بررسی فیتوشیمیایی و بهبود عملکرد اسانس گیاه دارویی *Cuminum cyminum* L. با محلول‌پاشی فعال‌کننده‌ی متابولیک پلورامین و تنظیم‌کننده رشد بیواکس تحت شرایط دیم

سعید حضرتی[۱]، فرهاد حبیب‌زاده[۲]*، سعید ملایی[۳]، زهرا معصوم‌پور[۴]، پرینا اصغریان[۵]

[۱]دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

[۲]استادیار، گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

[۳]استادیار، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

[۴]دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

[۵]دانشیار، مرکز تحقیقات کاربردی دارویی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۹/۲۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۰۰/۱/۲۱

چکیده

گیاه دارویی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) سرشار از متابولیت‌های ثانویه، دارای ارزش اقتصادی فراوان و تنها زیره زراعی در ایران است. در این تحقیق به منظور ارزیابی تاثیر محلول‌پاشی محرک رشد پلورامین و بیواکس بر این گیاه در شرایط دیم، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل محلول‌پاشی پلورامین در غلظت‌های صفر، ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر و بیواکس در سطوح صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بودند. اسانس توسط دستگاه کلونجر با روش تقطیر با آب، استخراج و توسط GC-MS آنالیز گردید. تاثیر محلول‌پاشی پلورامین بر وزن هزار دانه، تعداد دانه در چتر و بازده اسانس و اثر محلول‌پاشی بیواکس بر ارتفاع گیاه، تعداد دانه در چتر و درصد و عملکرد اسانس معنی‌دار بود. اثر متقابل فاکتورهای آزمایشی نیز بر تعداد دانه در چتر، درصد و عملکرد اسانس معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین درصد و عملکرد اسانس با اختلاف معنی‌داری به محلول‌پاشی ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس تعلق داشت؛ بعد از آن، محلول‌پاشی ۲/۵ گرم در لیتر پلورامین، بالاترین درصد اسانس را تولید نمود. عمده‌ترین ترکیبات شناسایی شده در همه تیمارها، شامل ۳-کارن-۱۰-آل ، پارا-سیمن، پی-کومیک آلدئید، گاما-ترپینن، بتا-پینن و ۲-کارن-۱۰-آل بود. بیشترین مقدار ترکیب ۳-کارن-۱۰-آل با محلول‌پاشی ۵ گرم در لیتر پلورامین و ۵ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس به‌دست آمد؛ یعنی محلول‌پاشی همزمان، باعث افزایش این ترکیب شد. بیشترین مقدار پارا-سیمن، گاما-ترپینن و بتا-پینن با محلول‌پاشی ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس و کم‌ترین میزان این ترکیب با محلول‌پاشی ۵ گرم در لیتر پلورامین و ۵ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس به‌دست آمد. در مجموع نتایج نشان داد که محلول‌پاشی محرک رشد پلورامین و بیواکس می‌تواند عملکرد و ترکیب‌های موجود در اسانس زیره سبز را تحت شرایط دیم بهبود دهد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، اسید آمینه، تنظیم کننده رشد، دیم، زیره سبز، محلول‌پاشی

*نویسنده مسئول: habibzadeh_f@eng.ikiu.ac.ir

مقدمه

با توجه به اثرات جانبی داروهای شیمیایی، گیاهان دارویی و ترکیبات طبیعی را می‌توان به‌عنوان جایگزینی مناسب استفاده نمود. به همین دلیل گیاهان دارویی همه ساله توسط جمعیت کثیری از مردم، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، مورد استفاده قرار می‌گیرند (Ekor, 2014; Rasool et al., 2020). گیاه دارویی زیره سبز با نام علمی *Cuminum cyminum* L. از خانواده چتریان (Apiaceae) و سرشار از متابولیت‌های ثانویه بوده و ارتفاع آن برحسب شرایط محیطی از ۱۵ تا ۵۰ سانتی‌متر متغیر است. این گیاه دارای ارزش اقتصادی فراوان و گیاه چند منظوره‌ای است که در سراسر جهان برای اهداف مختلف آشپزی و دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ به‌عنوان افزودنی غذایی برای تهیه غذاهای مختلف از جمله پنیر، ترشی و سوپ استفاده شده و بعد از فلفل سیاه به عنوان محبوب‌ترین ادویه، در بسیاری از نقاط جهان کاربرد دارد (Mnif and Aifa, 2015). در کشورهایی از جمله ایران، کشت گردیده و تاکنون تنها زیره زراعی در این کشور است. گیاه دارویی زیره سبز برای درمان بیماری های مختلف به عنوان ضد تشنج، ضد صرع، تقویت کننده معده، ادرار آور، ضد نفخ و سوء هاضمه استفاده می شود. در نزله‌های حاد و مزمن برونش ها، نفخ ناشی از سوء هاضمه و درمان ترشحات زنانگی اثرات مفیدی دارد. این گیاه برای بیماران دیابتی مفید بوده، و دارای اثر مدر و زیاد کننده شیر نیز می‌باشد (Haghiroalsadat, 2011; Mnif and Aifa, 2015; Fatima et al., 2018).

زیره سبز، بومی مناطق مرکزی و جنوبی آسیا بوده و به دلیل فصل رشد کوتاه، نیاز آبی کم و عدم تداخل فصل رشد، نسبت به دیگر محصولات زراعی توجیه اقتصادی بالاتری دارد. مقدار اسانس در میوه زیره سبز حدود دو تا پنج درصد بوده که اغلب از پاراسیمول، آلفا و بتا- پی نن، کومیک الکل، کومیک آلدهید، آلفا و بتا فلاندرن، اوژنول، پریلاآلدهید، آلفا- ترپینئول و میرسن تشکیل می‌شود. در زیره سبز ۷/۷ درصد روغن، ۱۳/۵ درصد رزین، ۸ درصد صمغ و موسیلاژ و ۱۵/۵ درصد پروتئین نیز وجود دارد (Iacobellis et al., 2005; El-Ghorab et al., 2010; Allaq et al., 2020).

استفاده وسیع از کودهای معدنی سبب افزایش نگرانی در مورد سلامت انسان گردیده است؛ لذا با جایگزین کردن آن با القاءکننده‌ها یا عوامل تحریک‌کننده‌ی رشد، می‌توان تا حدودی این نگرانی را کاهش داد. مخاطرات زیست محیطی و نگرانی زیاد در خصوص پایداری سیستم‌های موجود کشاورزی، موجب افزایش تمایل به استفاده از ترکیبات طبیعی (شامل اسیدهای آمینه) برای تنظیم رشد و بیوستنتز گیاه شده است (Shehata et al., 2011).

محرک‌های زیستی، مجموعه ترکیباتی هستند که زیستن را تحریک می‌کنند. گروهی از آنها به‌عنوان ترکیبات مؤثر در واکنش و پاسخ مطلوب گیاهی به شرایط محیطی و گروهی دیگر به عنوان ترکیبات محرک افزایش رشد، می‌توانند عملکرد کمی و کیفی گیاهان را تحریک نمایند. محرک‌های زیستی به عنوان مواد بیولوژیکی، باعث تحریک متابولیسم و فرآیندهای متابولیکی در جهت افزایش کارآیی گیاهان می‌شوند (Gawronak, 2008).

اسیدهای آمینه به عنوان ترکیبات نیتروژن آلی، بلوک‌های ساختمانی سنتز پروتئین هستند. اهمیت اسیدهای آمینه به خاطر مصرف گسترده آن‌ها برای بیوستنتز مواد نیتروژنی بدون پروتئین از قبیل رنگیزه‌ها، ویتامین‌ها، کوآنزیم‌ها، پایه پورینی و پیریمیدنی می‌باشد (Rezakhani and Haj Seyed Hadi, 2017; Wafaa et al., 2021). ثابت شده است که اسیدهای آمینه می‌توانند به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم در

فعالیت‌های فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاه نقش داشته باشند. مطالعات نشان داده‌اند که کاربرد برگی اسیدهای آمینه موجب افزایش رشد گیاه، عملکرد و ترکیبات آن در گیاه سیر و گشنیز می‌شود (El-Shabasi et al., 2005; Wafaa et al., 2021). به طور کلی، اسیدهای آمینه باعث تحریک متابولیسم و فرآیندهای متابولیکی در جهت افزایش کارآیی گیاهان می‌شوند (Faten et al., 2010)؛ بنابراین، کاربرد آنها کشت موفق یک گیاه دارویی را موجب خواهد شد؛ چون افزون بر شاخص‌های کمی، بر شاخص‌های کیفی گیاه دارویی نیز مؤثر واقع می‌شوند که این تأثیر از طریق افزایش نسخه‌برداری mRNA تا میزان ۲/۵ برابر، فعال‌سازی هورمون‌های مؤثر در رشد زایشی، فعال‌سازی فرآیند تشکیل کربوهیدرات‌ها، افزایش جذب و انتقال عنصرها و افزایش میزان پروتئین در گیاهان، موجب بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی در مدت زمان کوتاه‌تری به ویژه در شرایط تنش‌های محیطی می‌شوند (Thomas et al., 2009). از اثرگذاری‌های مثبت اسید آمینه بر گیاهان می‌توان به بهبود شاخص‌های فیزیولوژیک و ترکیبات بیوشیمیایی چای (*Thea sinensis* L.) و افزایش عملکرد کمی و کیفی در بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) اشاره نمود (Thomas et al., 2009; Golzadeh et al., 2011).

استفاده از مواد طبیعی در محصولات کشاورزی به منظور افزایش تحمل، رشد و تولید گیاهان دارویی و معطر افزایش یافته است. در میان این ترکیبات، محرک‌های زیستی گیاهی وجود دارد که ممکن است در ترکیبات آنها تنها آمینواسیدها یا مخلوط با هورمون‌ها باشند. هدف از این تحقیق، ارزیابی تأثیر استفاده از اسید آمینه‌های پلورآمین و ترکیب محرک رشد بیواکس بر متابولیسم فیتوشیمیایی گیاه زیره سبز بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت آزمایش مزرعه‌ای (سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، منطقه‌ای با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۸۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٤٥ درجه و ۹۳ دقیقه شرقی، در ارتفاع ۱۳۱۸/۸ متری از سطح دریای آزاد اجرا گردید. براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، منطقه دارای اقلیم نیمه خشک سرد است. میانگین دمای سالانه ۱۰ درجه سلسیوس، میانگین حداکثر دمای سالانه ١٦ درجه سلسیوس و میانگین حداقل دمای سالیانه ۲/۲ درجه‌ی سلسیوس است. میانگین بارندگی سالانه این ناحیه ۲۷۱/۳ میلی‌متر می‌باشد. دو فاکتور آزمایشی شامل محلول‌پاشی فعال‌کننده متابولیک پلورامین (حاوی ١٤ درصد نیتروژن کل، ۱۳/۸ درصد نیتروژن آلی، ۰/۲ درصد نیتروژن آمونیومی، ۹۲ درصد ماده آلی و ۹۰ درصد آمینواسید کل) در غلظت‌های صفر، ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر و تنظیم کننده رشد بیواکس (حاوی ۱۵ درصد اسید آمینه آزاد، ٤٠ پی پی ام اکسین، ۲۵۰۰ پی پی ام سیتوکینین و ۱۳ پی‌پی‌ام جیبرلین) در غلظت‌های صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بود. براساس نقشه آزمایش، ابتدا در پاییز ۱۳۹٦ عملیات شخم و آماده سازی زمین (شخم، دیسک، لولر) انجام گردید و مقدار ۱۰ تن در کتار کود دامی به خاک افزوده شد. بذر گیاه زیره سبز از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری و در ۱۵ آبان ماه با دست کشت گردید. ابعاد کرت‌ها ۳×۳ در نظر گرفته شد. خاک مزرعه آزمایشی از نوع لومی شنی بود. بعد از سبز شدن و استقرار گیاه، اقدام به تنک کردن تا رسیدن به تراکم مورد نظر گردید.

محلول‌پاشی در سه مرحله (با فاصله ده روز از

یکدیگر) در اواخر اردیبهشت ماه آغاز شد. عملیات برداشت پس از رسیدگی کامل بذر در تاریخ ۳۰ خرداد انجام گردید. در مراحل مختلف، کنترل علف‌های هرز انجام شد. در پایان فصل رشد، ۱۰ بوته به صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و اجزای عملکرد زیره سبز شامل ارتفاع نهایی گیاه، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزار دانه اندازه گیری شد. همچنین برای تعیین میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، در هر کرت پس از حذف حاشیه‌ها، سطحی معادل ۲ مترمربع از هر کرت را برداشت نموده و پس از خشک شدن و بوجاری مقدار این صفات تعیین شد.

اندازه‌گیری درصد و عملکرد اسانس: برای استخراج اسانس از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر استفاده شد. در مرحله استخراج اسانس، ابتدا ۵۰ گرم نمونه خشک شده (شاخساره) از هر کرت آزمایشی تهیه و پس از آسیاب شدن، به بالون منتقل شد و به آن آب مقطر اضافه گردید. بالن روی هیتر قرار گرفت و بعد از وصل شدن به دستگاه کلونجر، به مدت ۲/۵ ساعت عمل اسانس‌گیری انجام گردید (British Pharmacopoeia, 1993). پس از پایان عمل اسانس‌گیری، اسانس توسط سولفات‌سدیم رطوبت‌زدایی شد و عملکرد اسانس بر اساس حاصل‌ضرب درصد اسانس و عملکرد ماده خشک شاخساره محاسبه گردید. نمونه‌های اسانس استخراج شده تا زمان تزریق به دستگاه کروماتوگرافی گازی در یخچال نگهداری شدند.

جداسازی و شناسایی ترکیبات اسانس: برای جداسازی و شناسایی ترکیبات اسانس از دستگاه کروماتوگرافی گازی با اسپکترومتری جرمی (GC-MS)، (کروماتوگرافی گازی مدل Trace GC و اسپکترومتر جرمی مدل Trace MS Plus، ساخت شرکت Thermo Finnigan) دستگاه GC-MS مجهز به ستون DB5 با طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۳۲ میلی متر و ضخامت ۰/۲۵ میکرومتر استفاده شد. دمای آغازین ستون ٦۰ درجه سانتیگراد بود و بمدت ۳ دقیقه در این دما ماند و سپس با سرعت ۳ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه تا دمای ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و در ادامه با سرعت ۲۰ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه به ۲٦۰ درجه سانتیگراد رسید و در نهایت به‌مدت ۸/۵ دقیقه در این دما نگهداری شد. در این دستگاه، گاز نیتروژن نیز بعنوان گاز حامل و با سرعت یک میلی‌لیتر بر دقیقه، مورد استفاده قرار گرفت. همچنین دمای تعیین شده در قسمت آشکارساز و تزریق برابر با ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد بود. سپس با استفاده از کتابخانه و اطلاعات موجود در سیستم، شناسایی ترکیبات انجام گرفت (Adams and Sparkman, 2007).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از برنامه آماری SAS استفاده شد. قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، تست نرمال بودن آن‌ها انجام شد و پس از اطمینان از حالت توزیع نرمال، نسبت به تجزیه و تحلیل آن‌ها اقدام گردید. برای آنالیز داده‌های مرحله برداشت از آزمایش فاکتوریل استفاده شد. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد، استفاده شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر محلول‌پاشی بیواکس بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود؛ ولی مجلول‌پاشی پلورامین و اثر متقابل فاکتورهای آزمایشی بر این صفت معنی‌دار نگردیدند (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محلول‌پاشی ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس در مقایسه با

مقادیر صفر و ۵ گرم در لیتر، ارتفاع گیاه را بطور معنی‌داری کاهش داد (شکل ۱).

محلول‌پاشی پلورامین در سطح احتمال خطای یک درصد تاثیر معنی‌داری بر وزن هزاردانه داشت ولی، محلول‌پاشی بیواکس و اثر متقابل فاکتورهای آزمایشی بر وزن هزار دانه تاثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه به‌ترتیب به محلول‌پاشی ۲/۵ و ۵ گرم در لیتر پلورامین تعلق داشت که با شاهد (صفر گرم در لیتر) اختلاف معنی‌داری داشتند (شکل ۲).

جدول ۱: میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات†	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در چتر	تعداد چتر
پلورامین	۲	۱۲/۹۲^{ns}	۰/۶۳**	۱٤/۰۸**	۲۸/٦۹ ^{ns}
بیواکس	۲	۳۸/۲۵**	۰/۰۳^{ns}	۱۰/۵۸*	۳۷/۰۲ ^{ns}
تکرار (بلوک)	۳	۵/۵۸^{ns}	۰/۲۱^{ns}	۰/۸۱^{ns}	۱۸/۳۲^{ns}
پلورامین × بیواکس	٤	۱٤/۱۳^{ns}	۰/۳۰^{ns}	۱۳/۹۱**	۳/۸۱^{ns}
خطا	۲٤	٦/۱٤	۰/۱۱	۲/۷۷	۱۹/۵۵
ضریب تغییرات (٪)		۱۰/۷٤	۸/۳۹	۱۵/۱۳	۲٦/۰۵

†: ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

جدول ۲: میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات†	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	درصد اسانس	عملکرد اسانس
پلورامین	۲	۱۵۲۲۷۵/۰۰^{ns}	۳۱٤۲/۳٦ ^{ns}	۰/۳۵٤ **	۱٤/۷٦**
بیواکس	۲	٦۹/۲۳۳ ^{ns}	۲٦۷۵۰/٦۹^{ns}	۰/۰٦۱ **	۱۷/۷۸**
تکرار (بلوک)	۳	۷۳۲۹۳/۵۱^{ns}	۲٤۷۰۹/۲۵^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۵/۰۲^{ns}
پلورامین × بیواکس	٤	۱۱۲۳۵۸/۳۳^{ns}	۲۲٤۳۹/۲۳^{ns}	۰/٤۸٤**	۵۰/۷۷**
خطا	۲٤	۱۵۲۳۸۷/۲٦	۱۰۵۰۱/٤٤	۰/۰۰۱	۲/٤۱
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۱۵	۱٤/۰۱	۲/۳۱	۱۳/۸۱

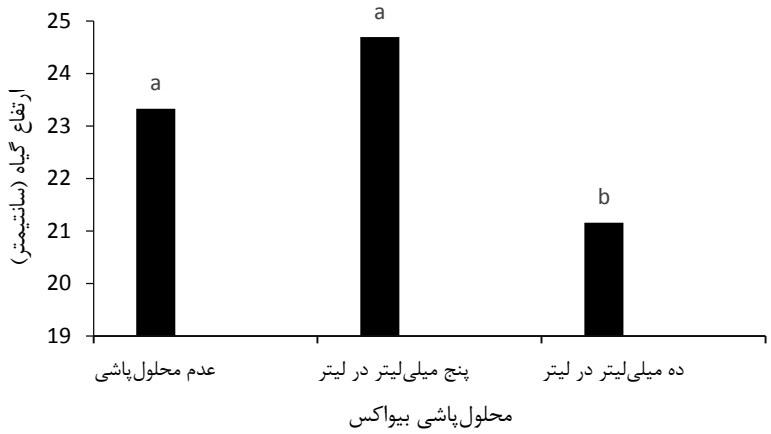
†: ns و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

صفت تعداد دانه در چتر به طور معنی‌داری تحت تاثیر محلول‌پاشی پلورامین (در سطح احتمال خطای یک درصد) و محلول‌پاشی بیواکس (در سطح احتمال خطای پنج درصد) قرار گرفت. اثر متقابل فاکتورها نیز در سطح احتمال خطای یک درصد بر این صفت اثر معنی‌داری داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه با محلول‌پاشی ۵ گرم در لیتر پلورامین به دست آمد (شکل ۳). صفات تعداد چتر، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه بطور معنی‌داری تحت تاثیر فاکتورهای آزمایشی و اثر متقابل آنها قرار نگرفتند (جداول ۱ و ۲).

تاثیر محلول‌پاشی پلورامین و بیواکس و اثر متقابل آنها بر صفت درصد اسانس در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

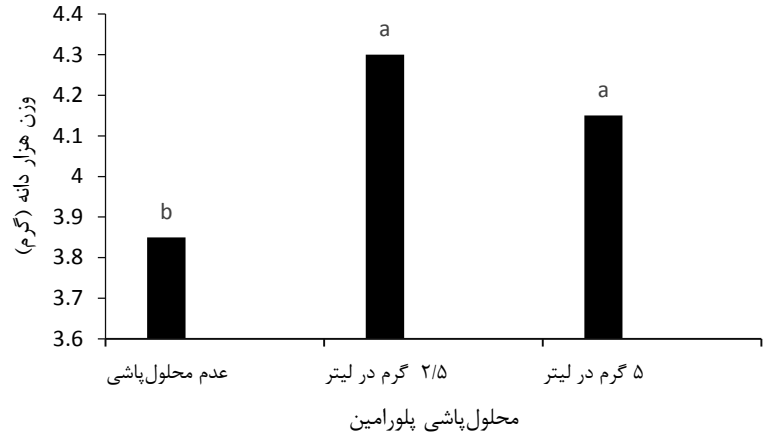
جدول ۳: ترکیبات شناسایی شده در مرزه تحت تاثیر تیمارهای آزمایش

ردیف	شاخص بازداری (RI)	ترکیبات	شاهد	محلول‌پاشی ۲/۵ گرم در لیتر پلورامین	محلول‌پاشی ۵ گرم در لیتر پلورامین	محلول‌پاشی ۵ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس	محلول‌پاشی ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس	محلول‌پاشی ۲/۵ گرم در لیتر پلورامین و ۵ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس	محلول‌پاشی ۲/۵ گرم در لیتر پلورامین و ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس	محلول‌پاشی ۵ گرم در لیتر پلورامین و ۵ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس	محلول‌پاشی ۵ گرم در لیتر پلورامین و ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس
۱	926	alpha-Thujene	-	-	-	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۱۱	-	-	-
۲	934	alpha.-pipene	۰/۲۲	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۷۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۱۴	۰/۴۲
۳	950	Sabinene	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۴۷	۰/۵۱	۰/۸۵	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۲۹	۰/۴۴
۴	973	beta.-Pinene	۵/۰۴	۶/۰۶	۸/۸	۷/۸۱	۱۲/۱۸	۵/۶	۵/۸۱	۴/۴۳	۹/۵۶
۵	978	Myrcene	۰/۴۹	۰/۵۳	۰/۵۴	۰/۷	۱/۰۶	۰/۵۶	۰/۵۲	۰/۳۵	۰/۵۲
۶	989	alpha.-Phellandrene	۰/۲۹	۰/۴۴	۰/۶۱	۰/۶۷	۱/۰۹	۰/۵۸	۰/۳۴	۰/۱۱	۰/۶
۷	1006	p-cymene	۵/۱۵	۶/۶۴	۵/۶۱	۷/۷۵	۸/۹۵	۵/۲۳	۵/۰۸	۴/۶۶	۶/۱۴
۸	1017	3-Carene	۰/۴	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۶۴	۰/۹۱	۰/۵۶	۰/۴۵	۰/۳۵	۰/۵
۹	1026	gamma.-Terpinene	۹/۲۲	۹/۸۴	۱۸/۲۸	۱۳/۴۴	۲۰/۲۳	۹/۶۸	۹/۸۸	۱۲/۲۶	۱۵/۸۴
۱۰	1029	Linalool	۰/۲	۰	۰	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۲۷	۰
۱۱	1031	Limonene oxide	۰/۲	۰/۲۶	۰	۰/۳۱	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۱۶	۰	۰
۱۲	1060	Terpineol-4	۰/۱۸	۰/۱۴	۰	۰/۲۵	۰/۱۹	۰/۳۱	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۲۴
۱۳	1067	Phellandral	۰/۳۵	۰/۱۷	۰	۰/۴۸	۰	۰/۴	۰/۴	۰/۴۱	۰/۲۴
۱۴	1102	p-Cumic aldehyde	۲۳/۵۲	۲۸/۹۷	۱۶/۶۳	۲۳/۱۹	۱۶/۶	۲۱/۹	۲۱/۰۲	۲۶/۷	۱۹/۹۱
۱۵	1170	2-Caren-10-al	۷/۲۷	۳/۶۴	۴/۶۵	۴/۵۱	۴/۵۹	۶/۹۶	۷/۸۸	۳/۷۳	۳/۹۱
۱۶	1181	3-Caren-10-al	۴۲/۱۲	۳۷/۹۶	۳۹/۴۹	۳۴/۷۴	۲۸/۰۴	۴۳/۹۳	۴۱/۰۲	۴۲/۶۶	۳۸/۲۶
۱۷	1226	Myrtenol	۰/۴۲	۰	۰	۰	۰	۰/۶	۰/۴۳	۰/۵۲	۰
۱۸	1286	Cumic acid	۰	۰/۴۱	۰	۰/۲۱	۰/۲۱	۰	۰	۰/۳۵	۰
۱۹	1313	Acoradiene	۰/۳	۰/۶	۰/۹۹	۱/۲۵	۰/۸۸	۰/۵	۰/۴۵	۰/۲	۰/۹۸
۲۰	1355	Carotol	۰	۰/۲۶	۰/۴۹	۰/۲۸	۰/۴۳	۰	۰	۰	۰/۴۲
۲۱	1420	n-Hexadecanoic acid	۲/۲۸	۱/۰۹	۰/۶۱	۰/۵۷	۰/۵۲	۰	۳/۴۶	۰/۳۵	۰
		مونوترپن‌های هیدروکربن‌دار	۲۱/۱۶	۲۴/۵۲	۳۰/۱۶	۳۲/۰۶	۴۶/۲۵	۱۸/۰۲	۲۲/۷۶	۲۲/۵۹	۳۴/۰۲
		مونوترپن‌های اکسیژن‌دار	۷۳/۳۳	۷۱/۵۵	۶۰/۷۷	۳۶/۸۴	۴۹/۹۳	۷۴/۴۷	۷۱/۱۳	۷۴/۸۵	۶۱/۵۵
		سسکوئی ترپن‌های هیدروکربن‌دار	۰/۳	۰/۶	۰/۹۹	۱/۲۵	۰/۸۸	۰/۵	۰/۴۵	۰/۲	۰/۹۸
		سسکوئی ترپن‌های اکسیژن‌دار	۰	۰/۲۶	۰/۴۹	۰/۲۸	۰/۴۳	۰	۰	۰	۰/۴۲
		سایر	۲/۲۸	۱/۰۹	۰/۶۱	۰/۵۷	۰/۵۲	۰	۳/۴۶	۰/۳۵	۰
		کل	۹۸/۱۵	۹۹/۳۹	۹۵/۹۸	۹۴/۵۹	۹۸/۰۱	۹۶/۴۰	۹۵/۰۲	۹۶/۶۲	۹۵/۸۹



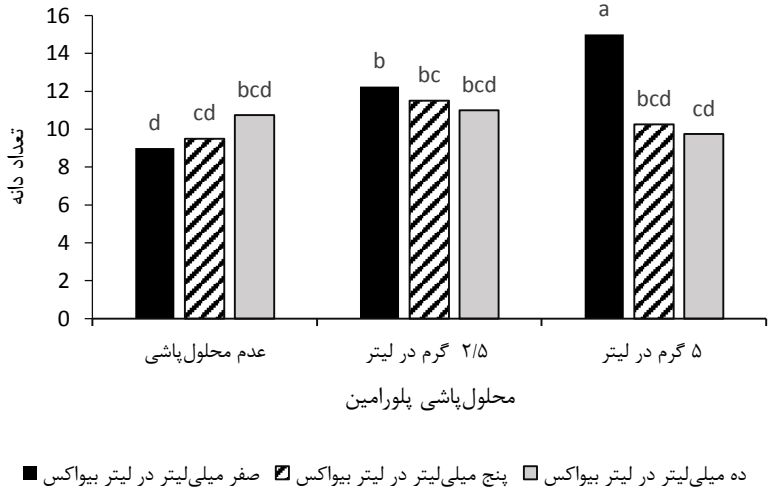
شکل ۱: تاثیر محلول‌پاشی بیواکس بر ارتفاع گیاه زیره سبز

(میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)



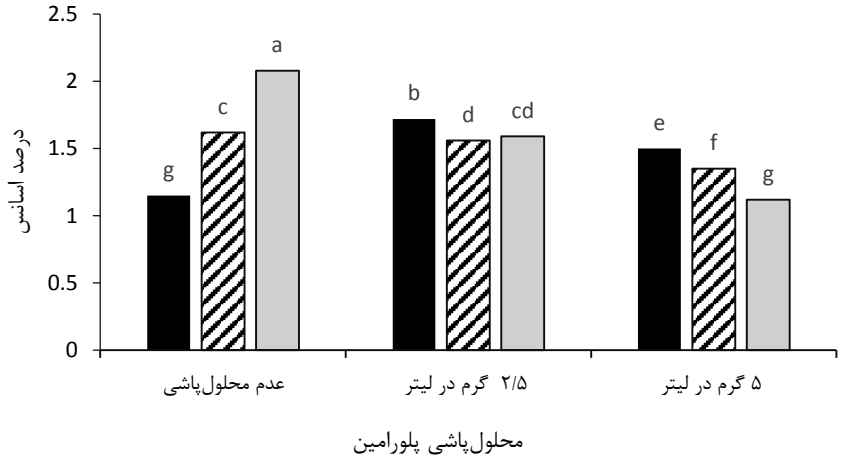
شکل ۲: تاثیر محلول‌پاشی پلورامین بر وزن هزار دانه گیاه زیره سبز

(میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)



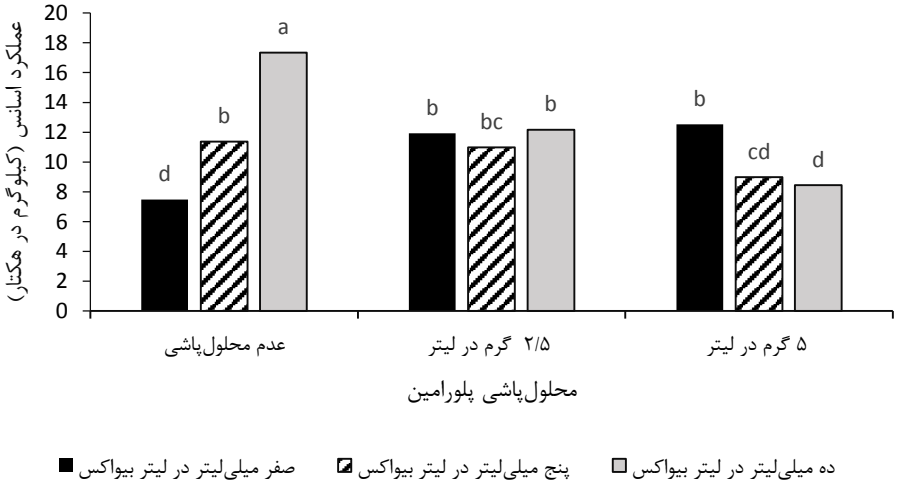
شکل ۳: تاثیر محلول‌پاشی پلورامین و بیواکس بر تعداد دانه گیاه زیره سبز

(میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)



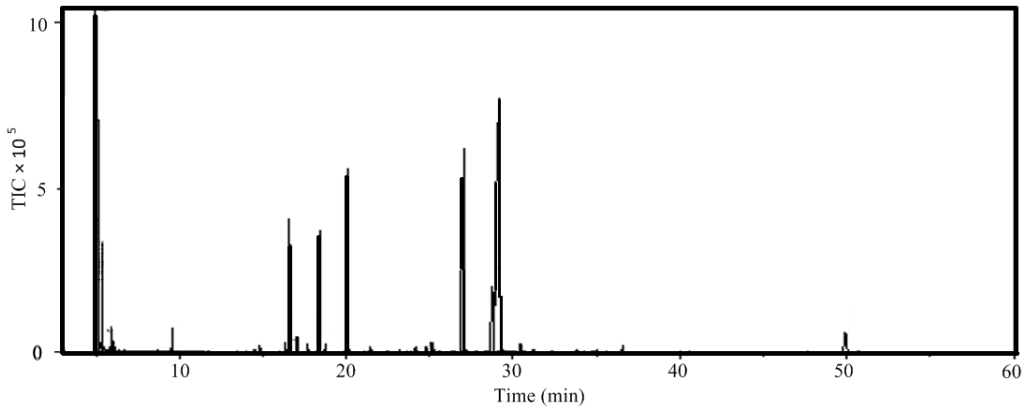
شکل ٤: تاثیر محلول‌پاشی پلورامین و بیواکس بر درصد اسانس گیاه زیره سبز

(میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)



شکل ٥: تاثیر محلول‌پاشی پلورامین و بیواکس بر عملکرد اسانس گیاه زیره سبز

(میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)



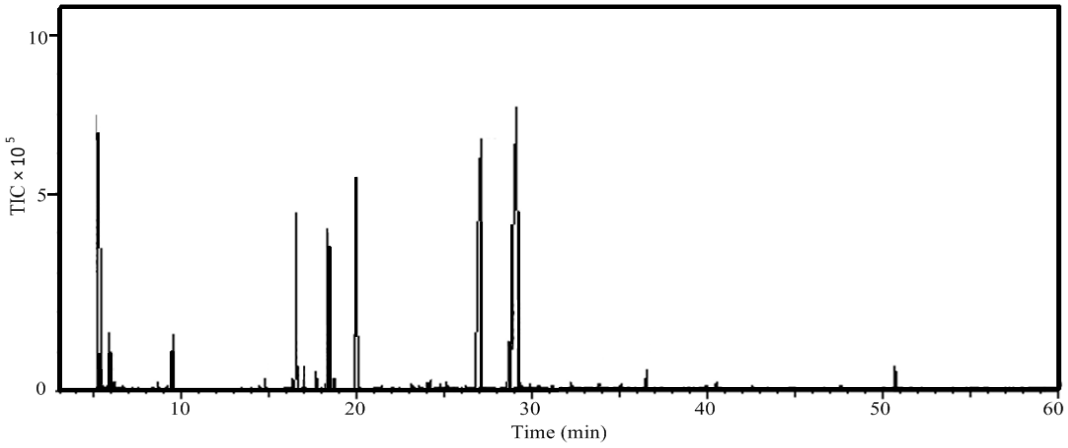
شکل ٦: کروماتوگرام آنالیز اسانس زیره سبز در تیمار شاهد

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین درصد اسانس به محلول‌پاشی ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس تعلق داشت که نسبت به سایر سطوح محلول‌پاشی، دارای اختلاف معنی‌داری بود. بعد از آن، محلول‌پاشی ۲/۵ گرم در لیتر پلورامین، بالاترین درصد اسانس را تولید نمود. کم‌ترین درصد اسانس نیز به محلول‌پاشی توام ۵ گرم در لیتر پلورامین و ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس تعلق داشت که در مقایسه با سایر سطوح محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری نشان داد (شکل ٤).

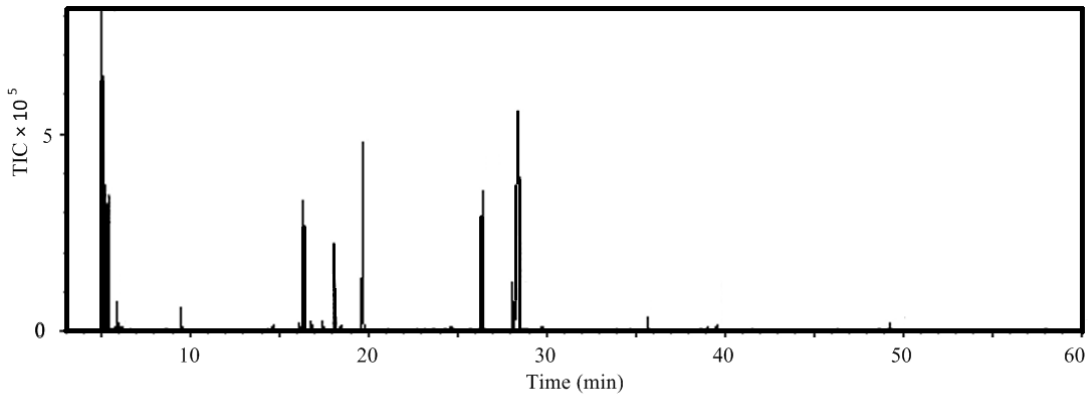
عملکرد اسانس به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال خطای یک درصد) تحت تاثیر محلول‌پاشی پلورامین و بیواکس و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد اسانس مربوط به گیاه محلول پاشی شده با ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس بود که نسبت به سایر سطوح محلول‌پاشی، تفاوت معنی‌داری داشت. همچنین، کمترین بازده اسانس در اثر کاربرد توام ۵ گرم در لیتر پلورامین و ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس، ۵ گرم در لیتر پلورامین و ۵ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس و عدم محلول‌پاشی به دست آمد (شکل ۵).

نتایج آنالیز ترکیبات اسانس بر مبنای کروماتوگرام‌های مربوطه (شکل‌های ٦ الی ١٤) و اطلاعات مستخرج از آنها (جدول ۳)، نشان دادند که مجموعاً ۲۱ ترکیب شناسایی گردید که عمده‌ترین ترکیبات شناسایی شده در همه تیمارهای مورد مطالعه، شامل ۳-کارن-۱۰-آل، پی-کومیک آلدئید، گاما-ترپینن، بتا-پینن، پارا-سیمن و ۲-کارن-۱۰-آل بودند.

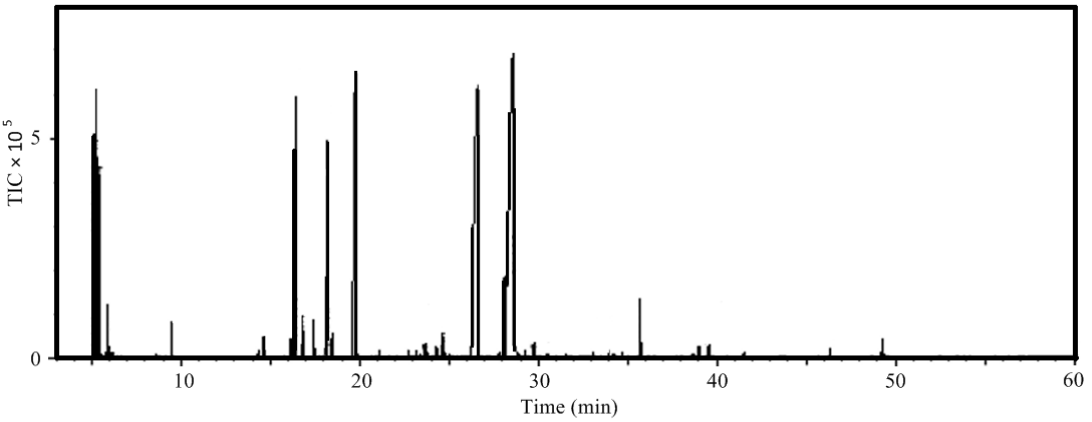
براساس نتایج، بیشترین مقدار ترکیب ۳-کارن-۱۰-آل (٤۳/۹۳ درصد) در اثر محلول‌پاشی با ۲/۵ گرم در لیتر پلورامین و ۵ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس به دست آمد؛ یعنی محلول‌پاشی همزمان، باعث افزایش درصد این ترکیب نسبت به شاهد گردید. همچنین، محلول‌پاشی به صورت تکی بیواکس به طور معنی‌داری درصد ترکیب ۳-کارن-۱۰-آل را کاهش داد و کم‌ترین میزان این ترکیب متعلق به نمونه تیمار شده با محلول‌پاشی ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس (۲۸/۰٤ درصد) بود. پی-کومیک آلدئید یکی دیگر از ترکیبات عمده موجود در گیاه بود که بالاترین میزان آن در اثر محلول‌پاشی با ۲/۵ گرم در لیتر پلورامین بدست آمد، ولی محلول‌پاشی ۵ گرم در لیتر پلورامین (١٦/٦٣ درصد) و ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس (١٦/٦٠ درصد) دارای کمترین میزان این ترکیب بود.



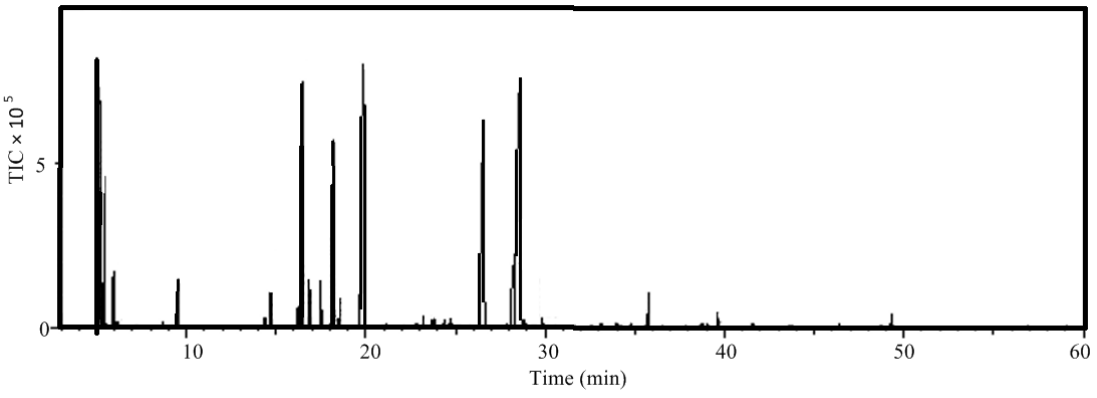
شکل ۷: کروماتوگرام آنالیز اسانس زیره سبز در تیمار محلول‌پاشی ۲/۵ گرم در لیتر پلورامین



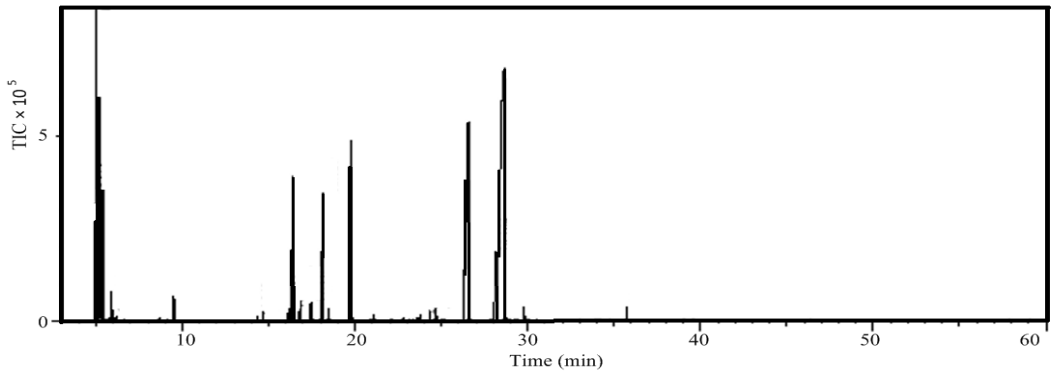
شکل ۸: کروماتوگرام آنالیز اسانس زیره سبز در تیمار محلول‌پاشی ۵ گرم در لیتر پلورامین



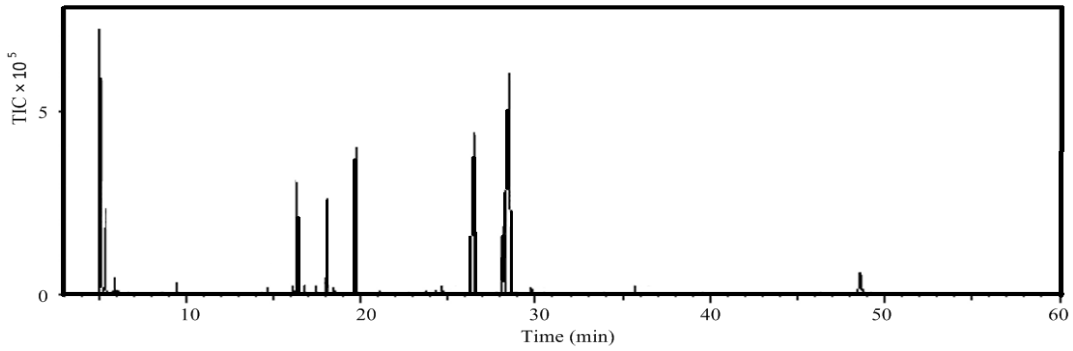
شکل ۹: کروماتوگرام آنالیز اسانس زیره سبز در تیمار محلول‌پاشی ۵ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس



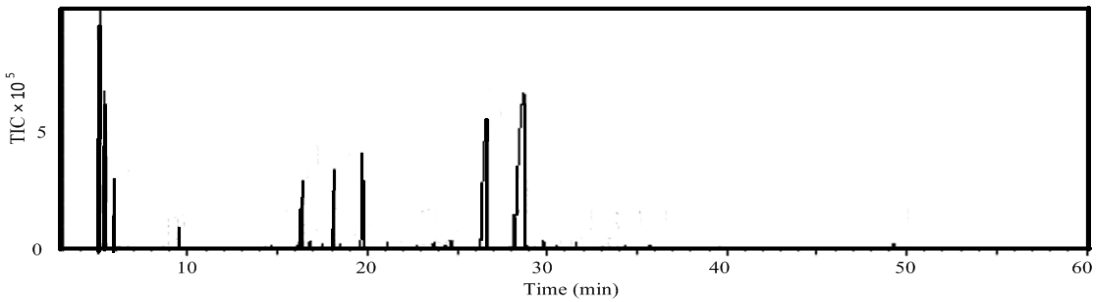
شکل ۱۰: کروماتوگرام آنالیز اسانس زیره سبز در تیمار محلول‌پاشی ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس



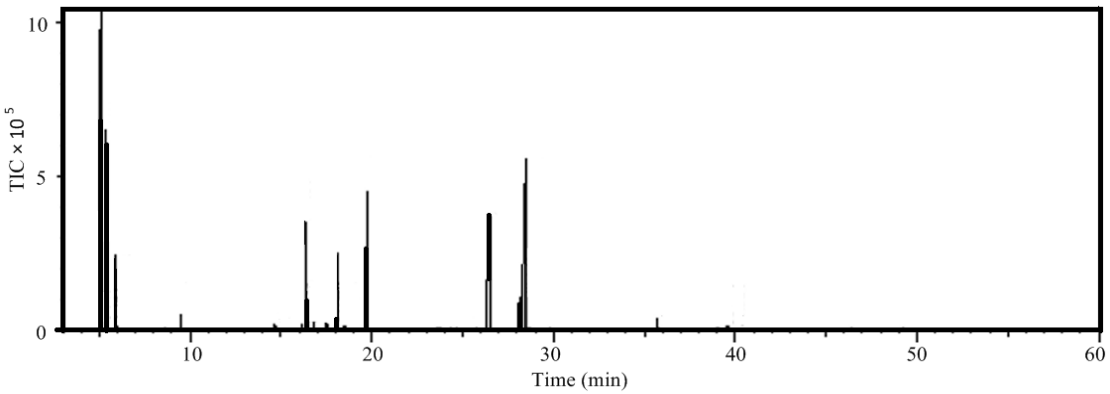
شکل ۱۱: کروماتوگرام آنالیز اسانس زیره سبز در تیمار محلول‌پاشی ۲/۵ گرم در لیتر پلورامین و ۵ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس



شکل ۱۲: کروماتوگرام آنالیز اسانس زیره سبز در تیمار محلول‌پاشی ۲/۵ گرم در لیتر پلورامین و ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس



شکل ۱۳: کروماتوگرام آنالیز اسانس زیره سبز در تیمار محلول‌پاشی ۵ گرم در لیتر پلورامین و ۵ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس



شکل ١٤: کروماتوگرام آنالیز اسانس زیره سبز در تیمار محلول‌پاشی ۵ گرم در لیتر پلورامین و ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس

بیشترین مقدار ترکیب گاما-ترپینن با محلول‌پاشی ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس و کمترین میزان این ترکیب با محلول‌پاشی ۵ گرم در لیتر پلورامین و ۵ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس به دست آمد. بیشترین و کمترین مقدار ترکیب بتا-پینن به ترتیب با محلول‌پاشی ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس و محلول‌پاشی توام ۵ گرم در لیتر پلورامین و ۵ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس به‌دست آمد.

بالاترین مقدار ترکیب پارا-سیمن با محلول‌پاشی ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس به دست آمد. کمترین میزان این ترکیب نیز به محلول‌پاشی ۵ گرم در لیتر پلورامین و ۵ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس تعلق داشت. بیشترین و کمترین مقدار ترکیب ۲-کارن-۱۰-آل به ترتیب با محلول‌پاشی ۲/۵ گرم در لیتر پلورامین و ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس و محلول‌پاشی ۲/۵ گرم در لیتر پلورامین به‌دست آمد. بر اساس گروه‌بندی، ترکیب‌های اسانس به چهار گروه تقسیم‌بندی شده و مونوترپن‌ها گروه اصلی ترکیب‌ها را تشکیل دادند؛ مونوترپن‌های اکسیژن‌دار ترکیب‌های غالب تشکیل دهنده اسانس بودند سپس ترکیب‌های مونوترپن‌های هیدروکربن‌دار قرار داشتند. بر اساس نتایج، با افزایش میزان غلظت بیواکس بر میزان مونوترپن‌های هیدروکربن‌دار افزوده شده به طوری که بیشترین مقدار آن ٤٦/٣٤ درصد در محلول پاشی ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر حاصل شد. اما بیشترین مقدار مونوترپن‌های اکسیژن‌دار در تیمار محلول‌پاشی ۵ گرم در لیتر پلورامین و ۵ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس به میزان ۸۱/۵۸ درصد بدست آمد.

بحث

کاربرد پلورامین به صورت محلول‌پاشی برگی سبب ایجاد تأثیرات معنی‌داری بر درصد و عملکرد اسانس شد. احتمالاً تأثیر مثبت پلورامین بر گیاه، منجر به افزایش محتوای آمینواسیدهایی می‌شود که می‌توانند به عنوان منبع انرژی و کربن هنگامی که میزان کربوهیدرات‌ها در گیاهان کاهش می‌یابد، مورد استفاده قرار گیرند. فرم‌های آمونیوم و اسیدهای آلی که اسیدآمینه در ابتدا از آن‌ها تشکیل شده، انتشار می‌یابد. سپس اسیدهای آلی برای تجزیه و آزادسازی انرژی از طریق تنفس وارد چرخه کربس می‌شوند، از سوی دیگر، اسیدهای آمینه مستقیماً نیتروژن قابل دسترس سلول‌های گیاهی را فراهم می‌کنند، که معمولاً توسط سلول‌ها سریع‌تر از نیتروژن معدنی ذخیره می‌شود (Sadak et al., 2015).

به‌طورکلی، کاربرد پلورامین و بیواکس در آزمایش حاضر سبب افزایش درصد و عملکرد اسانس شد که می‌تواند حاصل تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتر و به دنبال آن افزایش درصد و عملکرد اسانس باشد. برخی از مطالعات نشان داده‌اند که گیاهان قادرند نیتروژن را در قالب اسیدهای آمینه بدون تکیه بر کانی‌سازی معدنی جذب کنند. پلورامین و بیواکس شامل ترکیبات نیتروژن‌دار و انواع اسیدهای آمینه می‌باشند که امکان جذب نیتروژن توسط گیاه را افزایش داده و با افزایش نیتروژن، فاکتورهای مربوط به رشد و تولید گیاه افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد که محرک‌های زیستی از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید فرآورده بیشتر و بهبود ارتفاع گیاه شده است. به طور کلی می‌توان بیان کرد که فراهم بودن اسیدهای آمینه و نیتروژن در مراحل آغازین رشد، طویل شدن بخش‌های هوایی گیاه را افزایش می‌دهد. نتایج مشابه در همین خصوص نیز نشان داد که اثر محلول‌پاشی گیاهان با اسید آمینه باعث افزایش چشم‌گیر در ارتفاع گیاه کاهو شد (Khan et al., 2019). در تفسیر این اثر، می‌توان چنین اظهار نظر کرد که افزایش میزان عناصر غذایی در دسترس گیاه بخصوص نیتروژن، باعث

تحریک رشد گیاه می‌شود. این تأثیر مثبت را می‌توان به تأمین عناصر غذایی و در نتیجه بهبود فتوسنتز و همچنین ارتباط نزدیک و مثبت میان میزان فتوسنتز خالص و میزان مواد غذایی کانی برگ‌ها نسبت داد (Noroozlo et al., 2019).

در یک پژوهش، تأثیر محرک‌های زیستی آمینول فورته، کادوستیم، فسنوترن و هیومی فورته بر گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria recutita* L.) مورد بررسی قرار گرفته و نتایج نشان داد که تیمارهای اعمال شده دارای اثرات معنی‌داری بر ارتفاع بوته، قطر کاپیتول، تعداد کاپیتول بوته، وزن تر و خشک کاپیتول در هکتار، عملکرد اسانس در هکتار، مقدار کامازولن، مقدار فلاونوئید کل و شاخص برداشت بودند (Golzadeh et al., 2011).

براساس نتایج، محلول پاشی محرک رشد پلورامین و بیواکس با پایه اسیدهای آمینه باعث تاثیر بر مسیر بیوسنتز ترکیبات اسانس شد و این عمل باعث افزایش و کاهش برخی از ترکیبات مهم اسانس گردید؛ به طوری که محلول‌پاشی هم‌زمان ۵ گرم در لیتر پلورامین و ۵ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس، باعث افزایش ۳۶ درصدی در ترکیب ۳-کارن-۱۰-آل شد. محلول‌پاشی ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس، به ترتیب منجر به افزایش ٥٤ و ٥٩ درصدی ترکیب‌های گاما-ترپینن و بتا-پینن در مقایسه با تیمار شاهد شد. کاربرد ۲/۵ گرم در لیتر پلورامین منجر به افزایش ٤٣ درصدی ترکیب پی-کومیک آلدئید در مقایسه با ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس شد؛ در کل، با کاربرد غلظت بالای محرک رشد از میزان آن کاسته شد. یک رابطه عکس بین ترکیب ۳-کارن-۱۰-آل و پی-کومیک آلدئید با گاما-ترپینن و بتا-پینن وجود داشت. گاما-ترپینن، بتا-پینن و پارا-سیمن جز مونوترپن‌های هیدروکربنی هستند. بنابراین، محلول پاشی ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر بیواکس باعث بیوسنتز بیشتر مونوترپن‌های هیدروکربنی شده و در نتیجه باعث افزایش معنی‌دار مونوترپن‌های هیدروکربنی در مقایسه با محلول پاشی گیاه با سایر تیمارها شد. از طرف دیگر، ۳-کارن-۱۰-آل و پی-کومیک آلدئید جر مونوترپن‌های اکسیژن‌دار هستند و در نتیجه محلول‌پاشی گیاه با ۵ گرم در لیتر پلورامین و ۵ میلی لیتر در لیتر بیواکس باعث بیوسنتز مونوترپن‌های اکسیژن‌دار گردیده، از این رو درصد آنها در بذر گیاه زیره سبز افزایش یافت. سایر محققان گزارش کرده‌اند که محلول‌پاشی ترکیبات محرک رشد می‌تواند با تاثیر روی سنتز آنزیم‌های متابولیکی دخیل در پیش ماده سازنده ترکیبات موثره، روی درصد آنها تاثیر افزایشی یا کاهشی داشته باشد (Mohamed et al., 2020).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که محلول‌پاشی پلورآمین و بیواکس به صورت تنها و هم‌زمان، به طور قابل توجهی میزان ترکیبات مونوترپن‌های هیدرکربن دار را تحت تاثیر قرار داد. میزان تاثیرپذیری این گروه از ترکیبات با کاربرد هم‌زمان پلورامین و بیواکس بیشتر گردید، اما تاثیرگذاری بیواکس در مقایسه با پلورامین بیشتر بود. کاربرد بیواکس در غلظت بالا باعث کاهش میزان مونوترپن‌های اکسیژن‌دار شد. ممکن است محرک‌های رشد همچون بیواکس با توجه به اینکه دارای مقادیر بالایی ترکیب اکسین و سیتوکینین هستند، مسیر بیوسنتز ترکیبات اسانس در سلول های گیاهی را تحت تاثیر قرار دهند (Taj et al., 2019).

اسانس زیره دارای خاصیت ضد اکسایشی بوده و بعنوان افزودنی‌ها در غذا، نوشابه، شکلات و پنیر مود استفاده قرار می‌گیرد. همچنین در بعضی نقاط، به صورت ادویه و چاشنی غذا مصرف می‌شود (Hanelt et al., 2001; Ranjbarian et al., 2004). در مطالعه فعالیت ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانی و سمیت سلولی اسانس زیره سیاه نشان داد که اسانس این گیاه دارای

خواص بیولوژیکی فراوانی می‌باشد (Allahghadri et al., 2010). ارزیابی خواص بیولوژیکی اسانس زیره سبز نشان داد که اسانس این گیاه از توان ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی مناسبی برخوردار بوده و بنابراین می‌توان از آن در ترکیب با سایر نگهدارنده‌ها جهت محافظت موادغذایی در مقابل انواع سیستم‌های اکسیداتیو و میکروارگانیسم‌های عامل عفونت و مسمومیت بهره جست (Mahmoudi et al., 2012). به این دلیل که ترکیبات عمده موجود در اسانس زیره سبز ۳-کارن-۱۰-آل، پارا-سیمن، گاما-ترپینن و بتا-پینن می‌باشد و بر اساس تحقیقات انجام گرفته، خواص بیولوژیکی اسانس زیره سبز تحت تاثیر کیفیت و کمیت ترکیبات عمده اسانس بوده و با تغییر آنها خواص بیولوژیکی تغییر می‌یابد؛ و از آنجائی که براساس نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر، تیمار گیاه با ۱۰ میلی‌لیتر بیواکس در لیتر و ۵ میلی‌گرم در لیتر پلورآمین به طور قابل توجهی باعث افزایش میزان این ترکیبات و بهبود کیفیت اسانس گردیده است، لذا تحقیقات در زمینه خواص داروئی این اسانس می‌تواند گامی موثر در جهت کاربرد این اسانس در صنایع مختلف پزشکی، داروسازی، غذایی و لوازم آرایشی و بهداشتی باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

در تحقیق حاضر، کاربرد محرک رشد پلورامین و بیواکس توانست تحت شرایط دیم باعث بهبود عملکرد دانه و اسانس در گیاه دارویی زیر سبز گردد. محلول‌پاشی بیواکس میزان ارتفاع گیاه را به طور قابل توجهی بهبود داد؛ همچنین پلورامین باعث افزایش وزن هزار دانه و تعداد دانه در گیاه زیره سبز شد. کاربرد بیواکس به صورت تکی منجر به افزایش معنی‌دار درصد و عملکرد اسانس شد. بر اساس نتایج، درصد ترکیبات اصلی گاما-ترپینن، ۳-کارن-۱۰-آل و پارا-سیمن تحت تاثیر این دو ترکیب (به صورت تکی و یا هم‌زمان) افزایش یافت. کاربرد برگی محرک رشد پلورامین و بیواکس می‌تواند در سنتز متابولیت‌های ثانویه و افزایش عملکرد کمی و کیفی مواد موثره و ارزشمند در گیاه دارویی زیره سبز، نقش مهمی ایفا کند. البته، این ادعا به پژوهش‌های تکمیلی برای بررسی مسیرهای بیوسنتزی تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاه زیره سبز، نیازمند می‌باشد.

References

1. Adams, R.P. and Sparkman, O.D. 2007. Review of identification of essential oil components by Gas Chromatography /Mass Spectrometry. Journal of the American Society for Mass Spectrometry, 18: 803-806.
2. Allahghadri T., Rasooli, I., Owlia, P., Jalali Nadooshan, M., Ghazanfari, T., Taghizadeh, M. and Darvish Alipoor Astaneh, S. 2010. Antimicrobial property, antioxidant capacity, and cytotoxicity of essential oil from cumin produced in Iran. Journal of Food Science, 75: 54–61.
3. Allaq, A.A., Sidik, N.J., Abdul-Aziz, A., and Ahmed, I.A. 2020. Cumin (*Cuminum cyminum* L.). A review of its ethnopharmacology, phytochemistry. Biomedical Research and Therapy, *7*(9): 4016-4021.
4. British Pharmacopoeia. 1993. British Pharmacopoeia Commission. H.M. Stationery Office, London.
5. Ekor, M. 2014. The growing use of herbal medicines: issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. Frontiers in Pharmacology, 10; 4:177.
6. El-Ghorab A.H., Nauman, M., Anjum, F.M., Hussain, S. and Nadeem, M.A. 2010. Comparative study on chemical composition and antioxidant activity of Ginger (*Zingiber officinale*) and cumin (*Cuminum cyminum*). Journal of

Agricultural and Food Chemistry, 58(14): 8231-8237.
7. El-Shabasi, M.S., Mohamed, S.M. and Mahfouz, S.A. 2005. Effect of foliar spray with amino acids on growth, yield and chemical composition of garlic plants. The 6th Arabian Conference for Horticulture.
8. Faten, S.A., Shaheen, A.M., Ahmad, A.A. and Mahmoud, A.R. 2010. Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield and characteristics of squash. Research Journal of Agriculture and Biological Science, 6(5): 583-588.
9. Fatima, T., Beenish, B.N., Gani, G., Qadri, T. and Bhat, T.A. 2018. Antioxidant potential and health benefits of cumin. Journal of Medicinal Plants Studies, 6(2): 232-236.
10. Gawronak, H. 2008. *Biostimulators in modern agriculture (*general aspects*)*. Arysta Life Science. Published by the editorial House wies Jutra, Limited. Warsaw.
11. Golzadeh, H., Mehrafarin, A., Naghdi Badi, H., Fazeli, F., Ghaderi, A. and Zarincheh, N. 2011. Effects of bio-stimulants on quantitative and qualitative yield of German chamomile. Journal of Medicinal Plants, 11(41): 195-207. (in Persian)
12. Haghiroalsadat F., Vahidi, A., Sabour, M., Azimzadeh, M., Kalantar, M. and Sharafadini, M. 2011. The indigenous *Cuminum cyminum* L. of Yazd province: chemical assessment and evaluation of its antioxidant effects. Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, 19 (4) :472-481. (in Persian)
13. Hanelt, P.H., Büttner, R., Mansfeld, R. and Kilian, R. 2001. Mansfield's Encyclopedia of Agricultural and Horticultural Crops. Berlin, Springer, p. 511.
14. Iacobellis, N., Cantore P., Capasoo F. and Senatore, F. 2005. Antibacterial activity of *Cuminum cyminum* L. and *Carum carvi* L. essential oils. Journal of Agricultural and food chemistry, 53: 57-61.
15. Khan, S., Yu, H., Li, Q., Gao, Y., Sallam, B.N., Wang, H. and Jiang, W. 2019. Exogenous application of amino acids improves the growth and yield of lettuce by enhancing photosynthetic assimilation and nutrient availability. Agronomy, 9(5): 266.
16. Mahmoudi, R., Ehsani, A. and Zare, P. 2012. Phytochemical, antibacterial and antioxidant properties of *Cuminum cyminum* L. essential oil. Food Research, *22*(3): 311-321.
17. Mnif, S. and Aifa, S. 2015. Cumin (*Cuminum cyminum* L.) from traditional uses to potential biomedical applications. Chemistry and Biodiversity. 12(5): 733-742.
18. Mohamed, A.A., El-Hefny, M., El-Shanhorey, N.A. and Ali, H.M. 2020. Foliar application of bio-stimulants enhancing the production and the toxicity of *Origanum majorana* essential oils Against Four Rice Seed-Borne Fungi. Molecules, 25(10): 2363.
19. Noroozlo, Y.A., Souri, M.K., and Delshad, M. 2019. Stimulation effects of foliar applied glycine and glutamine amino acids on Lettuce Growth. Open Agriculture, 4(1): 164-172.
20. Ranjbarian, P., Sadeghian, S., Shirazi, M., Sarraf-Nejad, A., Fazeli, M., Amin, G., et al. 2004. Antimicrobial properties of four plant essential oils and essences against *H. pylori* using disc diffusion and flow cytometry methods. Scientific Journal of Medical University of Hamadan, 33(11): 42-7. (in Persian)
21. Rasool, A., Bhat, K.M., Sheikh, A. A., Jan, A. and Hassan, S. 2020. Medicinal plants: Role, distribution and future. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9(2): 2111-2114.
22. Rezakhani, A. and Haj Seyed Hadi, M.R. 2017. Effect of manure and foliar application of amino acids on growth characteristics, seed yield and essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Iranian Journal of Field Crop Science, 48(3): 777-786. (in Persian)
23. Sadak, S.H.M, Abdelhamid, M.T. and Schmidhalter, U. 2015. Effect of foliar application of amino acids on plant yield and physiological parameters in bean plants irrigated with seawater. Acta Biologica Colombiana, 20(1): 141-152.

24. Shehata S.A., Gharib, A.A., E1-Mogy, M.M., Abdel Gawad, K.F. and Shalaby, E. 2011. Influence of compost, amino and humic acids on the growth, and yield and chemical parameters of strawberries. Journal of Medicinal Plants Research, 5: 2304-2308.
25. Taj, F., Khan, M.A., Ali, H. and Khan, R.S. 2019. Improved production of industrially important essential oils through elicitation in the adventitious roots of *Artemisia amygdalina*. Plants, 8(10): 430.
26. Thomas, J., Mandal, A.K.A., Raj Kumar, R. and Chrodia, A. 2009. Role of biologically active amino acid formulations on quality and crop productivity of Tea (*Camelia* sp.). International Journal of Agricultural Research, 4: 228-36.
27. Wafaa, H.A., Rania, M.R. and El-Shafay, R.M.M. 2021. Effect of spraying with extracts of plants and amino acids on growth and productivity on *Coriandrum sativum* L. plants under shalateen condition. Plant Archives, 21(1): 300-307.

Phytochemical Study and Improving the Essential Oil Yield of *Cuminum cyminum* L. by Spraying the Metabolic Activator of Pluramin and the Growth Regulator of Bioxa under Rainfed Condition

Hazrati, S.[1], Habibzadeh, F.[2*], Mollaie, S.[3], Masoumpour, Z.[4], Asgharian, P.[5]

[1]Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

[2]Assistant Professor, Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

[3]Assistant Professor Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Azerbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

[4]MSc student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

[5]Associate Professor, Drug Applied Research Center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

Received: 19-12-2020 Accepted: 10-4-2021

Abstract

Cumin (*Cumin cyminum* L.) the only cumin crop in Iran, which is rich in secondary metabolites has great economic value and is. In order to evaluate the effect of foliar application of growth stimulant of pluramin and bioxa on this plant, a field study was conducted as a factorial experiment in a randomized complete block design with four replications in the research farm of Shahid Madani University of Azerbaijan in 2017- 2018. Experimental factors included foliar application of pluramin at the concentrations of 0, 2.5 and 5 $g.l^{-1}$ and bioxa at the levels of 0, 5 and 10 $ml.l^{-1}$. The essential oil was extracted using hydro-distillation method in Clevenger apparatus and analyzed by GC/MS. The effect of foliar application of pluramin on 1000-seed weight, number of seeds per umbel and essential oil yield and the effect of foliar application of bioxa on plant height, number of seeds per umbel and content and yield of essential oil were significant. The interaction of experimental factors on the number of seeds per umbel, content and yield of essential oil was significant. Comparison of means showed that the highest content and yield of essential oil with a significant difference belonged to the foliar application of 10 $ml.l^{-1}$ bioxa; after that, spraying 2.5 $g.l^{-1}$ of pluramin produced the highest content of essential oil. The major compounds identified in all treatments included 3-carn-10-al, para-cement, p-comic aldehyde, gamma-terpinene, beta-pinene and 2-carn-10-al. The highest essential oil yield was obtained from foliar application of 10 $ml.l^{-1}$ bioxa, which was significantly different from the other levels of foliar application. That is, simultaneous foliar application increased this compound. The highest amount of para-cymene, gamma-terpinene and beta-pinene was obtained by spraying 10 $ml.l^{-1}$ bioxa and the lowest amount of these compounds were obtained by spraying 5 $g.l^{-1}$ pluramin and 5 $ml.l^{-1}$ bioxa. Overall, the results showed that foliar application of growth stimulants of pluramin and bioxa can improve the yield and composition of cumin essential oil under the rainfed conditions.

Keywords: Amino acid, *Cumin cyminum* L., Essential oil, Foliar application, Growth regulator

*Corresponding author; habibzadeh_f@eng.ikiu.ac.ir