اثرات کمی و کیفی تنش خشکی بر ترکیبات شیمیایی اسانس زوفا (*Hyssopus officinalis* L.)

فاطمه خوش‌اقبال قرابایی[1*]، عبدالله قاسمی پیر بلوطی[2]، شکوفه انتشاری[1] و سید جواد داور پناه[3]

[1] ایران، تهران، دانشگاه پیام نور، گروه زیست‌شناسی

[2] ایران، تهران، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، استاد مرکز پژوهشهای تحقیقات گیاهان دارویی

[3] ایران، تهران، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)،مرکز تحقیقات زیست‌فناوری کاربردی

تاریخ دریافت: ۹۷/۹/۹ تاریخ پذیرش: ۹۸/۲/۱۱

چکیده

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که رشد، نمو و فرایندهای بیوشیمیایی گیاه مانند تولید متابولیت‌های ثانویه و ترکیبات شیمیایی معطر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. زوفا یکی از گیاهان معطر و دارویی مهم است که علاوه بر دارا بودن خواص دارویی، به‌عنوان طعم‌دهنده و چاشنی در صنایع غذایی نیز کاربرد دارد. این پژوهش به‌منظور بررسی اثر تنش کمبود آب بر کمیت و کیفیت ترکیبات شیمیایی اسانس زوفا به‌صورت گلدانی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد شهرکرد در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. سطوح آبیاری شامل آبیاری نرمال (شاهد)، تنش خشکی ملایم (۶۰٪) و تنش خشکی شدید (۳۰٪ ظرفیت زراعی) بود. اسانس گیری از اندام‌های هوایی زوفا به روش تقطیر با آب انجام گرفت و ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس توسط دستگاه GC/MS شناسایی شد. در کل ۳۳ ترکیب از اسانس زوفا شناسایی شد که نمایانگر ۹۵ – ۸۹ درصد از ترکیب اسانس می‌باشد. در هر سه سطح آبیاری ترکیبات غالب اسانس، سیس پینوکامفن(۴۵/۶۵– ۳۷/۹۳ درصد) و بتا پینن (۱۷/۳۳– ۱۱/۸۸ درصد) بود. به‌طور کلی نتایج این بررسی نشان داد که تنش ملایم و شدید خشکی بر درصد اسانس زوفا تأثیر قابل‌توجهی نداشت، ولی بر درصد اجزای تشکیل‌دهنده آن مؤثر بود. درصد اجزای تشکیل‌دهنده اسانس در هر دو سطح تنش خشکی نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد و در تنش خشکی ملایم بیشتر بود. به نظر می‌رسد که با تنش خشکی ملایم می‌توان هم مواد مؤثره زوفا را بالا برد و هم در مصرف آب صرفه‌جویی نمود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تنش خشکی، زوفا

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۷۶۳۵۳۴۴۰۸۱، پست الکترونیکی: khosheghbalf@yahoo.com

مقدمه

زوفا بانام علمی *Hyssopus officinalis* L. گیاهی چند ساله و متعلق به خانواده نعناعیان است که از شرق مدیترانه تا آسیای میانه انتشار دارد و در کشورهای مرکزی و جنوب اروپا ازجمله روسیه، اسپانیا، فرانسه، یوگوسلاوی، هلند، مجارستان و ایتالیا کشت می‌شود. استفاده از آن در طب سنتی به‌عنوان بادشکن، نیروبخش، ضدعفونی‌کننده، خلط‌آور و ضد سرفه، رفع ناراحتی‌های عصبی و افسردگی و درمان سرماخوردگی سابقه طولانی دارد (۹، ۱۲و ۲۰). در صنایع غذایی از آن به‌عنوان چاشنی برای طعم دار کردن نوشیدنی‌ها و فراورده‌های گوشتی استفاده می‌شود (۱۲). علاوه براین در صنایع آرایشی و بهداشتی هم کاربرد دارد (۲۰، ۲۲و ۲۴).

H. officinalis بانام فارسی زوفا در برخی از نقاط ایران روییده و کشت می‌شود. اندام‌های هوایی آن در طب سنتی

ایرانی برای درمان آسم، برونشیت، زخم‌ها و به‌عنوان بادشکن و ضدعفونی‌کننده استفاده می‌شود (۱۲).چای تهیه‌شده از زوفا برای درمان اختلالات عصبی و دندان درد مؤثر است. عصاره برگ‌ها دارای فعالیت ضد میکروبی، ضد اسپاسم و ضد ویروسی قوی در برابر HIV است (۲۰).

در مورد شناسایی ترکیبات شیمیایی زوفا، خواص ضد میکروبی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن پژوهش‌های زیادی صورت گرفته و در بیشتر تحقیقات سیس پینوکامفون، ترانس پینوکامفون، ایزو پینوکامفون و بتا پینن به‌عنوان ترکیبات غالب گزارش‌شده است (۷، ۹، ۱۰، ۱۵، ۱۸، ۲۲، ۲۳و ۲۵). خاصیت ضد قارچی و ضد باکتری به وجود پینوکامفون، ایزوپینوکامفن و بتا پینن نسبت داده می‌شود. فعالیت ضد ویروسی آن ممکن است مربوط به وجود ترکیباتی مثل کافییک اسید، تانن‌ها و ترکیبات ناشناخته با وزن مولکولی بالا باشد. مقدار زیاد اسیدهای فنلی موجود در عصاره‌های فنلی آن ممکن است عامل فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن باشد. علاوه بر این گیاه تازه زوفا حاوی مقدار زیادی ویتامین C است (۲۰، ۲۲و ۲۴).

عوامل محیطی تأثیر مهمی در سنتز ترکیبات طبیعی گیاهان دارویی دارد و خشکی یک عامل محیطی مهم است که رشد، نمو و فرایندهایی بیوشیمیایی مانند تولید متابولیت-های ثانویه را تحت تأثیر قرار داده و موجب تغییر در مقدار و غلظت ترکیبات مهم ثانویه در گیاهان دارویی و معطر می‌شود (۱۱و ۱۹). به‌طور کلی، متابولیت‌های ثانویه توسط گیاهان به علت سازش گیاه در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی ساخته می‌شود و سیگنال‌های تنش‌های مختلف (زیستی و غیرزیستی) برای سلول گیاهی به‌عنوان الیسیتور عمل می‌کنند (۲۱). بررسی‌ها نشان می‌دهد که تنش خشکی بر درصد اسانس و مقدار آن اثر متفاوت دارد. به‌عبارت‌دیگر کمبود آب، درصد اسانس گیاهان دارویی و معطر را افزایش می‌دهد، زیرا سبب می‌شود که متابولیت-های بیشتری در گیاه تولیدشده و این مواد از اکسیداسیون در سلول‌ها جلوگیری کنند ولی با کاهش رشد و بیوماس اندام هوایی مقدار اسانس را کم می‌کند (۴و ۱۸). به‌عنوان مثال در پژوهش سعید نژاد و همکاران (۲۰۱۳) (۱۹) درصد اسانس زیره تحت تأثیر شرایط خشکی قرارگرفت و با افزایش سطوح خشکی بالا رفت ولی به علت کاهش عملکرد دانه، بازده اسانس به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. همچنین در بررسی اثر تنش آبی بر روی اسانس برگ‌های *Cymbopogon martinii var. motia* ، *C. winterianus* و بادرنجبویه، درصد اسانس تحت تنش آب افزایش ولی مقدار آن کاهش یافت (۴).

کمبود آب باتوجه به شرایط اقلیمی حاکم بر اغلب مناطق ایران که خشک و نیمه‌خشک است و همچنین خشک‌سالی های چند ساله اخیر سبب شده که تحقیقات بر روی اثرات کم‌آبی و خشکی بر نظام‌های تولید گیاهان دارویی و محصولات کشاورزی موردتوجه خاص قرارگیرد. شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس و تغییر درصد آنها در شرایط مختلف محیطی، برای کنترل کیفی کشت و تولید گیاهان دارویی و معطر ضروری است. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر تنش خشکی ملایم و شدید بر کمیت و کیفیت ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه دارویی زوفا است.

مواد و روشها

این تحقیق به‌منظور بررسی اثر تنش کمبود آب بر روی گیاه دارویی زوفا در بهار ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد (اقلیم سرد و نیمه‌خشک بر اساس روش آمبرژه) انجام شد. این تحقیق به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی، با سه تکرار طراحی و اجرا شد. تیمارها شامل تنش خشکی در سه سطح (۳۰، ۶۰ و ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی) بود. بذرهای زوفا از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه و در گلدان‌هایی حاوی خاک مزرعه همراه با کود حیوانی پوسیده با نسبت ۳/۱

کشت شدند. خصوصیات خاک مورداستفاده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱– مشخصات خاک مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی شهرکرد

بافت خاک	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	%N	%OC	pH	EC(dS/m)
رس- لومی	۳/۸۲	۹/۲۵	۰/۴۸	۶/۵	۲۱۴	۲۳/۵	۰/۱۱۷	۷/۹۶	۱/۱۴۳

پس از آماده‌سازی گلدان‌ها در داخل هر گلدان تعدادی بذر کاشته و بعد از رشد گیاهچه‌ها، طی چند مرحله تنک کردن آنها انجام شد. تا یک ماه پس از کاشت بذرها، گلدان‌ها به‌طور مساوی آبیاری می‌شدند و بعدازآن تیمارهای آبیاری به مدت سه ماه تا زمان تشکیل گل در ۵۰ درصد از گلدان-ها اعمال شد که شامل آبیاری در شرایط نرمال یعنی ۱۰۰ درصد (شاهد)، ۶۰ درصد (تنش ملایم خشکی) و ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه (تنش شدید خشکی) بود. سپس اندام‌های هوایی گیاه یک هفته پس از اعمال آخرین تیمار آبیاری برداشت‌شده و در دمای اتاق به مدت ۲ هفته دور از نور مستقیم خشک شدند.

اسانس گیری: برای استخراج اسانس زوفا از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر استفاده شد. بدین ترتیب که مقدار ۱۰۰ گرم از گیاه خشک زوفا را در بالن ریخته و به آن آب مقطر افزوده شد تا به‌طور کامل گیاه را بپوشاند. پس از سوار کردن دستگاه کلونجر، به مدت ۳ ساعت اجازه داده شد که گیاه در آب بجوشد. اسانس به دست آمده در ظرف‌های مخصوص تا زمان آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد در فریزر نگهداری شد.

تجزیه اسانس: اسانسهای بدست آمده با دستگاه‌های کروماتوگراف گازی (GC) و گاز کروماتوگراف متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) ساخت شرکت Agilent آمریکا شناسایی شد.

ستون HP-5MS (پنج درصد قطبی) به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ساکن ۰/۲۵ میکرومتر برای جداسازی استفاده شد. دمای آون با 3 دقیقه توقف در ۴۰ درجه سانتی‌گراد، تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۳ درجه سانتی‌گراد در دقیقه با ۵ دقیقه توقف، تا ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۷ درجه سانتی‌گراد در دقیقه و در نهایت تا ۲۹۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۴۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه با ۱۰ دقیقه توقف برنامه‌ریزی شد. دمای دتکتور دستگاه ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و از گاز هلیم با سرعت جریان ۱/۲ میلی‌لیتر بر دقیقه به‌عنوان گاز حامل استفاده شد. ولتاژ منبع یونیزاسیون طیف‌سنج جرمی ۷۰ الکترون‌ولت، دمای منبع یونیزاسیون ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد و دمای چهار قطبی ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم و روش یونیزاسیون EI انتخاب شد. محدوده اسکن طیف‌ها از ۵۰ تا ۵۵۰ دالتون تنظیم شد. جهت شناسایی و تأیید طیف‌ها، شاخص بازداری (RI) آنها با استفاده از طیف‌های جرمی مخلوط آلکان‌های نرمال محاسبه شد (۱۷) و شاخص‌های موجود در کتب مرجع (۲) و اطلاعات موجود در کتابخانه‌های Weilly و NIST مورد استفاده قرارگرفت. درصد هریک از ترکیب‌ها با توجه به سطح زیر منحنی طیف کروماتوگرام دستگاه GC/MS به دست آمد.

محاسبه آماری: کلیه داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS، بررسی معنی‌داری اختلاف مقادیر از ANOWA در سطح اعتماد ۵ درصد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام گرفت.

نتایج

رنگ اسانس‌های به دست آمده از بخش‌های هوایی زوفا در همه تیمارها، زرد و شفاف بود. درصد اسانس (W/W%) براساس وزن خشک گیاه در سطوح آبیاری کامل (۱۰۰٪)، تنش خشکی ملایم (۶۰٪) و تنش شدید

(۳۰٪ ظرفیت مزرعه) به ترتیب برابر با ۰/۱۷۶٪، ۰/۲۴۱٪ و ۰/۲۰۴٪ بود (جدول ۲)، ولی اختلاف آنها به لحاظ آماری معنی‌دار نبود (P≥۰,۰۵).

جدول ۲ – ترکیب شیمیایی اسانس زوفا در سطوح مختلف آبیاری

Compounds	RI	%			Compounds	RI	%		
		I_1	I_2	I_3			I_1	I_2	I_3
α-Thujene	5.048	0.29	0.44	0.40	*trans*-Pinocarvone	11.589	3.230	1.706	5.603
α-Pinene	5.23	0.68	1.240	0.930	*cis*-Pinocamphone	12.024	43.180	45.650	37.943
Sabinene	6.1	1.905	2.55	2.103	α-Terpineol	12.481	0.545	0.610	0.315
β-Pinene	6.19	11.880	17.33	13.36	Myrtenol	12.659	2.780	3.356	2.460
β-Myrcene	6.479	1.850	2.290	1.810	β-Bourbonene	18.73	1.195	1.165	1.353
α-Terpinene	7.188	0.480	0.290	0.226	Methyl eugenol	19.325	0.226	0.440	0.465
p-Cymene	7.406	0.300	0.160	0.206	α-Gurjunene	19.502	0.290	0.286	0.255
β-Phellandrene	7.532	2.795	2.406	2.447	β-Caryophyllene	19.805	1.340	1.155	1.293
1,8-Cineole	7.6	0.300	0.246	0.221	α-Humulene	20.853	0.195	0.185	0.270
cis-β-Ocimene	7.732	0.093	0.150	0.115	Aromadendrene	21.076	0.805	0.80	0.863
trans-β-Ocimene	8/03	0.415	0.360	0.405	Germacrene D	21.694	2.430	2.235	2.863
γ-Terpinene	8.361	1.135	0.670	0.795	Bicyclogermacrene	22.163	3.00	3.175	3.683
trans-Sabinene hydrate	8.619	0.565	0.326	1.145	Elemol	23.696	1.850	2.680	4.610
α- Terpinolene	9.243	0.295	0.215	0.225	Spathulenol	24.543	0.360	0.340	0.590
Linalool	9.563	0.925	0.776	0.810	γ- eudesmol	26.077	0.340	0.365	0.650
α-Thujonez	9.798	0.220	0.186	0.220	Total	-	89.15	95.513	91.514
trans-Pinocarveol	10.845	0.140	0.320	0.240	Essential oil percentage (w/w%)	-	0.176	0.241	0.204
trans-Pinocamphone	11.514	3.116	1.410	2.640					

I_1: آبیاری کامل یا شاهد (۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه)، I_2 : تنش خشکی ملایم (٪ ۶۰ ظرفیت مزرعه)، I_3 : تنش خشکی شدید (۳۰٪ ظرفیت مزرعه). RI: شاخص بازداری

در تجزیه اسانس توسط دستگاه GC/MS، ۳۳ ترکیب شیمیایی شناسایی شد (جدول ۲) که ۲۲ ترکیب از گروه منوترپن ها، ۱۰ ترکیب جزو سزکویی ترپن‌ها و یک ترکیب فنیل پروپانویید بود که درمجموع ۸۹/۱۵ درصد (شاهد)، ۹۵/۵۱۳ درصد (خشکی ملایم) و ۹۱/۵۱۴ درصد (خشکی شدید) از کل اسانس را تشکیل می‌دهند. اجزای اصلی اسانس برحسب درصد شامل سیس پینوکامفن (۴۵/۶۵ – ۳۷/۹۳)، بتا- پینن (۱۷/۳۳ – ۱۱/۸۸)، ترانس پینوکارون (۵/۶۰ – ۱/۷۰)، المول (۴/۶۰ – ۱/۸۵)، بی سیکلوژرماکرین D (۳/۶۸ – ۳)، میرتنول (۲/۴۶ – ۳/۳۵)، ترانس پینوکامفن (۳/۱۱ – ۱/۴۱)، ژرماکرین D (۲/۸۶ – ۲/۲۳) بود. همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده‌شده، بالاترین درصد اجزای تشکیل‌دهنده اسانس زوفا در تیمارهای مختلف آبیاری مربوط به سیس پینوکامفون (۴۵/۶۵– ۳۷/۹۴) و بتا بتاپینن (۱۷/۳۳–۱۱/۸۸) است. مقدار هر دو ترکیب مزبور نسبت به شاهد در تنش خشکی ملایم افزایش و در تنش شدید کاهش پیدا کرد که این تغییرات در مورد بتا- پینن در هر دو سطح تنش ولی در مورد سیس- پینوکامفون فقط در تنش شدید خشکی معنی‌دار بود (P≤۰,۰۵).

بحث

نتایج بسیاری از تحقیقات مؤید این مطلب است که کمبود آب، متابولیت‌های ثانویه ازجمله اسانس‌ها را در گیاهان مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۴و ۱). عموماً تشکیل و تجمع اسانس در گیاهان تحت شرایط محیطی خشک‌تر،

تمایل به افزایش دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که در اثر تنش خشکی درصد اسانس زوفا نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد و بیشترین مقدار در تنش خشکی ملایم بود، ولی اختلاف آنها به لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($P\geq ۰,۰۵$). بنا بر گزارش فرهودی (۲۰۱۳) (۷) درصد اسانس رزماری در تنش‌های خشکی ملایم (۷۵ ٪) و خشکی شدید (۵۵ ٪ ظرفیت زراعی) نسبت به شاهد افزایش یافت، ولی اختلاف آنها معنی‌دار نبود. تنش خشکی با اختلال در فتوسنتز و تنفس، درصد و ترکیب شیمیایی اسانس را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاهش سطح برگ در اثر تنش خشکی موجب بالا رفتن تراکم غده‌های روغنی در برگ شده و مقدار تجمع روغن را افزایش می‌دهد (۱۸). بااین‌حال، برخی گزارش‌ها حاکی است که در برخی گونه‌های گیاهی، آبیاری بهینه موجب بالا رفتن تجمع اسانس شده و در برخی دیگر هیچ تأثیری بر مقدار آن ندارد. این نتایج متفاوت به‌این‌علت است که در گیاهان تولید، درصد اسانس و اجزای تشکیل‌دهنده آن علاوه بر نوع تنش، به‌شدت تنش، گونه گیاهی، مرحله نمو، شرایط اقلیمی و جغرافیایی بستگی دارد(۱۰و ۱۵).

دراین پژوهش در سطوح مختلف آبیاری ۳۳ ترکیب از اسانس زوفا شناسایی شد. بیشترین درصد اجزای اسانس در همه سطوح آبیاری سیس پینوکامفن و بتا پینن بود. ایزوپینوکامفون در هیچ یک از تیمارها وجود نداشت.

شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس زوفا توسط بسیاری از پژوهشگران مورد بررسی قرارگرفته است. از مصر و لهستان سیس پینوکامفون، ترانس پینوکامفون و بتا پینن به‌عنوان ترکیبات غالب زوفا گزارش شد (۲۰و ۲۵). از صربستان، مونته نگرو، ترکیه و پژوهشی دیگر از لهستان ترکیب غالب ایزوپینوکامفن، پینوکامفون و بتا پینن بود (۲۰).

در پژوهش حاضر درصد سیس پینوکامفن در تنش خشکی شدید نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. ولی بتا پینن در هر دو سطح تنش نسبت به شاهد افزایش قابل‌توجه داشت و افزایش آن در تنش خشکی ملایم بیشتر بود. یکی از عوامل مؤثر بر تولید متابولیت های ثانویه و مواد مؤثره در گیاهان دارویی و معطر الیستورها هستند که تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده به‌عنوان الیستورها نقش مهمی در تحریک سنتز ترکیبات مؤثره در این گیاهان دارند. علاوه براین، تولید متابولیت‌های ثانویه تحت تأثیر عوامل ژنتیکی، شرایط اکولوژیکی، خاکی، مدیریتی (فرایندهای کاشت تا برداشت و پس از برداشت) و اثرات متقابل آن‌ها است (۱۲). نتایج تحقیقات نشان داده است که تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی اثرات مهمی بر صفات فیتوشیمیایی گیاهان زراعی و باغی دارد (۱۳). تنش خشکی براثر تحریک سنتز متابولیت‌های ثانویه از طریق مسیرهای متابولیکی در گیاهان دارویی و معطر که برخی از آنها ناشناخته هستند سبب تغییرات میزان کمی و کیفی متابولیت‌های ثانویه می‌شود (۵).

در پژوهش توکلی و آقاجانی (۲۰۱۶) (۲۳)، که اثر تنش خشکی ملایم (۶۰ ٪) و شدید (۴۰ ٪ ظرفیت زراعی) را بر گیاه زوفا در قم مورد بررسی قراردادند، ۳۱ ترکیب در اسانس گیاهان شاهد، ۲۷ ترکیب در شرایط تنش ملایم و ۴۲ ترکیب در شرایط تنش شدید شناسایی شد که در تضاد با بررسی حاضر می‌باشد. آنها اجزای اصلی اسانس زوفا در هر سه سطح آبیاری را سیس پینوکامفن، ترانس پینوکامفن و بتا پینن گزارش کردند که درصد این ترکیبات در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید خشکی به ترتیب برای سیس پینوکامفن ۴۵/۳۲ ، ۲۵/۶۵ و ۳۶/۷۹، ترانس پینوکامفن ۱۸، ۳۳/۰۸ و ۱۵/۳۱و بتا پینن ۱۰/۲۴، ۶/۰۹ و ۱۱/۴۴ درصد بود. در مطالعه‌ای دیگر (ملک پور و همکاران (۱۳۹۶)) (۱) مشخص شد که تنش خشکی اثر افزایشی معنی‌داری بر روی میزان متیل چاویکول به‌عنوان یکی از ترکیبات مهم اسانس ریحان بنفش دارد. نتایج تحقیقات دیگر حاکی از آن بود که تنش خشکی در حد ملایم و متوسط توانسته میزان برخی ترکیبات مؤثره و مهم

نظیر تیمول یک ترکیب فنلی را در گیاه دارویی آویشن دنایی افزایش دهد (۳ و ۱۳).

در برخی پژوهش‌ها ترکیبات متفاوتی به‌عنوان ترکیب غالب گزارش شده است، به‌عنوان مثال: متیل اوژنول ۳۸ درصد توسط گرونویک و همکاران (۱۹۹۵) (۱۶)، ۱و۸ سینئول ۳۵ درصد توسط واله جو (۱۹۹۵) (۲۴). میر تنیل استات ۷۴/۰۸ درصد توسط فتحی آزاد از شمال ایران (۲۰۱۱) (۸). تیمول (۱۸/۹۵ ٪) و بیزابولول (۱۰/۲۶ ٪) توسط دهقان‌زاده از استان فارس (۲۰۱۲) (۶).

در پژوهش حاضر درصد سیس پینوکامفن در تنش خشکی شدید نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. ولی بتا پینن در هر دو سطح تنش نسبت به شاهد افزایش قابل‌توجه داشت و افزایش آن در تنش خشکی ملایم بیشتر بود. یکی از عوامل مؤثر بر تولید متابولیت‌های ثانویه و مواد مؤثره در گیاهان دارویی و معطر الیستورها هستند که تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده به‌عنوان الیستورها نقش مهمی در تحریک سنتز ترکیبات مؤثره در این گیاهان دارند. علاوه براین، تولید متابولیت‌های ثانویه تحت تأثیر عوامل ژنتیکی، شرایط اکولوژیکی، خاکی، مدیریتی (فرایندهای کاشت تا برداشت و پس از برداشت) و اثرات متقابل آن‌ها است (۱۲). نتایج تحقیقات نشان داده است که تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی اثرات مهمی بر صفات فیتوشیمیایی گیاهان زراعی و باغی دارد (۱۳). تنش خشکی براثر تحریک سنتز متابولیت‌های ثانویه از طریق مسیرهای متابولیکی در گیاهان دارویی و معطر که برخی از آنها ناشناخته هستند سبب تغییرات میزان کمی و کیفی متابولیت‌های ثانویه می‌شود (۵).

در پژوهش توکلی و آقاجانی (۲۰۱۶) (۲۳) که اثر تنش خشکی ملایم (۶۰ ٪) و شدید (۴۰ ٪ ظرفیت زراعی) را بر گیاه زوفا در قم مورد بررسی قراردادند، ۳۱ ترکیب در اسانس گیاهان شاهد، ۲۷ ترکیب در شرایط تنش ملایم و ۴۲ ترکیب در شرایط تنش شدید شناسایی شد که در تضاد با بررسی حاضر می‌باشد. آنها اجزای اصلی اسانس زوفا در هر سه سطح آبیاری را سیس پینوکامفن، ترانس پینوکامفن و بتا پینن گزارش کردند که درصد این ترکیبات در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید خشکی به ترتیب برای سیس پینوکامفن ۴۵/۳۲، ۲۵/۶۵ و ۳۶/۷۹، ترانس پینوکامفن ۱۸، ۳۳/۰۸ و ۱۵/۳۱و بتا پینن ۱۰/۲۴، ۶/۰۹ و ۱۱/۴۴ درصد بود. در مطالعه‌ای دیگر (ملک پور و همکاران (۱۳۹۶)) (۱). مشخص شد که تنش خشکی اثر افزایشی معنی‌داری بر روی میزان متیل چاویکول به‌عنوان یکی از ترکیبات مهم اسانس ریحان بنفش دارد. نتایج تحقیقات دیگر حاکی از آن بود که تنش خشکی در حد ملایم و متوسط توانسته میزان برخی ترکیبات مؤثره و مهم نظیر تیمول یک ترکیب فنلی را در گیاه دارویی آویشن دنایی افزایش دهد (۳ و ۱۳).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که تنش ملایم و شدید خشکی بر درصد اسانس زوفا تأثیر قابل‌توجه نداشت، ولی بر درصد اجزای تشکیل‌دهنده آن مؤثر بود. ترکیبات غالب در هر سه سطح آبیاری سیس پینوکامفن و بتا پینن بود. ترکیبات مذکور در تنش خشکی ملایم نسبت به شاهد افزایش، ولی در تنش شدید به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. این پژوهش نشان داد که در منطقه‌ای با آب‌وهوای شهرکرد، با آبیاری ۶۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش خشکی ملایم) هم می‌توان مواد مؤثره گیاه دارویی زوفا را بالا برد و هم در مصرف آب صرفه‌جویی نمود که می‌تواند برای مناطقی که با چالش کمبود آب روبه‌رو هستند مفید باشد.

منابع

۱- ملک پور، ف.، ۱۳۹۶. اثر کیتوزان بر بیان ژن چاویکول – o- متیل ترانسفراز و ترکیبات فنیل پروپانوئیدی ریحان بنفش *Ocimum basilicum* L. تحت تنش خشکی، مجله پژوهشهای سلولی و مولکولی (مجله زیست‌شناسی ایران)، (۳)، ۳۰، صفحات ۴۰۱-۳۹۱.

2- Adams, R. P., 2007. Identification of essential oil components by gas chromatography/ quadrupole mass spectroscopy. Illinois: Allured Publishing Corporation, Carol Stream.

3- Alavi-Sa mani, S. M., Kachouei, M. A., and Ghasemi Pirbalouti, A., 2015. Growth, yield, chemical composition, and antioxidant activity of essential oils from two thyme species under foliar application of jasmonic acid and water deficit conditions. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 56(4), PP: 411-420.

4- Aliabadi Farahani, A., Valadabadi, S. A., Daneshian, J., Shiranirad, A. H., and Khalvati, M. A., 2009. Medicinal and aromatic plants farming under drought conditions. Horticulture and Forestry, 1(6), PP: 086-092.

5- Bistgani, Z. E., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A., Pirbalouti, A. G., and Hashemi, M., 2017. Interactive effects of drought stress and chitosan appli-cation on physiological characteristics and essential oil yield of *Thymus daenensis* Celak, Crop. 5(5), PP: 407–415.

6- Dehghanzadeh, N., Ketabchi, S., and Alizadeh, A., 2012. Essential oil composition and antibacterial activity of *Hyssopus officinalis L.* grown in Iran. Asian Journal .EXP.BIOL.SCI, 3 (4), PP: 767-771.

7- Farhoudi, R., 2013. Effect of Drought Stress on Chemical Constituents, Photosynthesis and Antioxidant Properties of *Rosmarinus officinalis* Essential Oil. Journal of Medicinal Plants and By-products, 1, PP: 17-22.

8- Fathiazad, F., Mazandarani, M., and Hamedeyazdan, S., 2011. Phytochemical analysis and antioxidant activity of *Hyssopus officinalis L.* from Iran. Advanced Pharmaceutical Bulletin, 1 (2), PP: 63-67.

9- Fathiazad, F., and Hamedeyazdan, S., 2011. A review on *Hyssopus officinalis* L.: Composition and biological activities. African Journal of Pharmacy and Pharmacology, 5 (17), PP: 1959-1966.

10- Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Pedro, L. G., and Scheffer, J. J., 2008. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. Flavour and Fragrance Journal, 23 (4), PP: 213–226.

11- Fonseca, J. M., Rushing, J. W., Rajapakse, N. C., Thomas, R. L., and Riley, M. B., 2006. Potential implication of medicinal plant production in controlled environment: The case of fever few (*Tanacetum parthenium).* Horticulture Science, 41 (3), PP: 531-535.

12- Ghassemi Pirbalouti, A., Gorgij, A., and Rahimmalek, M., 2013. Phytochemical response of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) to foliar application of jasmonic acid. Journal of Herbal Drugs, 4 (1), PP: 7-14.

13- Ghasemi Pirbalouti, A., Samani, M. R., Hashemi, M., and Zeinali, H., 2014. Salicylic acid affects growth, essential oil and chemical compositions of thyme (*Thymus daenensis* Celak.) under reduced irrigation. Plant Growth Regulation, 72(3), PP: 289-301.

14- Ghasemi Pirbalouti, A., and Craker, L. E., 2015. Diversity in chemical compositions of essential oil of myrtle leaves from various natural habitats in south and southwest Iran. Journal of Forestry Research, 26(4), PP: 971-981.

15- Ghassemi Pirbalouti, A., Malekpoor, F., Salimi, A., Golparvar, A., and Hamedi, B., 2017. Effects of foliar of the application chitosan and reduced irrigation on essential oil yield, total phenol content and antioxidant activity of extracts from green and purple basil. Acta Scientlarum. Polonorum Hortorum Cultus, 16 (6), PP: 177–186.

16- Gorunovic, M., Bogavac, P., Chalchat, J., and Chabardi, J., 1995. Essential oil of *Hyssopus officinalis* L. Lamiaceae of Montenegro origin. J. Essential. Oil Reserch, 7, PP: 39-43.

17- Kovats, E., 1958. Gaz-chromatographische Charakterisierung organishcher Verbindungen. Teil 1: Retentionsindices aliphatischer Halogenide, Alkohole, Aldehyde und Ketone. Helvetica Chimica Acta, 41 (7), PP: 1915–1932.

18- Pradhan, J., Sahoo, S. K., Lalotra, S., and Sarma, R. S., 2017. Positive impact of abiotic stress on medicinal and aromatic plants. International Journal of Plant Sciences, 12 (2), PP: 309-313.

19- Saeidnejad, A. H., Kafi, K. M., Khazaei, H. R., and Pessarakli, M., 2013. Effects of drought stress on quantitative and qualitative yield and antioxidative activity of *Bunium persicum*. Turkish Journal of Botany, 37, PP: 930-939.

20- Said-Al, H. A. H., Abbas, Z. K., Sabra, A. S., and Tkachenko, K. G., 2015. Essential Oil

Composition of *Hyssopus officinalis*. International Journal of Plant Science and Ecology, 1 (2), PP: 49-53.

21- Sharafzadeh, S. H., and Zare, M., 2011. Effect of Drought Stress on Qualitative and Quantitative Characteristics of Some Medicinal Plants from Lamiaceae Family. Advances in Environmental Biology, 5 (8), PP: 2058-2062.

22- Srivastava, A., Awasthi, K., Kumar, B., Misra, A., and Srivastava, S., 2018. Pharmacognostic and Pharmacological Evaluation of *Hyssopus officinalis* L. (Lamiacea) collected from Kashmir Himalayas, India. Pharmacognosy Journal. 10 (4), PP: 690-693.

23- Tavakoli, M., and Aghajani, Z., 2016. The effects of drought stress on the components of the essential oil of *Hyssopus*. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, 6 (2), PP: 31-36.

24- Vallejo, M., Herraiz, J., Perez-Alonso, M., and Velasco Negueruela, A., 1995. Volatile oil of *Hyssopus officinalis* L.from Spain. Journal Essential Oil Reserch, 7, PP: 567-568.

25- Zawiślak, G., 2013. Morphology and composition of essential oil in *Hyssopus officinalis* and chemical composition of its essential oil. Modern Phytomorphology, 4, PP: 93–95.

Qualitative and quantitative effects of drought stress on essential oil compositions of h*yssop* (*Hyssopus officinalis* L.)

Khosheghbal Ghorabaee F.,[1] Ghasemi Pirbalouti A.,[2] Enteshari Sh.[1] and Davarpanah S.J.[3]

[1] Dept. of Biology, Faculty of Science, Payame Noor Universtiy, Tehran, I.R. of Iran.

[2] Research Center for Medicinal Plants, Share Ghods Branch, Islamic Azad University, Tehran, I.R. of Iran.

[3] Applied Biotechnology Research Center, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, I.R. of Iran.

Abstract

Drought is one of the most significant abiotic stress that affect plant growth, development and biochemical processes, such as the production of secondary metabolites and aromatic compounds. *Hyssopus officinalis* is one of the most important medicinal herbs which in addition to having medicinal properties, is also used as a flavoring and condiment in the food industry. This study was carried out in order to investigate the effects of water deficit stress on the quantity and quality of chemical compounds of *Hyssop* essential oil in pots at the field of Islamic Azad University of Shahrekord in 2017. Irrigation levels included normal, mild drought (60% F.C) and severe drought stress (30% F.C). The experiments were carried as factorial based on a completely randomized design with three replications. The essential oils obtained from aerial part of hyssop by hydro-distillation and analyzed by Gas Chromatography-Mass Spectrometry. Totally, 33 compounds identified representing more than 89-95% of the oil composition. The predominant components of hyssop oil were *cis*-pinocamphone (37.93 – 45.65%) and β-pinene (11.88 – 17.33%). In general, the results of this study showed that mild and severe drought stress did not have a significant effect on the percentage of hyssop essential oil, but on the percentage of its components was effective. The percentage of chemical constituents of essential oil increased at both levels of drought stress and it was higher in mild stress. It seems that with mild drought stress, both the effective materials of hyssop can be improved and the water can be saved.

Key words: drought stress, essential oil, *Hyssopus officinalis*