Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 309-320

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۳۲۰-۳۰۹

اثر تنظیم‌کننده‌های زیستی بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و ترکیبات اسانس *Ammi visnaga* (L.)

دیاکو رسولی[۱*]، رقیه محمدپور وشوایی[۲] و براتعلی فاخری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۱۴

رسولی، د.، محمدپور وشوایی، ر.، و فاخری، ب. ۱۳۹۸. اثر تنظیم‌کننده‌های زیستی بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و ترکیبات اسانس *Ammi visnaga* (L.) Lam. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱(۱):۳۲۰-۳۰۹.

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تنظیم‌کننده‌های زیستی بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و ترکیبات اسانس گیاه دارویی *Ammi visnaga* (L.) آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دانشگاه زابل در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام گرفت. تیمارهای استفاده شده در این پژوهش شامل اسید سالیسیلیک، اسید سینامیک و اسید بنزوئیک با سه سطح ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و اسید آمینه‌های فنیل آلانین و تیروزین با سه سطح ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بودند. نتایج نشان داد که تنظیم‌کننده‌های زیستی باعث افزایش میزان صفات مورد بررسی شدند. همچنین تیمار اسید بنزوئیک ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین تأثیر را به نسبت سایر تیمارها داشت؛ به طوری‌که باعث افزایش معنی‌داری در رشد رویشی (۴۶/۱۶ درصد)، محتوای آب نسبی (۶۰/۱۷ درصد)، رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید، کلروفیل a + کلروفیل b و (کلروفیل a + کلروفیل b)/ کارتنوئید به‌ترتیب ۷۷/۶۳، ۶۰/۶، ۶۶/۶۷، ۷۳/۳۲ و ۱۹/۱۲ درصد)، هیدرات‌های کربن (۵۳/۴۳ درصد)، عملکرد میوه (۶۰/۱ درصد) و درصد و عملکرد اسانس (۷۲/۷۸ و ۳۲/۲۸ درصد) به نسبت شاهد شد. نتایج حاصل از این تحقیق بیان داشت که کاربرد تنظیم‌کننده‌های زیستی با هدف کاهش مصرف کودهای شیمیایی، در افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی *Ammi visnaga* و همچنین پایداری تولید و حفظ محیط‌زیست تأثیر مثبتی داشته است.

واژه‌های کلیدی: اسانس، اسید آمینه، تنظیم‌کننده‌های زیستی، ترکیبات فنلی، *Ammi visnaga*

مقدمه

در طی چند دهه گذشته، رویکرد جهانی به سمت کشاورزی مدرن همچون سایر فعالیت‌های بشر باعث صدمه به منابع طبیعی و آلوده‌سازی و تخریب محیط زیست شده و سبب بر هم خوردن تعادل اکولوژیک شده است (Rezvani Moghaddam et al., 2009). افزایش بی‌رویه در مصرف کودهای شیمیایی منجر به افزایش هزینه و همچنین مصرف زیاد منابع فسیلی شده است، از طرفی دیگر باعث ورود مقدار زیادی از نیتروژن به خاک، اتمسفر و آب‌ها می‌شود. این موضوع سلامت انسان و ثبات اکوسیستم‌ها را در معرض تهدید قرار می‌دهد (Nosengo, 2003)، به‌طوری‌که کودهای شیمیایی یکی از منابع مهم انتشار اکسید نیتروژن اتمسفری (N_2O) و در نتیجه گرمایش زمین می‌باشند (Erisman, 2004). گرایش جدید جامعه جهانی به سمت کشاورزی پایدار در راستای پایین آوردن استفاده از نهاده‌های مختلف شیمیایی و همچنین کاربرد تنظیم‌کننده‌های زیستی از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید محصول و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک برخوردار می‌باشند (Hamidi et al., 2005). تنظیم کننده‌های زیستی به عنوان ترکیبات شبه‌هورمونی عمل کرده که باعث تنظیم رشد سلولی و تمایز در گیاهان می‌شوند. این ترکیبات به دلیل طبیعی بودن ایمن بوده و خواص سمیت بسیار پایینی را دارا می‌باشند (Adisakwattana et al., 2012).

گرچه استفاده از کودهای زیستی در کشاورزی قدمت زیادی دارد، ولی بهره‌برداری علمی از این گونه منابع سابقه چندانی ندارد. هر چند

۱- دکتری بیوتکنولوژی کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
۲- کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
۳- دانشیار اصلاح نباتات، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*-نویسنده مسئول: Email: diakorasouli@znu.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v11i1.61527

www.SID.ir

Archive of SID

کاربرد این کودها در چند دهه اخیر کاهش یافته ولی امروزه استفاده از آن‌ها مجددا مطرح شده است (Astarai & Kocheki, 1997).

Ammi visnaga (L.) Lam گیاه دارویی علفی متعلق به خانواده چتریان[1] و بومی نواحی مدیترانه می‌باشد. این گیاه بازکننده عروق و ادارآور می‌باشد. علاوه بر این شل‌کننده عضلات بوده و قرن-ها برای تسکین دردهای سخت سنگ کلیه استفاده می‌شده است (Chevalier, 1996). دانه‌های این گیاه به عنوان یک داروی محلی ادارآور استفاده می‌شوند (Uphof, 1959). دانه این گیاه دارای اسانسی است که حاوی ویزنامین[2] یا خلین[3] می‌باشد که برای درمان آسم استفاده می‌شود. دانه‌ها دارای خاصیت ضد اسپاسم بر روی عضلات برونش کوچک، بازکننده برونش، ادرار و عروق خونی بدون تأثیر بر فشار خون می‌باشند (Bown, 1995). اسانس این گیاه به واسطه تأثیر بر بیماری‌های عروق کرونر و آسم معروف است (Rose & Hulburd, 1992; Satrani et al., 2004). اجزای اصلی تشکیل دهنده اسانس این گیاه لینالول[4]، ایزوآمیل ۲- متیل بوتیرات[5] و ایزوپنتیل ایزووالرات[6] می‌باشد (Khadhri et al., 2011).

فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، تانن‌ها، هیدروکسی سینامیک استرها و لیگنین‌ها از ترکیبات فنلی و جزو متابولیت‌های ثانویه هستند که در بافت‌های گیاهی به وفور یافت می‌شوند. ترکیبات فنلی به عنوان یک نوع از تنظیم‌کننده‌های زیستی محسوب شده که در شرایط مطلوب محیطی در سلول‌های گیاهی سنتز می‌شوند و در فرایندهای مختلف گیاه مانند رشد و تولید مثل درگیر بوده و نیز به عنوان یک مکانیسم دفاعی در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده عمل می‌کنند (Cohen & Kennedy, 2010). این ترکیبات انتشار وسیعی در گیاهان داشته و فعالیت بیولوژیک متنوع آن‌ها از جمله آنتی‌اکسیدانی، آنتی‌میکروبی و ضد التهاب آن‌ها در بسیاری از بررسی‌ها گزارش شده است (Jamshidi et al., 2010). خاصیت آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌رادیکالی ترکیبات فنلی می‌توانند نقش مهمی در نگهداری محصولات غذایی و حفظ سلامتی انسان ایفاء نمایند. ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنلی می‌توانند با جمع‌آوری و احیای گونه‌های فعال اکسیژن از اکسیداسیون متابولیت‌های حیاتی سلول جلوگیری کرده، مانع بروز تنش اکسیداتیو در سلول‌های گیاهی شوند (Rice-Evans et al., 1997; Myung-Min et al., 2009).

اسیدهای آمینه امروزه به عنوان تنظیم‌کننده‌های زیستی در تولید بیشتر محصولات کشاورزی به منظور رسیدن به کشاورزی پایدار در تغییر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرند (Wu et al., 2005). پژوهش‌های صورت گرفته بر روی اسیدهای آمینه نشان داده‌اند که این ترکیبات می‌توانند به طور مستقیم یا غیرمستقیم فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه را تحت تأثیر قرار دهند (Garde-Cerdán et al., 2014).

امروزه تنظیم کننده‌های رشد در حکم ابزارهای اگروشیمیایی مفیدی می‌باشند که گیاهان را در راستای مصرف کارآمدتر عناصر غذایی و تظاهر پتانسیل‌های ژنتیکی و فیزیولوژیکی یاری می‌دهند (Wu et al., 2005). کودهای زیستی به عنوان جایگزین مناسب برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات کشاورزی ارگانیک مطرح می‌باشند (Wu et al., 2005). استفاده از تنظیم کننده‌های زیستی نه تنها مقدار کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد، بلکه به ذخیره انرژی و کاهش آلودگی محیط کمک خواهد نمود (Belde et al., 2000).

با توجه به اهمیت و نقش گیاهان دارویی، نکته حائز اهمیت در تولید و پرورش این گونه‌های ارزشمند، افزایش تولید زیست توده آن‌ها بدون کاربرد نهاده‌های مضر شیمیایی اعم از کود یا سموم دفع آفات و علف‌های هرز می‌باشد. در این تحقیق با توجه به فواید تنظیم‌کننده-های زیستی در افزایش تولید و راندمان محصول و همچنین حفظ محیط زیست از بقایای کودهای شیمیایی، آزمایشی به منظور تأثیر تنظیم‌کننده‌های زیستی بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و ترکیبات اسانس گیاه دارویی *A. visnaga* انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنظیم‌کننده‌های زیستی بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و ترکیبات اسانس گیاه *A. visnaga* آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه زابل در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. آزمایش در گلدان‌هایی به ابعاد ۲۰×۲۵ سانتی‌متر انجام گرفت. بذور از بانک ژن سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور تهیه شد. ۱۰ عدد بذر در هر گلدان کشت شد و در نهایت سه بوته در هر گلدان نگهداری شد. هر واحد آزمایشی شامل دو گلدان بود. هر گلدان با حدود ۱/۵ کیلوگرم خاک پر شد.

کشت در اول آبان آغاز شد. گلدان‌ها به تعداد ۹۶ عدد بودند که به سه قسمت تقسیم شدند (۴۸ واحد آزمایشی). هر تکرار شامل ۳۲ گلدان (۳۲=۱۶×۲) بود و تعداد تیمارها نیز به همراه شاهد ۱۶ عدد بودند. تیمارهای استفاده شده در این پژوهش شامل ترکیبات فنلی (اسید سالیسیلیک، اسید سینامیک و اسید بنزوئیک هر کدام در ۱۸ گلدن با سه سطح ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر) و اسید آمینه (فنیل آلانین و تیروزین هر کدام در ۱۸ گلدان با سه سطح ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰

1- Umbelliferae
2- Visnammin
3- Khellin
4- Linalool
5- Isoamyl 2-methyl butyrate
6- Isopentyl isovalerate

www.SID.ir

Archive of SID

میلی‌گرم بر لیتر) بودند. آب مقطر نیز به عنوان شاهد در شش گلدان بوده و همه تیمارهای استفاده شده به صورت محلول‌پاشی اعمال گردیدند. محلول‌پاشی ۳۰ روز پس از کاشت انجام شد. همچنین دو گرم سوپر فسفات کلسیم ۱۵/۵ درصد (P_2O_5)، ۲ گرم سولفات آلومینیوم پنج درصد ($(NH_4)_2SO_4$) و ۱۵ گرم سولفات پتاسیم ۴۸ درصد (K_2SO_4) به هر گلدان اضافه شد. اندازه‌گیری‌ها در مرحله رسیدگی (۲۱۰ روز پس از کاشت) و میوه‌دهی (۱۸۰ روز پس از کاشت) انجام شد (آخر اردیبهشت و آخر خرداد ماه). صفات رویشی شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد چتر، وزن تر سرشاخه‌های گلدار و وزن خشک سرشاخه‌های گلدار برای هر گلدان اندازه‌گیری گردید. محتوای آب نسبی با روش پسرکلی (Pessarakli, 1999) بدست آمد. میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، b و کارتنوئید نیز از روش لیچنتالر (Lichtenthaler, 1987) محاسبه شد. هیدرات‌های کربن کل، هیدرات‌های کربن محلول و هیدرات‌های کربن غیرمحلول، بر اساس روش اسید سولفوریک و با استفاده از اتانول ۹۵ درصد اندازه‌گیری شدند (Lrigoyen & Emerich, 1992). میوه‌های رسیده جمع‌آوری و در هوا خشک شدند. ۵۰ گرم از میوه‌های خشک شده با آسیاب پودر شدند. اسانس نمونه‌های پودر شده با اتر نفت (PE ۴۰- ۶۰^{0}c) برای ۴۸ ساعت و در دمای اتاق استخراج شد. اسانس استخراج‌شده با یک روتاری با کاهش فشار تبخیر شده خشک شد. برای خارج کردن رطوبت از اسانس از سولفات سدیم بی‌آب استفاده شد سپس اسانس خالص در یخچال در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد (Ozturk et al., 2004).

جدول ۱- خصوصیات خاک گلدان‌ها

Table 1- Soil characteristics of pots

بافت خاک Soil texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	مواد آلی (درصد) Organic materials (%)	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (درصد) P (%)	پتاسیم (درصد) K (%)
شنی لومی Sandy loam	7.2	0.6	0.9	1.9	0.3	0.1	0.1

ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس

ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل ۳۴۰۰ ساخت کارخانه واریان[1] مجهز به طیف سنج جرمی[2] (GC/MS)، ستون DB-5 و نیمه قطبی به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵ میکرون و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون، دتکتور ایون ترپ[3]، گاز حامل هلیوم، سرعت جریان گاز حامل ۳۱/۵ سانتی‌متر بر ثانیه و انرژی یونیزاسیون در طیف‌سنج جرمی معادل ۷۰ الکترون وات، برنامه حرارتی ۲۴۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۴ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه و دمای محفظه تزریق ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و زمان اسکن یک ثانیه بود. شناسایی طیف‌ها به کمک شاخص بازداری آن‌ها و مقایسه آن با شاخص موجود در کتب مرجع و مقالات و با استفاده از طیف‌های جرمی ترکیبات استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در کتابخانه کامپیوتری صورت گرفت (Adams, 2001). درصد و عملکرد این ترکیب‌ها نیز با محاسبه سطوح زیر منحنی در کروماتوگراف‌ها محاسبه شد (Ozturk et al., 2004). برای تجزیه تحلیل داده‌ها از نسخه ۹/۲ نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین داده‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

رشد رویشی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که رشد رویشی گیاه *A. visnaga* بر تمامی صفات رویشی شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد چتر، وزن تر سرشاخه‌های گلدار و وزن خشک سرشاخه‌های گلدار در سطح احتمال یک درصد ($P\leq$۰/۰۱) معنی‌دار بود (جدول ۲). در نتایج مقایسه میانگین صفات رویشی مشاهده گردید که حداکثر رشد رویشی گیاه مربوط به تیمار اسید بنزوئیک ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر نسبت به شاهد (۴۶/۱۹ درصد) بود. همچنین تأثیر اسید آمینه (فنیل آلانین و تیروزین) باعث افزایش معنی‌دار صفات رویشی نسبت به شاهد (۲۸/۸ و ۲۳/۳۸ درصد) گردید ولی این افزایش به نسبت ترکیبات فنلی کمتر بود. کمترین رشد رویشی برای کلیه صفات رویشی مربوط به شاهد بود که به نسبت سایر تیمارها افزایش نشان نداد (جدول ۳).

1- Varian
2- Saturn II
3- Ion trap

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس ویژگی‌های رشد رویشی، عملکرد میوه و اسانس (*Ammi visnaga* (L.. تحت اثرات تنظیم‌کننده‌های زیستی مختلف

Table 2- Analysis of variance of vegetative growth characteristics, fruit and essential oil yield of *Ammi visnaga* (L.) under effects of different bio-regulators

منابع تغییر SOV	درجات آزادی df	میانگین مربعات Mean sum of squares								
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه Branch No.	تعداد چتر Umbel No.	وزن تر سرشاخه‌های گلدار Fresh weight of herb	وزن خشک سرشاخه‌های گلدار Dry weight of herb	محتوای آب نسبی RWC	کلروفیل a Chl a	کلروفیل b Chl b	کارتنوئید Carotinoids
بلوک Block	2	29.14**	2.64**	31.23**	86.37**	0.83**	81.87**	0.44**	0.93**	0.173**
تیمار Treatment	15	360.54**	6.11**	74.76**	417.68**	171.28**	74.67**	18.64**	1.35**	2.250**
خطا Error	30	0.22	0.04	0.54	1.31	0.02	1.39	0.04	0.02	0.003
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)		0.47	2.93	2.69	2.24	0.37	6.38	3.51	6.61	1.91

ns، * و**: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at the 5 and 1% levels of probability, respectively.

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس ویژگی‌های رشد رویشی، عملکرد میوه و اسانس (*Ammi visnaga* (L.. تحت اثرات تنظیم‌کننده‌های زیستی مختلف

Table 2- Analysis of variance of vegetative growth characteristics, fruit and essential oil yield of *Ammi visnaga* (L.) under effects of different bio-regulators

منابع تغییر SOV	درجات آزادی df	میانگین مربعات Mean sum of squares							
		کلروفیل a+ کلروفیل b Chl a+Chl b	(کلروفیل a+ کلروفیل b)/ کارتنوئید (Chla+Chlb)/Carotinoids	هیدرات‌های کربن کل Total carbohydrates	هیدرات‌های کربن محلول Soluble carbohydrate	هیدرات‌های کربن غیر محلول Insoluble carbohydrate	عملکرد میوه Fruit yield	درصد اسانس Essential oil content	عملکرد اسانس Essential oil yield
بلوک Block	2	1.10**	0.13**	24751.16**	909.77**	16170.30**	0.0729**	0.0121**	0.00016**
تیمار Treatment	15	29.94**	0.32**	140884.28**	4036.11**	97347.51**	8.4041**	0.0761**	0.002704**
خطا Error	30	0.07	0.01	700.78	13.51	557.86	0.0007	0.0001	0.00001
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)		3.55	3.89	2.16	1.79	2.32	0.43	0.78	4.13

ns، * و**: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین ویژگی‌های رشد رویشی، عملکرد میوه و اسانس (*Ammi visnaga* (L.) تحت اثرات تنظیم‌کننده‌های زیستی مختلف

Table 3- Mean comparison of vegetative growth characteristics, fruit and essential oil yield of *Ammi visnaga* (L.) under effects of different bio-regulators

تیمار Treatment	سطوح Levels	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد شاخه Branch No.	تعداد چتر Umbel No.	وزن تر سرشاخه‌های گلدار Fresh weight of herb (g)	وزن خشک سرشاخه‌های گلدار Dry weight of herb (g)	محتوای آب نسبی RWC (%)		کلروفیل a Chl a (µg.gFw)	کلروفیل b Chl b (µg.gFw)	کارتنوئید Carotinoids (µg.gFw)
شاهد Control	-	80.23^{l}	4.07^{h}	17.50^{h}	28.23^{l}	25.33^{p}	11.10^{h}	1	2.40^{k}	1.43^{i}	1.50^{k}
تیروزین Tyrosine	50	82.17^{k}	4.80^{g}	21.73^{g}	32.23^{k}	28.83^{o}	12.57^{gh}	2	2.70^{k}	1.53^{hi}	1.80^{j}
	100	90.50^{i}	5.40^{f}	24.67^{ef}	45.57^{h}	40.06^{k}	14.07^{fg}	3	4.07^{i}	1.90^{ef}	2.07^{i}
	200	98.83^{f}	6.00^{e}	25.53^{e}	54.33^{ef}	47.63^{e}	14.93^{ef}	4	4.97^{g}	2.00^{e}	2.57^{h}
فنیل آلانین Phenylalanine	50	88.87^{j}	5.60^{f}	25.50^{e}	39.30^{j}	35.07^{n}	14.57^{efg}	5	3.03^{j}	1.60^{ghi}	1.77^{j}
	100	92.73^{h}	5.97^{e}	25.77^{e}	48.40^{g}	41.93^{j}	16.60^{de}	6	4.40^{h}	1.83^{efg}	2.60^{g}
	200	98.87^{f}	6.97^{c}	28.77^{d}	56.10^{e}	45.57^{g}	20.43^{c}	7	5.67^{f}	2.37^{d}	2.90^{f}
اسید بنزوئیک Benzoic acid	5	103.47^{d}	7.80^{b}	29.50^{cd}	59.90^{d}	47.10^{f}	21.83^{c}	8	6.20^{e}	2.37^{d}	3.67^{d}
	10	113.00^{b}	7.80^{b}	30.80^{b}	63.10^{bc}	48.47^{c}	25.40^{b}	9	10.07^{b}	3.33^{b}	3.90^{b}
	20	117.70^{a}	9.90^{a}	39.23^{a}	69.67^{a}	52.26^{a}	27.87^{a}	10	10.73^{a}	3.63^{a}	4.50^{a}
اسید سینامیک Tarns-cinnamic acid	5	99.73^{e}	6.07^{e}	24.43^{ef}	45.53^{h}	39.80^{i}	15.77^{ef}	11	3.73^{i}	1.67^{efgh}	2.10^{i}
	10	108.10^{c}	7.07^{c}	31.13^{b}	52.83^{f}	43.60^{i}	18.30^{d}	12	6.20^{e}	2.50^{cd}	3.07^{e}
	20	113.70^{b}	7.80^{b}	31.67^{b}	64.70^{b}	50.10^{b}	24.27^{b}	13	8.57^{c}	3.10^{b}	3.77^{c}
اسید سالیسیلیک Salisylic acid	5	90.00^{i}	5.97^{e}	23.90^{f}	42.07^{i}	37.30^{m}	15.47^{ef}	14	3.93^{i}	1.73^{efgh}	2.10^{i}
	10	95.03^{g}	6.50^{d}	25.20^{ef}	52.47^{f}	44.50^{h}	18.27^{d}	15	4.90^{g}	1.97^{e}	2.50^{h}
	20	99.13^{ef}	7.80^{b}	30.70^{bc}	62.43^{c}	47.93^{d}	24.13^{b}	16	6.77^{d}	2.70^{c}	2.87^{f}

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

* Means, in each column followed by at least on letter in common are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test.

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین ویژگی‌های رشد رویشی، عملکرد میوه و اسانس (*Ammi visnaga* (L.) تحت اثرات تنظیم‌کننده‌های زیستی مختلف

Table 3- Mean comparison of vegetative growth characteristics, fruit and essential oil yield of *Ammi visnaga* (L.) under effects of different bio-regulators

تیمار Treatment	سطوح Levels	کلروفیل a+ کلروفیل b Chl a+Chl b (µg.gFw)	(کلروفیل a+ کلروفیل b)/ کارتنوئید (Chla+Chlb)/Carotinoids	هیدرات‌های کربن کل Total carbohydrates (µgGlu.gFw)	هیدرات‌های کربن محلول Soluble carbohydrate (µgGlu.gFw)	هیدرات‌های کربن غیر محلول Insoluble carbohydrate (µgGlu.gFw)	عملکرد میوه Fruit yield (g/plant)	درصد اسانس Essential oil content (%)	عملکرد اسانس Essential oil yield (ml)
شاهد Control	-	3.83^{l}	2.58^{ef}	772.85^{j}	123.80^{k}	649.05^{j}	3.95^{o}	1.007^{k}	0.040^{j}
تیروزین Tyrosine	50	4.23^{kl}	2.37^{g}	912.20^{i}	152.10^{j}	760.10i	4.15^{n}	1.057^{j}	0.043^{j}
	100	5.97^{hi}	2.90^{d}	1061.55^{h}	176.95^{i}	884.60^{h}	4.65^{l}	1.127^{i}	0.050^{i}
	200	6.97^{g}	2.72^{de}	1101.35^{h}	188.50^{gh}	912.85^{h}	5.90^{h}	1.467^{b}	0.086^{f}
فنیل آلانین Phenylalanine	50	4.63^{k}	2.63^{e}	1075.90^{h}	184.35^{h}	891.55^{h}	4.50^{m}	1.267^{g}	0.057^{h}
	100	6.23^{h}	2.40f^{g}	1156.65^{g}	192.70^{g}	963.95^{g}	5.95^{g}	1.390^{d}	0.083^{f}
	200	8.03^{f}	2.77^{de}	1259.60^{f}	209.90^{e}	1049.70^{f}	6.95^{e}	1.487^{a}	0.103^{d}
اسید بنزوئیک Benzoic acid	5	8.57^{e}	2.34^{g}	1356.45^{d}	231.10^{c}	1125.35^{d}	6.95^{e}	1.370^{e}	0.097^{e}
	10	13.40^{b}	3.43^{a}	1494.95^{b}	249.10^{b}	1245.85^{b}	8.75^{b}	1.390^{d}	0.120^{b}
	20	14.36^{a}	3.19^{bc}	1649.85^{a}	274.95^{a}	1374.90^{a}	9.90^{a}	1.487^{a}	0.147^{a}
اسید سینامیک Tarns-cinnamic acid	5	5.40^{j}	2.57^{ef}	1180.60^{g}	200.75^{f}	979.85^{g}	5.85^{i}	1.220^{h}	0.070^{g}
	10	8.70^{e}	2.83^{d}	1329.70^{de}	221.55^{d}	1108.15^{de}	6.80^{f}	1.350^{f}	0.093^{e}
	20	11.67^{c}	3.10^{c}	1406.70^{c}	234.45^{c}	1172.25^{c}	7.55^{c}	1.437^{c}	0.110^{c}
اسید سالیسیلیک Salisylic acid	5	5.67^{ij}	2.70^{de}	1199.95^{g}	200.05^{f}	999.90^{g}	4.90^{k}	1.140^{i}	0.057^{h}
	10	6.87^{g}	2.75^{de}	1298.40^{ef}	216.45^{d}	1081.95^{ef}	5.03^{j}	1.367^{ef}	0.070^{g}
	20	9.47^{d}	3.30^{ab}	1322.20^{de}	222.15^{d}	1100.05^{de}	7.00^{d}	1.477^{ab}	0.103^{d}

www.SID.ir

Archive of SID

گزارش شده است کـه اسـید بنزوئیـک بـه عنـوان یـک نـوع از ترکیبات فنلی باعث افزایش صفات رویشی نظیر ارتفـاع بوتـه، طـول ساقه، تعداد شاخه و قطر ساقه گل دهنده در گیاه مریم‌گلـی (*Salvia officinalis* Linn.) شده است (Nagarja et al., 1999; Preeti & Gogoi, 1997). پـرز و همکـاران (Perez et al., 2014) گـزارش کردند که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به عنوان یک ترکیـب فنلـی باعث افزایش رشـد بـرگ و سـاقه در گیـاه نعنـاع فلفلـی (*Mentha piperita* L.) شده است؛ به‌طوری‌که اسید سالیسیلیک به عنوان یک فعال‌کننده ترکیبات زیستی[1] تـأثیر مسـتقیمی در رشـد رویشـی گیـاه داشته است. بنـابراین، مـی‌تـوان بیـان داشـت کـه ترکیبـات فنلـی و اسیدهای آمینه به عنوان تنظیم‌کننده‌های زیستی در شـرایط مطلـوب محیطی در سلول‌های گیاهی باعث افزایش سنتز این ترکیبات شده در نتیجه در فرایندهای مختلف گیاه نظیر افزایش رشد و تولید مثل ایفای نقش می‌کنند. در این تحقیق نیز مشاهده گردید که اسید بنزوئیـک و اسید سالیسیلیک به عنوان ترکیبات فنلی به نسـبت اسـیدهای آمینـه فنیل آلانین و تیروزین تأثیر بیشتری بر افـزایش رشـد رویشـی گیـاه داشتند که احتمالا سنتز بیشتر ایـن ترکیبـات در سـلول‌هـای گیـاهی باعث این افزایش رشد شده است.

محتوای آب نسبی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که محتوای آب نسبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میـانگین محتـوای آب نسبی مشخص کرد که بیشترین میزان آن مربوط به تیمـار اسـید بنزوئیک ۲۰ میلی‌گرم بـر لیتـر نسـبت بـه شـاهد (۶۰/۱۷ درصـد) و کمترین مربوط به شاهد بود. همچنین تیمارهـای اسـید بنزوئیـک ۱۰ میلی‌گرم بـر لیتـر، اسـید سـینامیک ۲۰ میلـی‌گـرم بـر لیتـر و اسـید سالیسیلیک ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر بعد از اسید بنزوئیک ۲۰ میلی‌گرم بـر لیتر بیشترین تأثیر را بر محتوای آب نسبی نسبت بـه شـاهد (۵۶/۲۹، ۵۴/۲۶ و ۵۳/۹۹ درصد به ترتیب) داشتند که اختلاف معنی‌داری بـین آن‌ها مشاهده نشد. از طرفی اسید آمینه‌های تیروزین و فنیـل آلانـین باعث افزایش معنی‌دار محتوای آب نسبی به نسـبت شـاهد (۳۵/۴۶ و ۱۹/۸۵ درصد) گردیدند که ایـن افـزایش بـه نسـبت ترکیبـات فنلـی معنی‌داری کمتری داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد تنظیم کننده‌های زیستی باعث افزایش محتوای آب نسبی در گیاه *A. visnag* شده‌انـد؛ به‌طوری که با افزایش غلظت تیمارهای استفاده شده نسبت محتـوای آب نسبی نیز افزایش یافت. در این تحقیق محتوای آب نسبی گیاه به شدت توسط تنظیم‌کننده‌های اسید سالیسیلیک، اسید سینامیک و اسید بنزوئیک افزایش نشان داد که این امر ممکن است به دلیـل افـزایش رشد رویشی و در نتیجه افزایش عملکرد گیاه باشد.

رنگیزه‌های فتوسنتزی

همه رنگیزه‌هـای فتوسـنتزی شـامل کلروفیـل a، کلروفیـل b، کارتنوئیـد، کلروفیـل a + کلروفیـل b و (کلروفیـل a + کلروفیـل b)/ کارتنوئیـد در سـطح احتمـال یـک درصـد معنـی‌دار بـود (جـدول ۲). بیشترین کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید، کلروفیل a + کلروفیـل b مربوط به تیمار اسید بنزوئیک ۲۰ میلی‌گرم بر لیتـر نسـبت بـه شـاهد (۷۷/۶۳، ۶۰/۶، ۶۶/۶۷ و ۷۳/۳۲ درصد به ترتیـب) مشـاهده گردیـد. بیشترین (کلروفیل a + کلروفیل b)/ کارتنوئید مربوط به تیمـار اسـید بنزوئیک ۱۰ میلی‌گرم بـر لیتـر نسـبت بـه شـاهد (۲۴/۷۸ درصـد) و کمترین میزان آن نیز مربوط به اسید بنزوئیک ۵ میلی‌گرم بـر لیتـر و تیروزین ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به نسبت شاهد (۱۰/۲۵ و ۸/۸۶ درصـد) بود. در کلیه رنگیزه‌های مورد بررسی به غیر از (کلروفیل a + کلروفیل b)/ کارتنوئید سایر تیمارها افزایش معنـی‌داری بـه نسـبت شـاهد بـر رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه *A. visnaga* داشـتند (جـدول ۳). میـزان کلروفیل در گیاهـان زنـده یکـی از فاکتورهـای مهـم حفـظ ظرفیـت فتوسنتزی است (Jiang & Huang, 2001).کانگ و وانـگ (Kang & Wang, 2003) بیان داشتند که ترکیبات فنلی نظیر اسید بنزوئیک و اسید سینامیک به عنوان ماده شبه‌هورمونی نقش مهمـی در تنظـیم رشد و نمو گیاه دارند و در تنظیم فرایندهای مختلفی مانند جوانـه‌زنـی بذر، افزایش میزان فتوسنتز و محتوای کلروفیل، بسته شـدن روزنـه و مهار بیوسنتز اتیلن گیاه ایفای نقش می‌کنند. تنظیم کننده‌های زیستی از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیـل بـرگ باعـث افـزایش عملکـرد در گیاهان می‌شوند (Nardi et al., 2002). با افزایش غلظـت ترکیبـات استفاده شده میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید افزایش معنی‌دار داشـت کـه ایـن امـر بیـانگر افـزایش متابولیسم فتوسنتزی گیاه با استفاده از غلظت‌های بالای این ترکیبات بوده است.

هیدرات‌های کربن

هیدرات‌های کربن کل، هیدرات‌های کربن محلول و هیـدرات-های کربن غیرمحلول در سـطح احتمـال یـک درصـد معنـی‌دار بـود (جدول ۲). مقایسه میانگین نیز نشان داد که در هر سه نـوع هیـدرات کربن بیشترین میزان مربوط به تیمار اسید بنزوئیک ۲۰ میلی‌گـرم بـر لیتر نسبت به شاهد (۵۳/۴۳ درصد) بود کـه باعـث افـزایش معنـی‌دار هیدرات‌های کربن به نسـبت سـایر تیمارهـا گردیـد. کمتـرین میـزان هیدرات‌های کربن کل، محلول و غیرمحلول مربوط به شاهد بود. بعـد از اسید بنزوئیک ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر، اسید بنزوئیک ۱۰ میلی‌گرم بـر لیتر باعث بیشترین میزان هیدارت‌های کربن نسبت به شـاهد (۴۸/۶۰ درصد) گردید که در هر سه نوع هیدارت کربن اختلاف معنی‌داری بین

1- Bioactive compounds

www.SID.ir

Archive of SID

آن‌ها مشاهده نشد. همچنین سایر تیمارها باعث افزایش معنی‌دار هیدرات کربن به نسبت شاهد شد. گزارشات متعددی نشان داده‌اند که ترکیبات فنلی باعث افزایش میزان کربوهیدرات کل در گیاه می‌شوند؛ به‌طوری‌که این ترکیبات با تأثیر در مسیر متابولیسمی کربوهیدرات باعث افزایش آن از طریق ساخت پیش‌سازهای مربوط به قند مورد نیاز گیاه می‌باشند (Ghasemzadeh & Jaafar, 2012; Ibrahim & Jaafar, 2011). در این تحقیق مشخص شد که با افزایش غلظت اسید بنزوئیک به عنوان یک ترکیب فنلی بیشترین میزان هیدرات کربن بدست آمد. همچنین غلظت‌های بالای اسید سینامیک و اسید سالیسیلیک نیز بیشترین میزان هیدرات کربن را بعد از اسید بنزوئیک باعث شدند که مشخص کرد اگرچه تیروزین و فنیل آلانین به عنوان اسیدهای آمینه باعث افزایش هیدرات کربن گردیدند اما این افزایش به نسبت ترکیبات فنلی بسیار پایین‌تر مشاهده شد که با یافته‌های قاسم‌زاده و جافر (Ghasemzadeh & Jaafar, 2012) مطابقت دارد.

عملکرد میوه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد میوه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان عملکرد میوه مربوط به تیمار اسید بنزوئیک ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر بود (۶۰/۱ درصد) که اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت. همچنین کمترین عملکرد میوه مربوط به شاهد بود که به نسبت محلول‌پاشی تیمارهای مورد نظر افزایش معنی‌داری نداشت. یانگ و همکاران (Yang et al., 2015) بیان داشتند که اسید بنزوئیک، اسید سینامیک و اسید فرولیک با تأثیر بر رشد گیاه باعث افزایش عملکرد میوه خربزه شدند که در این بین، اسید بنزوئیک بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد داشت. با توجه به اینکه اسید بنزوئیک بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد میوه *A. visnaga* داشته است می‌توان آن را جهت افزایش عملکرد میوه توصیه نمود. همچنین سایر تیمارهای اعمال شده در این تحقیق نشان دادند که باعث افزایش عملکرد میوه در گیاه *A. visnaga* می‌شوند (جدول ۳) که استفاده از هر کدام از این تیمارها را می‌توان به عنوان تنظیم‌کننده‌های زیستی مد نظر جهت افزایش عملکرد میوه قرار داد.

درصد و عملکرد اسانس

درصد و عملکرد اسانس در گیاه *A. visnaga* در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در مقایسه میانگین داده‌ها مشاهده شد که بیشترین عملکرد اسانس مربوط به تیمار اسید بنزوئیک ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر (۷۲/۷۸ درصد) و بیشترین درصد اسانس مربوط به تیمارهای اسید بنزوئیک ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و فنیل آلانین ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (۳۲/۲۷ درصد) نسبت به شاهد بود که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند، در حالی‌که کمترین درصد و عملکرد اسانس مربوط به شاهد بود که افزایش معنی‌داری نشان نداد. سایر تیمارهای اعمال شده نیز باعث افزایش درصد و عملکرد اسانس شدند به‌طوری‌که به نسبت شاهد اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۳). بنابراین، مشخص شد که ترکیبات فنلی و اسیدهای آمینه استفاده شده باعث افزایش معنی‌دار درصد و عملکرد اسانس شد که با توجه به افزایش پارامترهای اندازه‌گیری شده تحت تیمارها افزایش درصد و عملکرد اسانس قابل پیش‌بینی بود.

ترکیبات اسانس

نوع و میزان ترکیب‌های سازنده اسانس در بخش هوایی گیاه *A. visnaga* پس از استخراج، با دستگاه GC/MS تعیین شدند (جدول ۴). ترکیب غالب اسانس بخش هوایی این گیاه در تحقیق حاضر در گروه شاهد و گروه تحت تیمار شامل دی‌متیل بوتانوئیک اسید، ایزوبوتیل ایزوبوتیرات، تیمول و کرواسین بودند. در این تحقیق همه تیمارهای اعمال شده بر بافت سبز گیاه *Ammi visnaga* (L.) Lam باعث افزایش درصد اسانس شدند. بیشترین میزان دی متیل بوتانوئیک اسید تحت تیمارهای اسید سالیسیلیک ۵ میلی‌گرم بر لیتر و تیروزین ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بود که به نسبت شاهد به ترتیب ۶۸ و ۶۶/۵ درصد افزایش نشان داد. بیشترین درصد ترکیب ایزوبوتیل ایزوبوتیرات مربوط به تیمارهای تیروزین ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بود که افزایش ۶۳/۴ و ۶۴ درصدی را باعث شد، همچنین کمترین درصد آن مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک ۵ میلی‌گرم بر لیتر (۵۰/۳ درصد) بود که باعث کاهش شدید ایزوبوتیل ایزوبوتیرات شد در حالی‌که افزایش غلظت اسید سالیسیلیک بر میزان این ترکیب افزود. بیشترین و کمترین میزان تیمول مربوط به تیمارهای تیروزین ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و اسید سینامیک ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر (به ترتیب ۷۵/۵ و ۴۶/۸ درصد) بود. با افزایش غلظت تیمارهای فنیل آلانین، اسید سینامیک و اسید سالیسیلیک از میزان ترکیب تیمول کاسته شد. بیشترین ترکیب کرواسین مربوط به تیمارهای اسید بنزوئیک ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و اسید سالیسیلیک ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر (به ترتیب ۹۰ و ۸۹/۵ درصد) بود. همچنین کمترین میزان ترکیب کرواسین مربوط به شاهد بود که در مقایسه با محلول‌پاشی تیمارهای مورد نظر افزایشی مشاهده نشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- اثر تنظیم‌کننده‌های زیستی بر ترکیبات اسانس (L.) *Ammi visnaga*

Table 4- effect of bio-regulators on essential oil composition of *Ammi visnaga* (L.)

ترکیبات Components	شاخص بازداری KI	تیمارها Treatments																	
		شاهد Control	تیروزین Tyrosine (%)			فنیل آلانین Phenylalanine (%)			اسید بنزوئیک Benzoic acid (%)			اسید سینامیک Tarns-cinnamic acid (%)			اسید سالیسیلیک Salicylic acid (%)		
			50 mg/l	100 mg/l	200 mg/l	50 mg/l	100 mg/l	200 mg/l	5 mg/l	10 mg/l	20 mg/l	5 mg/l	10 mg/l	20 mg/l	5 mg/l	10 mg/l	20 mg/l
α-Thujene	931	0.9	2.5	1.3	1.0	1.2	1.9	2.1	1.1	2.4	3.9	2.2	1.4	0.9	1.5	2.2	3.9
Myrcene	991	0.8	2.0	3.4	8.0	3.6	3.6	3.7	1.2	2.8	3.7	1.9	1.4	1.2	2.1	3.4	4.9
Isobutyl isobutyrate	1004	12.9	20.6	35.3	35.9	18.9	19.6	24.1	14.8	24.3	29.9	11.4	24.4	32.6	6.4	16.5	25.6
Linalool	1029	0.9	2.9	1.6	1.3	3.3	1.3	0.9	0.8	2.4	4.5	2.1	1.4	1.1	1.1	2.5	2.6
2,2-Dimethylbutanoic acid	1108	18.9	35.4	55.4	56.4	20.6	38.8	39.5	55.0	25.9	21.1	27.4	36.5	38.6	59.0	34.4	31.2
α-Isophorone	1121	0.4	0.9	1.9	3.0	2.7	6.2	6.2	11.9	16.7	19.6	13.8	19.3	21.1	6.4	11.3	13.8
Fenchyl acetate	1220	1.3	3.8	2.9	2.5	7.8	5.0	4.2	1.0	3.2	4.8	7.0	6.2	3.2	3.7	4.7	6.5
Bornyl acetate	1289	0.4	1.7	4.4	7.8	2.6	2.9	3.5	0.8	1.2	4.3	5.3	3.5	2.3	0.9	1.8	2.0
Thymol	1290	3.2	8.5	10.8	13.1	9.3	2.8	2.4	2.1	5.2	7.0	8.0	4.8	1.7	6.7	6.3	5.7
Geranyl acetate	1381	0.1	0.2	0.3	1.4	4.9	7.6	9.1	11.5	8.4	5.2	3.8	11.2	12.7	0.9	6.9	7.5
Lavandulyl acetate	1439	0.1	0.1	0.2	0.7	7.6	3.0	1.4	1.4	4.0	3.7	2.7	1.7	1.1	2.2	0.9	-
Citronellyl propionate	1446	0.2	0.3	0.6	5.6	7.9	3.3	0.9	1.0	3.7	5.3	1.6	1.3	1.2	3.1	2.4	1.6
Croweacin	1460	1.6	4.7	5.5	6.7	8.1	11.0	12.1	10.4	15.0	15.9	2.2	2.8	3.3	6.0	8.7	15.3
α-Damascone	1689	-	-	0.4	1.5	2.1	1.0	-	3.2	4.9	5.7	2.7	1.4	-	1.2	2.2	3.1
(Z,E)-farnesal	1701	-	-	0.6	1.1	1.4	0.8	-	3.8	4.1	5.4	2.9	2.1	1.7	1.7	2.4	2.9

تاگوچی و همکاران (Taguchi et al., 2001) بیان داشتند که اسید سالیسیلیک به عنوان یکی از تنظیم‌کننده‌های زیستی سبب افزایش بیان ژن‌های مربوط به بیوسنتز و تولید گروهی از متابولیت-های ثانویه در گیاهان می‌شود. در دو گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و نعناع (*Mentha piperita* L.) گزارش شده که بالا بودن تراکم غده‌های مترشحه اسانس در اثر کاهش سطح برگ ناشی از اعمال تیمار، باعث تجمع بیش‌تر اسانس می‌شود (Charles et al., 1990; Sajjadi et al., 2016). در این آزمایش نیز شاید بتوان درصد بالای اسانس برای برخی ترکیبات غالب در گیاه *A. visnaga* را در تیمارهای ترکیبات فنلی و اسید آمینه با افزایش تراکم غده‌های ترشح کننده اسانس توجیه کرد. علاوه بر ترکیب‌های غالب سازنده اسانس، در بخش هوایی گیاه *A. visnaga* حدود ۱۰ ترکیب دیگر نیز شناسایی شدند که تأثیر تیمارها بر این ترکیبات در مقایسه با نمونه‌های شاهد تفاوت قابل ملاحظه نداشتند.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده نشان داد که تیمارهای استفاده شده در این تحقیق به عنوان تنظیم‌کننده‌های زیستی اگرچه باعث افزایش صفات مورد بررسی شده اما ترکیبات فنلی نظیر اسید بنزوئیک ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر تأثیر بیشتری در افزایش مقادیر این صفات داشته است. با توجه به ضرورت تولید گیاهان دارویی در نظام‌های زراعی و لزوم توجه به کشت این گیاهان در نظام‌های کم نهاده، به نظر می‌رسد تنظیم‌کننده‌های زیستی جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در تولید این گیاهان باشند. بنابراین استفاده از تنظیم کننده‌های رشد به عنوان محرک‌های شبه هورمونی، گیاه را در راستای مصرف کارآمد عناصر غذایی و همچنین تنظیم رشد سلولی و تمایز یاری می‌دهند. بطور کلی، نتایج این تحقیق حاکی از آن است که کاربرد تنظیم کننده‌های زیستی، در بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی *A. visnaga* و همچنین پایداری تولید و حفظ محیط‌زیست تأثیر مثبتی داشته است. از این رو استفاده از اسید بنزوئیک به عنوان یک تنظیم‌کننده زیستی را می‌توان برای افزایش تولید و راندمان گیاه *Ammi visnaga* (L.) پیشنهاد نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

Adams, R.P. 2001. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/ uadrupole Mass Spectroscopy. Allured: Carol Stream. USA.

Adisakwattana, S., Sompong, W., Meeprom, A., Ngamukote, S., and Yibchok-Anun, S. 2012. Cinnamic acid and its derivatives inhibit fructose-mediated protein glycation. International Journal of Molecular Sciences 13: 1778-1789.

Astarai, A., and Koocheki, A. 1997. The Use of Biological Fertilizers in Sustainable Agriculture. Mashhad ID Press, Mashhad, Iran. (In Persian)

Belde, M., Matteis, A., Sprengle, B., Albrecht, B., and Hurle, H. 2000. Long- term development of yield affecting weeds after the change from conventional to integrated and organic farming. In: proceeding 20 German Conference on weed Biology and Weed Control 17: 291-301.

Bown, D. 1995. Encyclopaedia of Herbs and their Uses. Dorling Kindersley, London, ISBN 0-7513-020-31.

Charles, D.J., Joly, R.J., and Simon, J.E. 1990. Effect of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint. Photochemistry 29(9): 2837–2840.

Ghasemzadeh, A., and Jaafar, H. 2012. Effect of salicylic acid application on biochemical changes in ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). Journal of Medicinal Plants Research 6: 790–795.

Chevalier, A. 1996. The Encycclopedia of Medicinal Plants. Dorling Kindersley, London. ISBN 9-780751-303148.

Cohen, S., and Kennedy, J. 2010. Plant metabolism and the environment: Implications for managing phenolics. Food Science and Nutrition 50: 620–643.

Erisman, J.W. 2004. The Nanjing declaration on management of reactive nitrogen. Bioscience 54: 4286-4287.

Garde-Cerdán, T., López, R., Portu, J., González-Arenzana, L., López-Alfaro, I., and Santamaría, P. 2014. Study of the effects of proline, phenylalanine, and urea foliar application to Tempranillo vineyards on grape amino acid content. Comparison with commercial nitrogen fertilizers. Food Chemistry 163: 136-141.

Hamidi, A., Ghalavand, A., Dehghan, M., Malakuti, M.J., Asgharzade, A., and Chokan, R. 2005. The effect of application of plant growth promoting rhizobacteria on the yield of fodder maize (*Zea mays* L.). Pajouhesh and Sazandegi 70: 16-22. (In Persian with English Summary)

Ibrahim, M., and Jaafar, H. 2011. Involvement of carbohydrate, protein and phenylanine ammonialyase in up-regulation of secondary metabolites in *Labisia pumila* under various CO_2 and N_2 levels. Molecules 16: 4172–4190.

Jamshidi, M., Ahmadi, H.R., Rezazadeh, S.h., Fathi, F., and Mazanderani, M. 2010. Study on phenolicd and anioxidant activity of some selected plant of Mazandaran province. Journal of Medical Planats 9(34): 177-183. (In Persian with English Summary)

Jiang, Y., and Huang, N. 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Science 41: 436-442.

Kang, C., and Wang, C.H. 2003. Salicylic acid changes activities of H_2O_2 metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. Environment and Experimental Botany 9-15.

Khadhri, A., El Mokni, R., Mguis, K., Ouerfelli, I., and Eduarda, M.M.A. 2011. Variability of two essential oils of *Ammi visnaga* (L) Lam. a traditional Tunisian medicinal plant. Journal of Medicinal Plants Research 5(20): 5079–5082.

Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology 148: 350-382.

Lrigoyen, J.J., and Emerich, D.W. 1992. Water stress induced changes in concentration of praline and total soluble sugars in modulates alfalfa (*Medicago satire*) plants. Physiologic Planetarium 84: 55-60.

Myung-Min, H., Trick, H.N., and Rajasheka, E.B. 2009. Secondary metabolism and antioxidant are involved in environmental adaptation and stress tolerance in lettuce. Journal of Plant Physiology 166: 180-191.

Nagarja, G., Gowda J., and Farooqi, A. 1999. Effect of growth regulators on growth and flowering of *Tuberose* cv. Single. Karantaka Journal of Agriculture Science 12: 234-238.

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry 34: 1527-1536.

Nosengo, N. 2003. Fertilized to death. Nature 425: 894.895.

Ozturk, A., Unlukara, A., Ipek, A., and Gurbuz, B. 2004. Effects of Salt Stress and Water Deficit on Plant Growth and Essential oil Content of Lemon Balm (*Melissa officialis* L.). Pakistan Journal of Botany 36(4): 787-792.

Pérez, M.G.F., Rocha-Guzmán, N.E., Mercado-Silva, E., Loarca-Piña, G., and Reynoso-Camacho, R. 2014. Effect of chemical elicitors on peppermint (*Mentha piperita*) plants and their impact on the metabolite profile and antioxidant capacity of resulting infusions. Food Chemistry 156: 273-278.

Pessarakli, M. 1999. Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc.

www.SID.ir

Archive of SID

Preeti, H., and Gogoi, S. 1997. Effects of preplant chemical treatment of bulbs on growth and flowering of *Polianthes tuberosa* cv. Single. Annuals Biology 13: 145-149.

Rezvani Moghaddam, P., Raoofi, M.R., Rashed Mohassel, M.H., and Moradi, R. 2009. Evaluation of sowing patterns and weed control on mung bean (*Vigna radiate* L. Wilczek)- black cumin (*Nigella sativa* L.) intercropping system. Journal of Agroecology 1(1): 65-79. (In Persian with English Summary)

Rice-Evans, C.A., Miller, N.J., and Paganga, G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. Trends Plant Science 2: 152-159.

Rose, J., and Hulburd, J. 1992. The Aromatherapy Book Applications and Inhalations. North Atlantic Books, Health & Fitness 375 pp.

Sajjadi Niaki, H., Darzi, M.T., and Haj Seyed Hadi, M.R. 2016. Effects of vermicompst and nitroxin biofertilizer on quantity and quality of essential oil of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Journal of Agroecology 8(2): 241-250. (In Persian with English Summary)

Satrani, B., Farah, A., Fechtal, M., Talbi, M., and Bouamri, M.L. 2004. Chemical composition and antimicrobial and antifungal activities of the essential oil of *Ammi visnaga* (L.) Lam from Marocco. Acta Botanica Gallica 151 (1): 65–71.

Taguchi, G., Yazawa, T., Hayashida, N., and Okazaki, M. 2001. Molecular cloning and heterologous expression of novel glucosyltransferases from tobacco cultured cells that have broad substrate specificity and are induced by salicylic acid and auxin. European Journal of Biochemistry 268(14): 4086-4094.

Uphof, J.C.T. 1959. Dictionary of Economic Plants. Science 890 pp.

Wu, S.C., Caob, Z.H., Lib, Z.G., Cheunga, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: A greenhouse trial. Geoderma 125: 155–166.

Yang, R.X., Gao, Z.G., Liu, X., Yao, Y., Cheng, Y., Huang, J., and McDermott, M.I. 2015. Effects of phenolic compounds of muskmelon root exudates on growth and pathogenic gene expression of *Fusarium oxysporum* f. sp. melonis. Allelopathy Journal 35(2): 175-186.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 309-320

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۳۲۰-۳۰۹

Effects of Bio-Regulators on Morphological and Physiological Traits and Essential Oil of *Ammi visnaga* (L.) Lam

D. Rasouli[1*], R. Mohammadpour Vashvaei[2] and B.A. Fakheri[3]

Submitted: 03-01-2017
Accepted: 06-08-2017

Rasouli, D., Mohammadpour Vashvaei, R., and Fakheri, B.A. 2019. Effects of bio-regulators on morphological and physiological traits and essential oil of *Ammi visnaga* (L.) Lam. Journal of Agroecology. 11(1):309-320.

Introduction

Ammi visnaga (L.) Lam is a herbaceous medicinal plant and belongs to Umbelliferae family. It is native to the Mediterranean region. *A. visnaga*is well known as a source of essential oil and is especially cultivated for it therapeutic properties (diaphoretic, carminative, antispasmodic, antiseptic, tonic,) being used in traditional medicine systems in many countries. Essential oil of *A. visnaga* is known for its proprieties against coronary diseases and bronchial asthma. Phenolic compounds considered as a kind of bio-regulators which are synthesized in the environmental conditions in plant cells. These compounds are involved in various processes of plant growth and reproduction as well as a defense mechanism against biotic and abiotic stresses. Amino acids as bio-regulators have been identified as an alternative to chemical fertilizer to increase soil fertility and crop production in sustainable farming. Therefore, the main objective of the present field experiment was to investigate the effects of bio-regulators on morphological and physiological traits and essential oil of *A. visnaga*.

Materials and Methods

A factorial experiment was performed based on a randomized complete block design (RCBD) at Agricultural Research Institute of Zabol University in 2014-15. The experiment was conducted in pots with a height of 20 cm and a diameter of 33 cm. The treatments used in this study consisted phenolic compounds (salicylic acid, trans-cinnamic acid and benzoic acid with three levels of 5, 10 and 20 mg l^{-1}) and amino acids (phenylalanine and tyrosine with three levels of 50, 100 and 200 mg l^{-1}). Distilled water was used as control. All treatments were applied by foliar application and spraying was done 30 days after planting. Measurement was performed at maturity stage (210 days after planting) and fruiting (180 days after planting). The measured traits include vegetative growth characteristics (plant height, branch number, umbel number, fresh weight of herb and dry weight of herb), relative water content (RWC), photosynthetic pigments (Chl a, Chl b, carotinoids, Chl a+Chl b and (Chl a+Chl b)/carotinoids), carbohydrate (total carbohydrates, soluble carbohydrate, insoluble carbohydrate), Fruit yield, essential oil content and yield. For identifying the essential oil components, essential oil fraction was collected and subjected to GC/MS (Gas Chromatography-Mass spectrometry) analysis. Analysis of variance by using SAS software and mean comparisons by Duncan's multiple range test (at the 5% probability level) was done.

Results and Discussion

The results indicated that bio-regulators significantly affected on all of the traits. In addition, benzoic acid 20 mg l^{-1} had the greatest impact compared to other treatments so that, vegetative growth characteristics 46.2 percent, RWC 60.2 percent, photosynthetic pigments include Chl a 77.6, Chl b 60.6, carotinoids 66. 7, Chla+Chl b 73.3 and Chl a+Chl b/carotinoids 19.1percent were increased compared to control treatment. After extraction type and amount of volatile compounds were determined in the aerial part of *A. visnaga* with GC-MS. Dominant compounds of essential oil in this plant were included 2, 2-dimethylbutanoic acid, isobutyl isobutyrate, thymol and croweacin. In this study, all treatments on the green tissues of *A. visnaga* were increased the essential oil

1- Ph.D. in Agricultural Biotechnology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zanjan
2- M.Sc in Agroecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol
3- Associate Professor of Plant Breeding, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol
(*- Corresponding Author Email: diakorasouli@znu.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v11i1.61527

www.SID.ir

Archive of SID

content. The results of this study demonstrated that, the use of bio-regulators, with aimed at reducing the use of chemical fertilizers, had a positive effect to increase the quality and quantity of *A. visnaga* and also, sustainable production and environmental protection.

Conclusion

The results of this study demonstrated that, the use of bio-regulators, with aimed at reducing the use of chemical fertilizers, had a positive effect to increase the quality and quantity of *A. visnaga* and also, sustainable production and environmental protection. Considering the importance of the production of medicinal plants in farming systems, bio-regulators such as phenolic compounds seem to be a viable alternative to chemical fertilizers in the production of these plants.

Keywords: Amino acids, Bio-regulators, Essential oil, Phenolic compounds.

www.SID.ir