



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گزن

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 الیستورهای 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 الیستورها سبب افزایش عملکرد و تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی می‌شود. با توجه به افزایش روزافزون تقاضا و اهمیت اقتصادی انواع متابولیت‌های گیاهی، به‌کارگیری الیستورهای 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 الیستورهای 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<sub>15</sub>) و کم‌ترین مقدار آن از شاهد (A<sub>0</sub>) 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<sub>14</sub>) وزن هزاردانه را ۴۱/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. بیش‌ترین عملکرد دانه از تیمار A<sub>15</sub> 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<sub>14</sub> مشاهده شد. عدم کاربرد الیستورها 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 پلی‌فنل‌اکسیداز را به‌ترتیب ۷۶/۳، ۷۱/۴ و ۵۵/۷ درصد

\* مسئول مکاتبه: [m.forozandeh@uoz.ac.ir](mailto:m.forozandeh@uoz.ac.ir)

نسبت به شاهد افزایش داد. نتایج نشان داد محلول‌پاشی کیتوزان و اسید سالیسیلیک از طریق افزایش رنگیزه‌های فتوستتزی 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، به نظر 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 به صورت 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 (۴۰). طبق گزارش‌ها بوته‌های ۴۰-۳۰ ساله آن نیز در شهرستان خوربیبانک دیده شده است (۳۰). اندام‌های مختلف این گیاه مصارف زیادی دارد، میوه آن مقوی معده، افزایش‌دهنده شیر، بادشکن، اشتهاآور، قاعده‌آور و آرام‌کننده است (۵۶). اسانس آن در صنایع داروسازی و آرایشی، پیکره رویشی به‌عنوان بادشکن در بیماری‌های گوارشی، بذر در مصارف سنتی به‌عنوان طمع‌دهنده بر روی نان و شیرینی مورد استقبال قرار گرفته است (۳۴).

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 ۵۷). کیتوزان به‌عنوان یکی از الیسیتورهای زیستی بالقوه در تحریک تولید متابولیت‌های ثانوی در کشت بافت گیاهان دارویی کاربرد دارد (۴۶). طبق نظر پژوهشگران این ماده خطر زیست‌محیطی ندارد زیرا اثر سمیت روی پستانداران و محیط‌زیست نداشته و همچنین فراوانی بالایی در

طبیعت دارد (۵۴). اسید سالیسیلیک با نام تجاری ۲- هیدروکسی بنزوئیک اسید<sup>۱</sup> 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 (۵۳). ترکیبات فنلی گیاه نقش مهمی در جذب و خشتی کردن رادیکال‌های آزاد دارد (۲۴). مطالعات اخیر نشان داده‌اند کاربرد الیسیتورها سبب افزایش عملکرد و تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی می‌شود (۲۱).

بررسی اثر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و کیتوزان (به‌عنوان الیستور)، 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.

در بررسی امامی‌بیستگانی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش گردید، الیستور 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،

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش.

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

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

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 ۶۶۳، ۶۴۶، و ۴۷۰ نانومتر خوانده و مقدار کلروفیل a، b و کاروتنوئید به ترتیب بر اساس رابطه‌های ۲ تا ۴ محاسبه گردید (۵۰).

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

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

$$\text{Car} = (1000 \text{ A } 470 - 1.8 \text{ chla} - 85.02 \text{ chlb}) / 198 \quad (۴)$$

آنتوسیانین: ۰/۱ گرم وزن تر گیاه را در ۱۰ میلی‌لیتر متانول در هاون به‌خوبی ساییده شد. محلول رویی و عصاره حاصل از سانتریفیوژ به مدت ۱ شب در تاریکی قرار گرفت. سپس جذب آن در طول موج ۵۵۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر و ضریب خاموشی ( $\epsilon = 300 \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ) 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 به مدت ۴۸ 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 ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (۴۵).

در بهمن‌ماه ۱۳۹۴ 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 ۶ و عرض ۲ متر شامل ۴ تیمار که هر تیمار ۴ ردیف کاشت به فاصله ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۴۰ 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<sup>۱</sup> و توسط دستگاه کلونجر انجام گرفت. عملکرد اسانس از رابطه ۱ تعیین گردید (۲۷).

$$(۱) \quad (\text{درصد اسانس} \times \text{عملکرد کل}) = (\text{کیلوگرم در هکتار}) \text{ عملکرد اسانس}$$

#### 1- Water distillation

بر اساس تولید پوروگالین از پیروگالول محاسبه و طبق ضریب خاموشی ( $\epsilon=2/47 \text{ mMol}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ) و فرمول  $A=\epsilon bc$  انجام پذیرفت (۲۵ و ۴۱).

فعالیت آنزیم بر اساس میکرومول بر دقیقه بر میلی گرم پروتئین به شرح یک واحد فعالیت آنزیمی برابر با میزان تغییر PPO به مقدار  $0/001$  در دقیقه در یک میلی لیتر از عصاره آنزیم ذکر می گردد.

**تجزیه و تحلیل آماری:** داده های مربوط به آزمایش های مختلف این پژوهش با استفاده از نرم افزارهای آماری SAS نسخه ۹/۱ تجزیه و مقایسه میانگین تیمارها با آزمون چنددامنه ای دانکن صورت گرفت.

### نتایج و بحث

**ارتفاع بوته:** براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) محلول پاشی تأثیر بسیار معنی داری بر ارتفاع بوته داشت. بیشترین ارتفاع بوته با میانگین  $23/6$  سانتی متر در تیمار  $1/5$  میلی مولار اسید سالیسیلیک و  $200$  میلی گرم در لیتر کیتوزان به دست آمد و کمترین آن با  $45/7$  درصد کاهش مربوط به شاهد بود (جدول ۳). کیتوزان با تنظیم فشار اسمزی، سبب افزایش میزان جذب مواد غذایی و آب به وسیله گیاه شده و رشد گیاه را افزایش می دهد. در همین راستا گزارش گردید کاربرد کیتوزان طول ساقه و ریشه شبلیله (۳۷)، کاربرد اسید سالیسیلیک ارتفاع سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) (۴۸) و کاربرد هم زمان کیتوزان و اسید سالیسیلیک ارتفاع گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) (۱) را افزایش داده است.

**اندازه گیری ترکیبات فنل و فلاونوئید:** برای اندازه گیری محتوای فنل به  $100$  میکرولیتر از عصاره گیاه،  $2$  میلی لیتر کربنات سدیم (۲ درصد)،  $2/8$  میلی لیتر آب مقطر و  $100$  میکرولیتر معرف فولین سیوکالتیو (۵۰ درصد) اضافه شد. بعد از نیم ساعت جذب در طول موج  $720$  نانومتر نسبت به بلانک ثبت گردید. از اسید گالیک برای رسم منحنی استاندارد استفاده شد (۳۳).

برای سنجش میزان فلاونوئید به  $500$  میکرولیتر از هر عصاره  $1/5$  میلی لیتر متانول (۸۰ درصد)،  $100$  میکرولیتر محلول آلومینیوم کلراید (۱۰ درصد)،  $100$  میکرولیتر محلول استات پتاسیم  $1$  مولار و  $2/8$  میلی لیتر آب مقطر اضافه شد. بعد از گذشت  $40$  دقیقه جذب در طول موج  $415$  نانومتر نسبت به بلانک اندازه گیری گردید. برای رسم منحنی استاندارد از کوئرستین استفاده شد (۵).

**فعالیت آنزیم پراکسیداز (POD):** میزان جذب تراگایاکول در  $470$  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  $470$  نانومتر، ضریب خاموشی تراگایاکول ( $\epsilon=25/5 \text{ mMol}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ) و فرمول  $A=\epsilon bc$ ، مقدار تراگایاکول تشکیل شده محاسبه شد (۴۳).

**فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز (POD):** ابتدا بافر فسفات سدیم به همراه عصاره گیاه در بن ماری به مدت  $5$  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  $420$  نانومتر قرائت شد. تعیین فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات ریخت‌شناسی و عملکردی رازیانه تحت تأثیر الیستورهای 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 بیولوژیکی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil Yield
محلول پاشی 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

\*\* معنی داری در سطح یک درصد

\*\* is significant at 1% levels

در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل جوانه‌زنی، بسته شدن روزنه، مهار بیوستنز 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 (۴۴). افزایش تعداد چتر و چترک در بوته با کاربرد اسید سالیسیلیک توسط محتشمی و همکاران (۲۰۱۵) در رازیانه گزارش شده است (۳۶).

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<sub>15</sub>) 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

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

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

عملکرد اساسی Essential oil Yield (کیلوگرم در هکتار) (Kg.ha <sup>-1</sup> )	درصد اساسی Essential oil percentage	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد زیستی Biological yield (کیلوگرم در هکتار) (Kg.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد دانه Seed yield (کیلوگرم در هکتار) (Kg.ha <sup>-1</sup> )	وزن هزارانه Thousand-seed weight (گرم) (gr)	تعداد چتر در بوته Number of umbellate per plant	تعداد چتر در بوته Number of umbella per plant	ارتفاع بوته Plant height (سانتی‌متر) (cm)	تیمارها Treatments
6.08 <sup>f</sup>	1.13 <sup>e</sup>	47.9 <sup>b</sup>	1120.2 <sup>e</sup>	537.1 <sup>d</sup>	3 <sup>c</sup>	40.6 <sup>f</sup>	6.3 <sup>e</sup>	12.8 <sup>f</sup>	A <sub>0</sub>
14.95 <sup>cde</sup>	2.26 <sup>acd</sup>	55.1 <sup>ab</sup>	1199.7 <sup>cde</sup>	661.2 <sup>cd</sup>	3.3 <sup>bc</sup>	55.6 <sup>de</sup>	10 <sup>cde</sup>	17.5 <sup>de</sup>	A <sub>1</sub>
14.42 <sup>c</sup>	2.16 <sup>abd</sup>	57.2 <sup>ab</sup>	1164.6 <sup>cde</sup>	667.2 <sup>cd</sup>	3 <sup>c</sup>	44 <sup>f</sup>	7 <sup>de</sup>	17.6 <sup>de</sup>	A <sub>2</sub>
15.23 <sup>cde</sup>	2.46 <sup>abc</sup>	52.4 <sup>ab</sup>	1162.5 <sup>de</sup>	609.9 <sup>cd</sup>	2.7 <sup>c</sup>	56.6 <sup>de</sup>	11 <sup>cde</sup>	17.3 <sup>e</sup>	A <sub>3</sub>
15.51 <sup>cde</sup>	2.46 <sup>abc</sup>	51.5 <sup>ab</sup>	1201.5 <sup>cde</sup>	618.9 <sup>cd</sup>	3.4 <sup>bc</sup>	43.6 <sup>f</sup>	7 <sup>de</sup>	17 <sup>e</sup>	A <sub>4</sub>
9.34 <sup>ef</sup>	1.43 <sup>de</sup>	56.7 <sup>ab</sup>	1160 <sup>de</sup>	658.2 <sup>cd</sup>	3.7 <sup>abc</sup>	55.6 <sup>de</sup>	6.6 <sup>de</sup>	18.3 <sup>cde</sup>	A <sub>5</sub>
11.60 <sup>def</sup>	1.63 <sup>bce</sup>	58.2 <sup>ab</sup>	1197.1 <sup>cde</sup>	697.4 <sup>cd</sup>	3.7 <sup>abc</sup>	57.3 <sup>de</sup>	10 <sup>cde</sup>	19 <sup>cde</sup>	A <sub>6</sub>
12.52 <sup>c</sup>	1.73 <sup>bce</sup>	60.1 <sup>ab</sup>	1230.3 <sup>cd</sup>	739.7 <sup>bcd</sup>	3.7 <sup>abc</sup>	44 <sup>f</sup>	9 <sup>cde</sup>	18.3 <sup>cde</sup>	A <sub>7</sub>
11.26 <sup>def</sup>	1.60 <sup>cde</sup>	62.4 <sup>ab</sup>	1162 <sup>de</sup>	724.6 <sup>bcd</sup>	4.2 <sup>abc</sup>	59.3 <sup>de</sup>	12 <sup>b-e</sup>	19.5 <sup>cde</sup>	A <sub>8</sub>
17.67 <sup>cde</sup>	2.43 <sup>abc</sup>	57.8 <sup>ab</sup>	1243.5 <sup>cd</sup>	718.6 <sup>cd</sup>	4.1 <sup>abc</sup>	61.3 <sup>d</sup>	12 <sup>b-e</sup>	19.5 <sup>cde</sup>	A <sub>9</sub>
16.47 <sup>cde</sup>	2.3 <sup>acd</sup>	58.1 <sup>ab</sup>	1241.2 <sup>cd</sup>	721.6 <sup>cd</sup>	3.6 <sup>abc</sup>	74.6 <sup>bc</sup>	13.6 <sup>bc</sup>	21.1 <sup>abc</sup>	A <sub>10</sub>
20.97 <sup>abc</sup>	2.76 <sup>a</sup>	60.9 <sup>ab</sup>	1255.9 <sup>c</sup>	763.8 <sup>bcd</sup>	4.2 <sup>abc</sup>	65.3 <sup>cd</sup>	14.6 <sup>bcd</sup>	19.8 <sup>cde</sup>	A <sub>11</sub>
19.76 <sup>bcd</sup>	2.56 <sup>ab</sup>	61.6 <sup>ab</sup>	1241 <sup>cd</sup>	766.9 <sup>bcd</sup>	4.5 <sup>abc</sup>	78.3 <sup>b</sup>	11 <sup>cde</sup>	19.5 <sup>cde</sup>	A <sub>12</sub>
20.82 <sup>abc</sup>	2.70 <sup>a</sup>	54.6 <sup>ab</sup>	1411 <sup>b</sup>	769.9 <sup>bc</sup>	4.4 <sup>abc</sup>	66.3 <sup>cd</sup>	19.6 <sup>ab</sup>	20.5 <sup>bcd</sup>	A <sub>13</sub>
27.21 <sup>ab</sup>	2.83 <sup>a</sup>	66.9 <sup>a</sup>	1426.3 <sup>b</sup>	954.4 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>a</sup>	78.6 <sup>b</sup>	16 <sup>bc</sup>	23.3 <sup>ab</sup>	A <sub>14</sub>
28.95 <sup>a</sup>	2.86 <sup>a</sup>	66.1 <sup>ab</sup>	1551 <sup>a</sup>	1025.1 <sup>a</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	113.6 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	23.6 <sup>a</sup>	A <sub>15</sub>

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

A<sub>0</sub>= شاهد، A<sub>1</sub>=A<sub>0</sub>، میلی مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی گرم در لیتر کیروزان، A<sub>2</sub>=A<sub>0</sub>، میلی مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی گرم در لیتر کیروزان، A<sub>3</sub>=A<sub>0</sub>، میلی مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی گرم در لیتر کیروزان، A<sub>4</sub>=A<sub>0</sub>، میلی مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی گرم در لیتر کیروزان، A<sub>5</sub>=A<sub>0</sub>، میلی مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی گرم در لیتر کیروزان، A<sub>6</sub>=A<sub>0</sub>، میلی مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی گرم در لیتر کیروزان، A<sub>7</sub>=A<sub>0</sub>، میلی مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی گرم در لیتر کیروزان، A<sub>8</sub>=A<sub>0</sub>، میلی مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی گرم در لیتر کیروزان، A<sub>9</sub>=A<sub>0</sub>، میلی مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی گرم در لیتر کیروزان، A<sub>10</sub>=A<sub>0</sub>، میلی مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی گرم در لیتر کیروزان، A<sub>11</sub>=A<sub>0</sub>، میلی مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی گرم در لیتر کیروزان، A<sub>12</sub>=A<sub>0</sub>، میلی مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی گرم در لیتر کیروزان، A<sub>13</sub>=A<sub>0</sub>، میلی مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی گرم در لیتر کیروزان، A<sub>14</sub>=A<sub>0</sub>، میلی مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی گرم در لیتر کیروزان، A<sub>15</sub>=A<sub>0</sub>، میلی مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی گرم در لیتر کیروزان.

A<sub>0</sub>= Control, A<sub>1</sub>= salicylic acid=0.5 mM, A<sub>2</sub>= salicylic acid=1 mM, A<sub>3</sub>= salicylic acid=1.5 mM, A<sub>4</sub>= chitosan=100 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>5</sub>= chitosan=150 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>6</sub>= chitosan=200 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>7</sub>= salicylic acid=0.5 mM and chitosan=100 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>8</sub>= salicylic acid=0.5 mM and chitosan=150 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>9</sub>= salicylic acid=0.5 mM and chitosan=200 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>10</sub>= salicylic acid=1 mM and chitosan=100 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>11</sub>= salicylic acid=1 mM and chitosan=150 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>12</sub>= salicylic acid=1 mM and chitosan=200 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>13</sub>= salicylic acid=1.5 mM and chitosan=100 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>14</sub>= salicylic acid=1.5 mM and chitosan=150 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>15</sub>= salicylic acid=1.5 mM and chitosan=200 mg.l<sup>-1</sup>.

دانه از محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰ میکرومولار به‌دست آمد (۳۶). همچنین موسی‌پور یحیی‌آبادی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند، کاربرد یک گرم در لیتر کیتوزان میزان عملکرد گیاه شنلیله 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<sub>15</sub>) و شاهد (A<sub>0</sub>) 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<sup>۱</sup> و فتوسنتز شده و در نتیجه باعث افزایش عملکرد زیستی می‌شود (۳۲). یداللهی ده‌چشمه و همکاران (۲۰۱۴) 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 ۴۴/۰۶ و ۱۷/۱۲ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید (۱).

**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<sub>14</sub>) وزن هزاردانه را ۴۱/۱ 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 گزارشی تفاوت معنی‌داری در وزن هزاردانه سیاه‌دانه با اعمال اسید سالیسیلیک وجود داشت، به‌طوری‌که محلول‌پاشی با ۱۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۶۳/۲ 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<sub>15</sub>) 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 (۴۳۰/۸ 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



به طوری که درصد اسانس افزایش ۶۰/۴۸ درصدی نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۳). با توجه به نتایج آزمایش، با وجود افزایش معنی دار درصد اسانس دانه تحت افزایش غلظت الیستورها در مقایسه با شاهد، به دلیل افزایش عملکرد دانه، عملکرد اسانس نیز به تبع آن به طور معنی داری افزایش یافت (جدول ۳).

استفاده از الیستورها از مهم ترین روش های افزایش میزان تولید متابولیت های ثانوی در گیاهان است (۵۷). نتایج پژوهش محتشمی و همکاران (۲۰۱۵) محلول پاشی اسید سالیسیلیک به طور معنی داری موجب افزایش اسانس رازیانه در مقایسه با شاهد شد به طوری که بالاترین درصد اسانس ۲/۸۶ درصد از محلول پاشی با اسید سالیسیلیک ۱۶۰۰ میکرومولار و کم ترین آن ۱/۹۶ درصد از شاهد به دست آمد (۳۶).

بر اساس نتایج به دست آمده می توان بیان نمود غلظت اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی مولار و کیتوزان ۲۰۰ میلی گرم 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 متابولیت های ثانویه و در نهایت باعث افزایش تولید اسانس در گیاه دارویی رازیانه گردیده است. این نتایج با یافته های حسن زاده و همکاران (۲۰۱۶) 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 تحت تأثیر مصرف الیستورها

**شاخص برداشت:** بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده ها با افزایش سطح کیتوزان و اسید سالیسیلیک، شاخص برداشت به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۳). کاربرد ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر کیتوزان با میانگین شاخص برداشت ۶۶/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد ۲۸/۴ درصد برتری داشت (جدول ۳). بنابراین تیمارهایی با غلظت بیش تری محلول پاشی شدند، کربوهیدرات بیش تری را از اندام های سبز منتقل و دارای شاخص برداشت بالایی هستند. به نظر می رسد در این تیمار، درصد ماده خشک ذخیره شده بیش تری به دانه ها انتقال و عملکرد دانه نیز در نتیجه آن افزایش یافته است. کاربرد الیستورها در شرایط عدم تنش باعث رشد مطلوب رویشی شد و پس از گرده افشانی تمامی اندام های تولید مثلی نیز بارور شدند و روند انتقال مواد به طور کامل انجام و سبب شاخص برداشت بالا شد (۴۷). در گزارشی کاربرد کیتوزان سبب افزایش ۶۴/۲ درصدی شاخص برداشت شبلیله در مقایسه با شاهد شد (۶).

**درصد و عملکرد اسانس:** نتایج بررسی گیاهان تیمار شده با کیتوزان و اسید سالیسیلیک نشان داد بیش ترین درصد و عملکرد اسانس رازیانه از کاربرد ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر کیتوزان (A<sub>15</sub>) به ترتیب با میانگین ۲/۸۶ درصد و ۲۸/۹ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد و پس از آن تیمار ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر کیتوزان (A<sub>14</sub>) در سطح بعدی قرار گرفت (جدول ۳). بر اساس نتایج به جزء تیمار شاهد (A<sub>0</sub>) که کم ترین مقدار بود، با افزایش غلظت الیستورها درصد و عملکرد اسانس روند افزایشی داشت

سالیسیلیک و کیتوزان می‌تواند از دلایل این نتایج باشد. امامی بیستگانی و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی کاربرد الیسیتور کیتوزان روی گیاه آویشن دناپی گزارش نمودند که میزان رنگیزه‌های کلروفیلی و کارتنوئید تحت‌تأثیر کیتوزان افزایش یافته است (۱۰)، در مطالعه خواجه و نادری (۲۰۱۴) نیز تیمار کیتوزان سبب افزایش کلروفیل و کارتنوئید گردیده است (۲۶). 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 ۴۴). کاربرد اسید سالیسیلیک در رازیانه موجب افزایش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی شد (۵۰).

قرار گرفت (جدول ۴). بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۳/۴۴ 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 کارتنوئید را به‌طور معنی‌داری افزایش داد به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان کارتنوئید از تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان (۴/۵۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و شاهد به‌میزان ۱/۶ میلی‌گرم در گرم به‌دست آمد که افزایش ۶۵/۱ درصدی نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۵). در مسیر بیوسنتزی تولید کلروفیل، افزایش بیان ژن‌ها و میزان کلروفیل، توسط الیسیتور اسید

جدول ۴- 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	پلی‌فنل‌اکسیداز Polyphenoloxidaz
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

جدول ۵- تأثیر بیستورهای زیستی بر صفات فیزیولوژیکی رازیانه.

Table 5. Effect of biotic elicitors on physiological traits of fennel.		کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	آنتوسیانین	فلاونوئید	فنل	پراکسیداز	پلی فنول اکسیداز	تیمارها
Treatment		Chlorophyll a	Chlorophyll b	Carotenoid	Anthocyanin	Flavonoid	Phenol	Peroxidase	Poly phenol oxidaz	
(میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)		(میلی گرم بر گرم وزن خشک برگ)	(میلی گرم بر گرم وزن خشک برگ)	(میلی گرم بر گرم وزن برگ)	(میلی گرم بر گرم وزن برگ)	(میلی گرم بر گرم وزن خشک برگ)	(میلی گرم بر گرم وزن خشک برگ)	(میکرومول بر دقیقه بر میلی گرم پروتئین)	(میلی گرم بر گرم وزن برگ)	
		(mg.g fw <sup>-1</sup> )	(mg.g fw <sup>-1</sup> )	(mg.g fw <sup>-1</sup> )	(mg.g dw <sup>-1</sup> )	(mg.g dw <sup>-1</sup> )	(mg.g dw <sup>-1</sup> )	(μmol. min <sup>-1</sup> .mg protein <sup>-1</sup> )	(μmol. min <sup>-1</sup> .mg protein <sup>-1</sup> )	
A <sub>0</sub>		1.22 <sup>gh</sup>	0.24 <sup>gh</sup>	1.60 <sup>cd</sup>	1.56 <sup>h</sup>	89.5 <sup>e</sup>	0.39 <sup>h</sup>	5.71 <sup>f</sup>	12.55 <sup>fg</sup>	
A <sub>1</sub>		1.6 <sup>fg</sup>	0.21 <sup>gh</sup>	0.60 <sup>d</sup>	2.18 <sup>def</sup>	134.9 <sup>d</sup>	0.47 <sup>gh</sup>	9.16 <sup>def</sup>	12.39 <sup>fg</sup>	
A <sub>2</sub>		2.03 <sup>eg</sup>	0.15 <sup>gh</sup>	1.80 <sup>bcd</sup>	2.12 <sup>efg</sup>	135.8 <sup>d</sup>	0.54 <sup>gh</sup>	8.74 <sup>ef</sup>	16.19 <sup>de</sup>	
A <sub>3</sub>		1.24 <sup>gh</sup>	0.08 <sup>h</sup>	1.59 <sup>cd</sup>	2.15 <sup>def</sup>	134.9 <sup>d</sup>	0.55 <sup>gh</sup>	10 <sup>def</sup>	11.20 <sup>g</sup>	
A <sub>4</sub>		0.56 <sup>h</sup>	0.33 <sup>def</sup>	2.46 <sup>abc</sup>	2.46 <sup>cde</sup>	135.9 <sup>d</sup>	0.56 <sup>gh</sup>	8.57 <sup>ef</sup>	16.59 <sup>de</sup>	
A <sub>5</sub>		1.94 <sup>fg</sup>	0.36 <sup>cde</sup>	2.47 <sup>abd</sup>	1.69 <sup>gh</sup>	136.9 <sup>d</sup>	0.62 <sup>fg</sup>	12.14 <sup>bc</sup>	15.79 <sup>de</sup>	
A <sub>6</sub>		1.99 <sup>def</sup>	0.35 <sup>cde</sup>	2.67 <sup>abd</sup>	1.85 <sup>fgh</sup>	134.5 <sup>d</sup>	0.65 <sup>fg</sup>	13.92 <sup>bc</sup>	15.38 <sup>efg</sup>	
A <sub>7</sub>		1.42 <sup>gh</sup>	0.29 <sup>eh</sup>	2.67 <sup>abd</sup>	2.24 <sup>def</sup>	181.6 <sup>c</sup>	0.61 <sup>fg</sup>	8.92 <sup>def</sup>	18.62 <sup>cde</sup>	
A <sub>8</sub>		2.16 <sup>bcg</sup>	0.34 <sup>def</sup>	2.79 <sup>abd</sup>	2.57 <sup>cd</sup>	185.9 <sup>c</sup>	0.75 <sup>ef</sup>	13.21 <sup>bc</sup>	17.40 <sup>ef</sup>	
A <sub>9</sub>		2.03 <sup>eg</sup>	0.47 <sup>bce</sup>	2.66 <sup>abd</sup>	2.56 <sup>cd</sup>	186.5 <sup>c</sup>	0.87 <sup>de</sup>	13.60 <sup>bcd</sup>	20.24 <sup>cde</sup>	
A <sub>10</sub>		2.72 <sup>ace</sup>	0.37 <sup>ef</sup>	3.57 <sup>abc</sup>	3.39 <sup>ab</sup>	194.5 <sup>e</sup>	0.95 <sup>cd</sup>	13.92 <sup>bc</sup>	21.05 <sup>cd</sup>	
A <sub>11</sub>		2.52 <sup>def</sup>	0.52 <sup>bcd</sup>	3.28 <sup>abc</sup>	2.11 <sup>efg</sup>	203.1 <sup>bc</sup>	1.07 <sup>bc</sup>	12.66 <sup>bce</sup>	17.56 <sup>ef</sup>	
A <sub>12</sub>		2.97 <sup>abd</sup>	0.56 <sup>abc</sup>	3.57 <sup>abc</sup>	3.18 <sup>b</sup>	203.2 <sup>bc</sup>	1.10 <sup>bc</sup>	14.28 <sup>bc</sup>	21.86 <sup>c</sup>	
A <sub>13</sub>		3 <sup>abc</sup>	0.58 <sup>ab</sup>	4.37 <sup>a</sup>	3.15 <sup>b</sup>	223.8 <sup>ab</sup>	1.19 <sup>b</sup>	19.64 <sup>a</sup>	20.56 <sup>cde</sup>	
A <sub>14</sub>		3.09 <sup>ab</sup>	0.60 <sup>ab</sup>	4 <sup>ab</sup>	2.65 <sup>e</sup>	227.7 <sup>a</sup>	1.58 <sup>a</sup>	16.07 <sup>ab</sup>	35.22 <sup>a</sup>	
A <sub>15</sub>		3.44 <sup>a</sup>	0.73 <sup>a</sup>	4.59 <sup>a</sup>	3.73 <sup>a</sup>	231.6 <sup>a</sup>	1.65 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	28.34 <sup>b</sup>	

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

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

A<sub>0</sub> = شاهد، A<sub>1</sub> = ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی گرم در لیتر کیتوزان، A<sub>2</sub> = ۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی گرم در لیتر کیتوزان، A<sub>3</sub> = ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک و صفر میلی گرم در لیتر کیتوزان، A<sub>4</sub> = صفر میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر کیتوزان، A<sub>5</sub> = ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر کیتوزان، A<sub>6</sub> = صفر میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر کیتوزان، A<sub>7</sub> = ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۲۵۰ میلی گرم در لیتر کیتوزان، A<sub>8</sub> = ۱۰۰ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر کیتوزان، A<sub>9</sub> = ۱۵۰ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر کیتوزان، A<sub>10</sub> = ۲۰۰ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر کیتوزان، A<sub>11</sub> = ۲۵۰ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر کیتوزان، A<sub>12</sub> = ۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر کیتوزان، A<sub>13</sub> = ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر کیتوزان، A<sub>14</sub> = ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر کیتوزان، A<sub>15</sub> = ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر کیتوزان.

A<sub>0</sub> = Control, A<sub>1</sub> = salicylic acid= 0.5 mM, A<sub>2</sub> = salicylic acid= 1 mM, A<sub>3</sub> = salicylic acid= 1.5 mM, A<sub>4</sub> = chitosan= 100 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>5</sub> = chitosan= 150 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>6</sub> = chitosan= 200 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>7</sub> = salicylic acid= 0.5 mM and chitosan= 100 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>8</sub> = salicylic acid= 0.5 mM and chitosan= 150 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>9</sub> = salicylic acid= 0.5 mM and chitosan= 200 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>10</sub> = salicylic acid= 1 mM and chitosan= 100 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>11</sub> = salicylic acid= 1 mM and chitosan= 150 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>12</sub> = salicylic acid= 1 mM and chitosan= 200 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>13</sub> = salicylic acid= 1.5 mM and chitosan= 100 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>14</sub> = salicylic acid= 1.5 mM and chitosan= 150 mg.l<sup>-1</sup>, A<sub>15</sub> = salicylic acid= 1.5 mM and chitosan= 200 mg.l<sup>-1</sup>.

(جدول ۵). دلیل بالاتر بودن محتوی فلاونوئید رازیانه در تیمارهای با غلظت بیش‌تر، به‌نظر می‌رسد به‌دلیل تأثیر بهتر ایستتورها بر رشد گیاه باشد. در بررسی انجام شده روی گیاه آویشن بیان شد که بیش‌ترین میزان فلاونوئید از تیمار ایستتور کیتوزان ۰/۴ 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 (۱۵). محلول‌پاشی ایستتورها سبب سنتز آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز و چالکون سینتاز<sup>۲</sup> (CHS) شده و در نتیجه باعث افزایش ماده مؤثره فنولیک و فلاونوئید می‌شود (۲ و ۵).

تغییرات محتوی فنل پس از اعمال تیمار با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و کیتوزان در جدول ۵ مشاهده می‌شود. پس از محلول‌پاشی افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در میزان صفت مذکور از ۰/۳۹ در تیمار شاهد تا ۱/۶۵ در ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان ثبت شد که ۴/۲ برابر شاهد بود. همچنین بین تیمارهای A<sub>15</sub> و A<sub>14</sub> از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. مطالعه غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و کیتوزان در تیمارهای A<sub>13</sub>، A<sub>12</sub>، A<sub>11</sub>، A<sub>10</sub> و A<sub>9</sub> به‌ترتیب ۱/۱۹، ۱/۱۰، ۱/۰۷، ۰/۹۵ و ۰/۸۷ مشاهده شد که به‌ترتیب ۶۷/۲، ۶۴/۵، ۶۳/۵، ۵۸/۹ و ۵۵/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۵).

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

آنتوسیانین: نتایج حاصل از سنجش آنتوسیانین نشان داد محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر این صفت دارد (جدول ۴). 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 ۵). در غلظت‌های ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کیتوزان تولید آنتوسیانین افزایش ۵۸/۱ درصد نسبت به شاهد نشان داد. در عین حال 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 آمونیا لیاز<sup>۱</sup> کلیدی مسیر تولید مشتقات فنیل پروپانوئیدی باعث افزایش آنتوسیانین در گیاه می‌شود (۴).

**محتوی فنل و فلاونوئید:** بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، محتوی فنل و فلاونوئید تحت تأثیر محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک و کیتوزان، بر محتوی فنل رازیانه افزوده شد. بیش‌ترین مقدار این صفت با میانگین ۲۳۱/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک و کم‌ترین آن با میانگین ۸۹/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک به‌ترتیب از تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان و شاهد به‌دست آمد که افزایش ۶۱/۳ درصدی نسبت به شاهد نشان داد. همچنین بین تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان و ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر کیتوزان از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نبود

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 (۲۶). طبق پژوهش‌های انجام‌شده تیمار کیتوزان باعث افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در ریحان (*Ocimum basilicum* L.) شده است (۴۰).

### 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 الیستوئورهای 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.

فنی 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 (۴۷). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد آنزیم پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز تحت‌تأثیر کاربرد الیستوئورها معنی‌دار بود (جدول ۴). مقادیر مختلف تیمارهای آزمایشی باعث افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم پراکسیداز شد. فعالیت این 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 امجری (۲۰۱۵) در مطالعه روی گیاه کنجد (*Sesamum indicum*) تیمار شده با کیتوزان و اسید سالیسیلیک بود (۱۴). 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 الیستوئور زیستی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، کاهش اثرات سوء ناشی از لپید پراکسیداسیون غشا،

منابع

1. Amiri, A., Yadollahi, P., Siroosmehr, A. and Esmaeilzadeh, S. 2015. Effect of drought stress and chitosan and salicylic acid 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 Mehdi-zhad, 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., Abbas, 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 peroxidase 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 flavonoids 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.

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 salicylic acid 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 Fathololumi, S. 2015. Effect of organic fertilizers on growth properties nutrient 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 purple 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.

34. Miremad, M., Raghbi, F., Rasouli, S.M., Khanjzadeh, R. and Mohamad Jozani, S. 2013. Fennel (Industrial-Medicinal Plant). Pooneh Press. 80p. (In Persian)
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 sugars. *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. 1<sup>st</sup> International and 13<sup>st</sup> Iranian Crop Science congress. Karaj, Iran.
40. Naderi, S., Esmaeilzadeh Bahabadi, S. and Fakheri, B. 2015. The effect of chitosan on some physiological and biochemistry 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 Shahabimajid, 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<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 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)



51. Shabani, L. and Ehsanpour, A.A. 2010. Induction 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 Chickpea against fusarial wilt and root. Iran J. Plant Pathol. 49: 2. 181-199. (In Persian)
55. Yadollahi Dehchechsme, 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.

