31. 1-15.

www.SID.ir

Archive of SID

17.Guan, Y.J., Hu, J., Wang, X.J. and Shao, C.X. 2009. Seed priming with chitosan improves maize stress germination and seedling growth in relation to physiology changes under low temperature. J. Zhejiang Univ. Sci. 10: 427-433.
18.Guo, Z.Y., Xing, R.E., Liu, S., Yu, H.H., Wang, P.B., Li, C.P. and Li. P.C. 2005. The synthesis and antioxidant activity of the Schiff bases of chitosan and carboxymethyl chitosan. Bioorganic. Medic. Chem. Letter. 15: 4. 600-4603.
19.Harish Prashanth, K.V.S.M., Dharmesh, K.S., Jagannatha, R. and Tharanathan, R.N. 2007. Free radical-induced chitosan depolymerized products protect calf thymus DNA from oxidative damage. Carbohydrat. 342: 190-195.
20.Hasanloo, T., Eskandari, S. and Najafi, F. 2015. The role of chitosan (low molecular weight) on elevation of flavonolignans production in *Silybum marianum* hairy root culture. J. Cell. Tissue. 6: 3. 257-267. (In Persian)
21.Hassanzadeh, K., Hemmati, Kh. and Alizadeh, M. 2016. Effect of organic fertilizers and salicylicacid on the yield and some secondary metabolites of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). J. Plant Prod. Res. 23: 1. 107-130. (In Persian)
22.Heng, Y., Xavier, C., Lars, F., Christensen, P. and Kai, G. 2012. Chitosan oligosaccharides promote the content of polyphenols in Greek oregano (*Origanum vulgare* ssp. hirtum). J. Agric. Food Chem. 60: 136-143.
23.Jami, N., Mousavi Nik, S.M. and Naghizadeh, M. 2015. The effect of drought stress and foliar application with salicylic acid on qualitative and quantitative yield of Black cumin under Kerman climatic conditions. Agric. Crop Manage. 17: 3. 827-840. (In Persian)
24.Javanmardi, J., Khalighi, A., Kashi, A., Bais, H.P. and Vivanco, J.M. 2002 Chemical characterization of basil (*Ocimum basilicum* L.) found in local accessions and used in traditional medicines in Iran. J. Agric. Food Chem. 50: 5878-5883. (In Persian)
25.Kar, M. and Mishra, D. 1976. Catalase, peroxidase and polyphenol oxidase activities during rice leaf senescence. Plant Physiol. 57: 315-319.
26.Khaje, H. and Naderi, S. 2014. The effect of chitosan on some antioxidant enzymes activities and biochemistry characterization in Melissa (*Melissa officinalis*). Crop Sci. Res. Arid Region. 1: 1. 100-117. (In Persian)
27.Kiani, Z., Esmaeilpour, B., Hadian, J., Soltani Toolarood, A.A. and Fatholomi, S. 2015. Effect of organic fertilizers on growth properties nuterien absorption and essential oil yield of medicinal plant of (*Mentha spicata* L.). J. Plant Prod. Res. 21: 4. 63-80. (In Persian)
28.Kim, K.W. and Thomas, R.L. 2007. Antioxidative activity of chitosans with varying molecular weights. J. Food Chem. 101: 308-313.
29.Mahdavi, B., Modarres Sanavy, S.A.M., Aghaalikhani, M. and Sharifi, M. 2013. Effect of chitosan on safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed germination and antioxidant enzymes activity under water stress. J. Plant Res. 26: 3. 352-365. (In Persian)
30.Majnoon Hosseini, N. and Davazdah-Emami, S. 2007. Crops and the production of medicinal plants and spices. Tehran University Publications. 116p. (In Persian)
31.Malekpoor, F., Salimi, A. and Ghasemi Pirbalouti, A. 2017. Effect of bio-elicitor chitosan on physiological and morphological properties in purpule basil (*Ocimum basilicum* L.) under water deficit. J. Plant Ecophysiol. 8: 27. 56-71. (In Persian)
32.Mathur, N. and Vyas, A. 2007. Physiological effect of some bioregulators on vegetative growth, yield and chemical constituents of pearl millet (*Pennisetum typhoides* (Burm) Stapf. and Hubb). Int J. Agric. Res. 2: 3. 238-245.
33.Meda, A., Lamien, C.E., Romito, M., Millogo, J. and Nacoulma O.G. 2005. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in burkina fasan honey, as well as their radical scavenging activity. Food Chem. 91: 571-577.

www.SID.ir

Archive of SID

34. Miremad, M., Raghibi, F., Rasouli, S.M., Khanjazadeh, R. and Mohamad Jozani, S. 2013. Fennel (Industrial-Medicinal Plant). Pooneh Press. 80p. (In Percian)
35. Mita, S., Murano, N., Akaike, M. and Nakamura, K. 1997. Mutants of arabidopsis thaliana with pleiotropic effects on the expression of the gene for beta-amylase and on the accumulation of anthocyanin those are inducible by sgars. Plant J. 11: 841-851.
36. Mohtashami, F., Pouryousef, M., Andalibi, B. and Shekari, F. 2015. Effects of seed priming and foliar application of salicylic acid on yield and essence of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under drought stress condition. Iran J. Med. Arom. Plant. 31: 5. 841-852. (In Persian)
37. Mosapour Yahyaabadi, H., Asgharipour, M. and Basiri, M. 2016. Role of chitosan in improving salinity resistance through some morphological and physiological characteristics in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). J. Sci. Tech. Greenhouse Culture. 7: 1. 165-175. (In Persian)
38. Mueller, M.J., Brodschelm, W., Spannagl, E. and Zenk, M.H. 1993. Signaling in the elicitation process is mediated through the octadecanoid pathway leading to jasmonic acid. Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America. 90: 7490-4.
39. Naderi, N., Fakheri, B. and Esmaeilzadeh Bahabadi, S. 2014. The effect of chitosan on malondialdehyde, hydrogen peroxide, antioxidative enzymes activity in basil (*Ocimum basilicum*) root. 1st International and 13st Iranian Crop Sience cogress. Karaj, Iran.
40. Naderi, S., Esmaeilzadeh Bahabadi, S. and Fakheri, B. 2015. The effect of chitosan on some physiological and biochemictry characterization in basil (*Ocimum basilicum*). J. Plant Proc. Func. 4: 12. 29-41. (In Persian)
41. Nicoli, M.C. and *et al*. 1991. Effect of sugar and maillard reaction products on polyphenol oxidase and peroxidase activity in food. J. Food Biochem. 15: 169-184.
42. Omidbaigi, R. 2007. Production and processing of medicinal plants. Astane Ghods Razavi Press, 325p. (In Persian)
43. Plewa, M.J., Smith, S.R. and Wanger, E.D. 1991 Diethyl dithiocarbamate suppresses the plant activation of aromatic amines into mutagens by inhibiting tobacco cell peroxidase. Mutant Res. 247: 57-64.
44. Popova, L., Ananieva, V., Hristova, V., Christov, K., Georgieva, K., Alexieva, V. and Stoinova, Zh. 2003. Salicylic acid and methyl jasmonate- induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. Bulg. J. Plant Physiol. Special Issue. Pp: 133-152.
45. Pourmorad, F., Hosseinimehr, S. and Shahabimajd, N. 2006. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some elected iranian medicinal plants. Afric. J. Biotech. 5: 1142-1145.
46. Pu, G.B., Dong-Ming, M., Chen, J.L., Ma, L.Q. and *et al*. 2009. Salicylic acid activates artemisinin biosynthesis in *Artemisia annua* L. Plant Cell Rep. 28: 7. 1127-1135.
47. Rahmani, A., Seighali, N. and Ebrahimzadeh, H. 2013. A study on peroxidase activity alterations in corms of saffron (*Crucus sativus* L.) exposed to different H_2O_2 concentrations and pH measurement during dormancy and waking. New Cell. Molecular Biotech. J. 3: 10. 79-84. (In Persian)
48. Rezaei Chiyaneh, E. and Pirzad, A. 2014. Effect of salicylic acid on yield, component yield and essential oil of Black cumin (*Nigella sativa* L.) under water deficit stress. Iran J. Field Crop Res. 12: 3. 427-437. (In Persian)
49. Safaei, Z., Azizi, M., Maryam, Y., Aroiee, H. and Davarynejad, G. 2014. Effect of different irrigation intervals and anti-transpirants compounds on yield and yield components of Black cumin (*Nigella sativa*). Int J. Adv. Biol. Biomed. Res. 4: 2. 326-335.
50. Salarpour, F. and Farahbakhsh, H. 2016. Effects of salicylic acid on some physiological traits yield and yield components of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under drought stress. Iran J. Med. Arom. Plant. 32: 2. 216-230. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

51.Shabani, L. and Ehsanpour, A.A. 2010. Indution of antioxidant enzymes, phenolic and flavonoid compounds in invitro culture of licorice (*Glycyrrhiza glabara* L.) using methyl jasmonate and salicylic acid. Iran J. Biol. 22: 4. 691-703. (In Persian)

52.Shekari, F., Pakmehr, A., Rastgoo, M., Saba, J., Vazayefi, M. and Zangani, E. 2010. Salicylic acid priming effects on some morphological traits of cowpea cultivar (*Vigna unguiculata* L.) under water deficit at podding stage. Modern Tech. Agric. 4: 1. 5-26. (In Persian)

53.Smirnoff, N. 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. New Phytol. 125: 27-58.

54.Valadi, S., Soleimani, M., Khoda Karamian, G. and Ghiasvand, T. 2013. Effect of salicylic acid and chitosan on induction of resistance in Chickepa against fusarial wilt and root. Iran J. Plant Pathol. 49: 2. 181-199. (In Persian)

55.Yadollahi Dehchecsme, P., Bagheri, A., Amiri, A. and Esmailzade Bahabadi, S. 2014. Effect of drought tension and chitosan foliar application on yield and photosynthetic pigments of sunflower (*Heliantus unnuus* L.). Crop Physiol. J. 6: 21. 73-83. (In Persian)

56.Zargari, A. 1997. Medicinal plants. Tehran university publication, Tehran, Pp: 223-230.

57.Zhao, J., Davis, L.C. and Verpoorte, R. 2005. Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. Biotechnol. Adv. 23: 4. 283-333.

www.SID.ir

www.SID.ir