

## مقایسه عملکرد پیکر رویشی، میزان و ترکیبات اسانس گل مکزیکی (*Agastache foeniculum* Kuntze) در شرایط مزرعه و گلخانه تحت تیمار تنش خشکی

محمد محمودی سورستانی<sup>۱\*</sup> و رضا امیدبگی<sup>۲</sup>

\*-نویسنده مسؤول: استادیار گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز (f\_mahmoodi2000@yahoo.com)

۲- استاد گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۳

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۱۳

### چکیده

به منظور بررسی اثر تیمارهای تنش خشکی بر درصد و ترکیبات اسانس گل مکزیکی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار و سه تکرار در شرایط مزرعه و گلخانه انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل شاهد (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، تنش آبی ملایم (۸۵٪ ظرفیت زراعی)، تنش آبی متوسط (۷۰٪ ظرفیت زراعی)، تنش شدید (۵۵٪ ظرفیت زراعی) و ترکیب این تیمارها در دوره رشد رویشی و زایشی (۸۵-۱۰۰، ۷۰-۱۰۰ و ۱۰۰-۸۵ درصد ظرفیت زراعی) بودند. اسانس گیاه توسط دستگاه تقطیر با آب (کلونجر) استخراج و سپس ترکیبات اسانس با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگراف متصل به طیف سنج جرمی شناسایی گردیدند. نتایج نشان داد که در شرایط مزرعه، بیشترین درصد اسانس (۲/۳۰) در تیمار ۵۵ و کمترین آن (۱/۶۴) در تیمار ۷۰-۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده گردید. همچنین درصد اسانس با افزایش سطح تنش خشکی در شرایط گلخانه افزایش یافت، به طوری که مقدار آن از ۱/۱۲ در تیمار شاهد به ۱/۶۲ درصد در تیمار تنش خشکی شدید رسید. عملکرد پیکر رویشی و اسانس در دو شرایط مزرعه و گلخانه با افزایش سطح تنش خشکی به طور معنی داری کاهش یافتند. متیل کائویکول جزء اصلی اسانس گل مکزیکی را تشکیل داده و تحت تاثیر تنش خشکی قرار نگرفت. تیمار ۸۵-۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی برای گیاهان در شرایط مزرعه و تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت برای شرایط گلخانه توصیه می‌گردد.

کلید واژه‌ها: گل مکزیکی، اسانس، تنش خشکی، لیمونن، متیل کائویکول

### مقدمه

گل مکزیکی از جمله گیاهان دارویی مهمی است که کاربرد وسیعی در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی-بهداشتی دارد. این گیاه علفی، چندساله و معطر بوده که متعلق به خانواده نعناع می‌باشد. بومی آمریکای شمالی است و در مناطق مدیترانه‌ای و اروپای مرکزی و شمالی کشت می‌گردد. ارتفاع آن ۱/۲-۰/۸ متر می‌باشد (امیدبگی، ۱۳۸۶). از گلها و برگهای خشک شده یا تازه گیاه گل مکزیکی، اسانس استخراج می‌شود. متیل کائویکول<sup>۱</sup> عمده‌ترین ترکیب در اسانس گل

مکزیکی می‌باشد. سایر ترکیبات شناسایی شده، شامل لیمونن (۲/۴٪)، ۸-۱ سینئول (۲٪) و گلوبولول (۱/۴٪) می‌باشند (امیدبگی و سفیدکن<sup>۲</sup>، ۲۰۰۳). مواد مؤثره این گیاه دارای خصوصیات ضد درد، ضد تشنج، ضد تورم و التهاب بوده و برای درمان التهاب‌های معده‌ای و کبدی بکار می‌رود. از این گیاه، برای معالجه بیماریهای ریوی و سرفه نیز استفاده می‌کنند. اسانس گل مکزیکی، خاصیت ضد باکتریایی و قارچی دارد. گل مکزیکی دارای فعالیت‌های ضد ویروسی بوده و در درمان تبخال‌های معمول ویروسی کاربرد دارد. گل‌های این

در برخی گونه ها مثل مرزنجوش مکزیکی<sup>۶</sup> تغییری در میزان مواد موثره در شرایط تنش آبی مشاهده نشده است (دانفورد و واز کوئیز<sup>۷</sup>، ۲۰۰۵).

بازده اسانس در نمونه های مزرعه چهار جمعیت آویشن نسبت به نمونه های گلخانه افزایش، ولی درصد ترکیب های عمده تیمول و کارواکرول کاهش یافت، و مونوترپن ها درصد بیشتری از وزن اسانس را نسبت به گلخانه به خود اختصاص دادند. مقدار ترکیب پاراسیمین در مزرعه افزایش یافته، در صورتیکه گاما ترپینین درصد بسیار ناچیزی را تشکیل داد که این پدیده می تواند به دلیل مسیر مشترک تشکیل این ترکیب ها در گیاهان وابسته باشد که به دلیل اختلاف شرایط آب و هوایی در دو محیط باعث تبدیلاتی در ترکیب اسانس ها می شود (مهرپور و همکاران، ۱۳۸۳).

با توجه به اهمیت و کاربرد وسیع گیاهان دارویی و همچنین محدودیت منابع آبی کشور، مطالعه حاضر با هدف بررسی و مقایسه تغییرات میزان و ترکیبات اسانس گیاه گل مکزیکی تحت تیمارهای تنش خشکی در شرایط مزرعه و گلخانه انجام گردید.

### مواد و روش ها

این پژوهش در مزرعه و گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در سال زراعی ۱۳۸۷ در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با ۷ تیمار تنش آبی و ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای تنش آبی شامل ۱۰۰، ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی در هر دو مرحله رویشی و زایشی و ۸۵-۱۰۰، ۷۰-۱۰۰، ۱۰۰-۱۰۰، ۸۵ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب از راست به چپ در مرحله زایشی و رویشی بودند.

متوسط بارندگی منطقه ۲۴۲ میلی متر می باشد و میزان بارندگی طی ماه های فروردین و اردیبهشت سال ۱۳۸۷، به ترتیب ۸/۲ و ۲/۶ میلی متر بود که قبل از اعمال تنش

گیاه عسل آور هستند (امیدبیگی، ۱۳۸۶). با توجه به اینکه هر چه مقدار مواد موثره یک گیاه دارویی بیشتر باشد، استحصال آن در صنایع داروسازی مقرون به صرفه تر می باشد، شناخت عوامل موثر بر میزان مواد موثره گیاهان دارویی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین تحقیق بر روی گیاهی که بومی ایران نیست و بذر آن برای اولین بار به کشور آورده شده است، از اهمیت فراوانی برخوردار است.

تنش خشکی یکی از مهمترین تنش های محیطی است که تولیدات کشاورزی را در مناطق عمده ای از جهان و ایران با محدودیت روبرو ساخته است، لذا اتخاذ روشهایی چون بهره برداری صحیح از آب به همراه استفاده از شیوه های صحیح زراعی شامل: کشت گیاهان مقاوم، شناخت ارتباط کمبود آب خاک و رشد محصولات در هر مرحله و بررسی تغییرات مواد موثره گیاهان دارویی در مقابله با تنش، ضروری به نظر می رسد (کوچکی و نصیری محلاتی، ۱۳۷۳).

در گیاهان دارویی تنش خشکی باعث افزایش مواد موثره آنها می گردد. این مطلب در ریحان<sup>۱</sup> به اثبات رسیده است (خلید<sup>۲</sup>، ۲۰۰۶). تنش خشکی باعث افزایش ایندول آلکالوئید در اندام هوایی و ریشه شده است. (جلیل و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۷).

عکس العمل گیاه به تنش خشکی به جنس، گونه و کولتیوار بستگی دارد. واکنش دو گونه علف لیمو (*Cymbopogon*) نسبت به تنش ملایم و شدید متفاوت بوده و در کل باعث کاهش رشد و افزایش میزان اسانس شده است (فاتیما و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۲). نتیجه مشابهی در کولتیوارهای مختلف جعفری گزارش شده است (پتروپولوسو همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۰۸).

1 - *Ocimum americanum* L.

2-Khalid

3- Jalil et al.

4- Fatima et al.

5 -Petropoulos et al.

6 - *Lippia berlandieri* Schauer

7 -Dunford & Vazquez

رطوبتی تیمار مورد نظر، میزان آب لازم برای رسیدن رطوبت خاک گلدان یا واحد آزمایشی به سطح رطوبتی ظرفیت زراعی، با استفاده از فرمول زیر محاسبه و به گیاهان داده می شد.

$$V = \rho Z A (FC - PWP) / 100$$

در این فرمول  $V$  حجم آب آبیاری،  $P$  وزن مخصوص خاک،  $Z$  عمق توسعه ریشه،  $A$  مساحت واحد آزمایشی،  $FC$  رطوبت خاک در ظرفیت زراعی و  $PWP$  رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم می باشند. برای اندازه گیری میزان رطوبت خاک و تعیین زمان آبیاری از دستگاه (TRASE System 1 TDR 6050X1, Soil Moisture Equipment Crop., USA) استفاده شد (تاپ و دیویس، ۱۹۸۵). رطوبت خاک در نقاط مختلف (ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم) با استفاده از منحنی رطوبتی بدست آمده از داده های دستگاه صفحات فشار تعیین شد.

در آزمایش گلخانه‌ای، برای هر واحد آزمایشی ۵ گلدان در نظر گرفته شد. بنابراین برای هر بلوک ۳۵ گلدان و در مجموع ۱۰۵ گلدان مورد استفاده قرار گرفت. گلدان‌ها از نوع پلاستیکی، با قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر بودند. در کف گلدان‌ها مقداری شن درشت ریخته و سپس با مخلوط خاکی (ماسه، خاک باغچه و کود دامی پوسیده به نسبت حجمی ۱:۱:۱) تهیه شده، پر شدند. پس از آماده سازی گلدان‌ها، مخلوط بذر و ماسه در داخل هر گلدان قرار داده و روی آن با مخلوط ماسه و کود دامی پوسیده به منظور جلوگیری از جابجایی بذر پوشانده شد. حدود یک هفته پس از کاشت، جوانه‌زنی بذر شروع گردید و گیاهچه‌ها شروع به رشد و نمو کردند. پس از چند مرحله تنک کردن، نهایتاً ۳ بوته در هر گلدان حفظ گردید. در طول رشد، مراقبت‌های زراعی لازم مشابه مزرعه به عمل آمد. اعمال تیمارهای تنش خشکی مشابه مزرعه به عمل آمد.

خشکی اتفاق افتاد. میانگین دمای فروردین، اردیبهشت، خرداد و تیر به ترتیب ۱۸/۳، ۲۱، ۲۶/۳ و ۲۹ درجه سانتیگراد بود.

دماهای متوسط روزانه  $27-33^{\circ}\text{C}$  و شبانه  $25^{\circ}\text{C}$  - ۱۹، رطوبت نسبی  $53 \pm 5\%$ ، و دوره نوری<sup>۱</sup> طبیعی از جمله شرایطی بودند که در طول فصل رشد بر آزمایش‌های گلخانه‌ای حاکم بود. تنظیم دمای گلخانه در فصل رشد، از طریق سازگان خنک کننده پنکه و پوشال<sup>۲</sup> بصورت خودکار صورت گرفت. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (مزرعه و گلخانه) در جدول ۱ و ۲ آمده است.

زمین مورد نظر در پائیز شخم و در بهار دیسک و تسطیح و سپس کرت های مورد آزمایش (با ابعاد  $2 \times 2$  متر) مشخص گردید. بذور گیاه گل مکزیکی از شرکت زردبند تهیه و در نیمه دوم فروردین در طول ردیف‌هایی با فواصل ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر کشت گردید. پس از جوانه زنی و رشد، در مرحله ۴ برگگی، گیاهان تنک و فاصله دو گیاه روی ردیف، ۲۰ سانتی‌متر تنظیم شد.

کرت های آزمایش تا رسیدن گیاهان به ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر بصورت یکسان آبیاری گردید و سپس تیمارهای مورد نظر در دو مرحله رشد رویشی و زایشی اجرا گردید. لازم به ذکر است که طول دوره رویشی و زایشی این گیاه به ترتیب حدود دو و یک ماه می باشد. تیمارهای در نظر گرفته شد در این آزمایش بر اساس درصد رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی بودند. برای دستیابی به سطوح مختلف تنش خشکی در خاک، از روش پرهیز از آبیاری<sup>۳</sup> استفاده شد. بدین صورت که کرت‌ها و گلدان‌های آزمایشی پس از انجام آبیاری و رسیدن مقدار رطوبت خاک به سطح ظرفیت مزرعه، دیگر آبیاری نمی شدند. سپس میزان رطوبت خاک چند بار اندازه گیری و پس از رسیدن رطوبت خاک به سطح

- 1- Photoperiod
- 2- Fan & Pad Cooling System
- 3- Irrigation withholding

محمودی سورستانی و امید بیگی: مقایسه عملکرد پیکر رویشی، میزان و ترکیبات...

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (مزرعه)

بافت خاک	پ هاش (pH)	هدایت الکتریکی (Ds.m <sup>-2</sup> )	درصد مواد آلی (%)	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	آهن	روی	مس	منگنز	بور
لومی شنی	۷/۷	۱/۰۴	۱/۷۳	۰/۱۵	۱۴۰	۷۷۰	۵۰۴۵	۳۸۱	۹/۰۸	۳/۳۷	۰/۸۷	۱۰/۶۳	۰/۶

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (گلخانه)

بافت خاک	پ هاش (pH)	هدایت الکتریکی (Ds.m <sup>-2</sup> )	درصد مواد آلی (%)	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	آهن	روی	مس	منگنز	بور
لومی	۷/۵	۱/۵۴	۲/۲۶	۰/۲	۴۴۰	۱۰۴۰	۵۱۰۷	۸۷۴	۸/۸۷	۵/۱۹	۱/۵۸	۱۰/۱۱	۲/۴

دستگاه GC-MS: گاز کروماتوگراف متصل به طیف سنجی جرمی از نوع Trace Quadrupole مدل ۰/۲۵ MS، ستون DB-5 به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر، ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر، برنامه‌ریزی حرارتی ستون از ۶۰ تا ۲۵۰ درجه سانتیگراد با افزایش دمای ۵ درجه در دقیقه، دمای محفظه تزریق: ۲۵۰ درجه سانتیگراد، انرژی یونیزاسیون: ۷۰ الکترون ولت، گاز حامل: هلیوم

شناسایی ترکیبات اسانس با استفاده از شاخص بازداری<sup>۳</sup> و بررسی طیف‌های جرمی و مقایسه با طیف‌های جرمی پیشنهادی توسط کتابخانه‌های کامپیوتر دستگاه گاز کروماتوگراف متصل به طیف سنجی جرمی و مقایسه با ترکیبات استاندارد صورت گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها، با استفاده از نرم افزارهای SAS، SPSS و EXCEL صورت گرفت.

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که سطوح مختلف تنش خشکی اثر معنی داری در سطح ۱٪ بر درصد و عملکرد اسانس گیاه گل مکزیک در شرایط

به منظور استخراج اسانس، گیاهان در مرحله گلدهی کامل (شاخه اصلی و شاخه‌های جانبی) از فاصله ۵ سانتی متری بالای خاک قطع شده و در خشک کن با دمای ۴۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد.

استخراج اسانس از پیکر رویشی (برگ، گل و سرشاخه‌های کوچک) گیاه گل مکزیک با روش تقطیر با آب<sup>۱</sup> و به کمک دستگاه کلونجر<sup>۲</sup> انجام گرفت. پس از افزودن سولفات سدیم، برای جدا سازی و شناسایی ترکیبات اسانس با دستگاه‌های GC و MS - GC در شرایط خنک و تاریک یخچال نگهداری شد. مشخصات دستگاه‌های GC و MS - GC مورد استفاده به شرح زیر بودند:

دستگاه GC: گاز کروماتوگراف ترموکوست فینیگان مدل Trace GC، ستون DB-5 به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر، ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر، برنامه‌ریزی دمایی ستون از ۶۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی گراد با افزایش دمای ۴ درجه در دقیقه، نوع آشکارساز: FID با دمای ۲۸۰ درجه سانتی گراد، گاز حامل: هلیوم با فشار ۱/۱ میلی لیتر در دقیقه.

1 - Water distillation  
2- Clevenger

3 - Retention index

که این مسئله در مورد گیاه گل مکزیکی نیز ممکن است صادق باشد.

عملکرد اسانس روند عکس درصد اسانس داشت و با افزایش سطح تنش خشکی به طور معنی داری کاهش یافت. بیشترین عملکرد اسانس (۶۵/۸) کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰-۸۵ و کمترین آن (۲۰/۴۴) در تیمار ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. اختلاف بین تیمارهای ۵۵ با ۷۰ و ۷۰-۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و همچنین ۱۰۰ با ۸۵-۱۰۰ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی معنی دار نبود. بنابراین عملکرد اسانس از ۴۷/۶۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد به ۲۰/۴۴ کیلوگرم در هکتار در تیمار تنش خشکی شدید، کاهش یافت (شکل ۲).

در شرایط گلخانه، بیشترین (۲۳/۸۱) کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۳/۴۷) کیلوگرم در هکتار) عملکرد اسانس به ترتیب در تیمارهای شاهد و تنش خشکی شدید مشاهده گردید (شکل ۳). کاهش عملکرد، به دلیل کاهش معنی دار عملکرد ماده خشک گیاه بود (جدول ۳).

کاهش عملکرد اسانس در نتیجه کاهش رطوبت خاک ممکن است ناشی از اثر زیانبار تنش آبی بر رشد و پیکر رویشی گیاه باشد. چون عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و عملکرد گیاه می باشد، بنابراین اگر چه در شرایط تنش خشکی درصد اسانس افزایش یافت ولی به دلیل کاهش محسوس عملکرد گیاه، در کل عملکرد اسانس در این شرایط کاهش یافت. لازم به ذکر است که عملکرد پیکر رویشی تر و خشک گیاه در شرایط گلخانه نسبت به مزرعه بیشتر تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت به همین دلیل عملکرد اسانس نیز در شرایط گلخانه نسبت به مزرعه در سطح پایتتری قرار داشت (جدول ۳). این نتایج، با نتایج به دست آمده در تحقیقات با گیاهان علف لیمو (فاتیما و همکاران، ۲۰۰۲) و بادرشبو (حسنی، ۱۳۸۵) مطابقت داشت.

همچنین نتایج آزمایش تجزیه مرکب نشان داد که بین تیمارهای سطوح مختلف تنش خشکی از نظر

مزرعه و گلخانه داشت. در شرایط مزرعه، بیشترین درصد اسانس (۲/۳۰) در تیمار ۵۵ و کمترین آن (۱/۶۴) در تیمار ۷۰-۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده گردید (شکل ۱). همچنین درصد اسانس با افزایش سطح تنش خشکی در شرایط گلخانه افزایش یافت، به طوری که مقدار آن از ۱/۱۲ در تیمار شاهد به ۱/۶۲ درصد در تیمار تنش خشکی شدید رسید. افزایش سطح تنش خشکی در شروع مرحله زایشی موجب بهبود درصد اسانس گردید و درصد اسانس از ۱/۱۲ در تیمار شاهد به ۱/۴۱ و ۱/۵۵ درصد به ترتیب در تیمارهای ۸۵-۱۰۰ و ۷۰-۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش یافت (شکل ۲).

نتایج این پژوهش با نتایج حسنی (۱۳۸۵) در بادرشبویه که بیشترین درصد اسانس را در رژیم آبی ۷۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده نمودند، مغایرت داشت. حسنی (۱۳۸۲) علت کاهش درصد اسانس را در تیمار تنش شدید خشکی، کاهش به گل رفتن گیاهان ریحان در این تیمار ذکر کرد. درصد گیاهان به گل رفته گیاه گل مکزیکی نیز در تیمار تنش شدید خشکی نسبت به تیمار شاهد کمتر بود (محمودی، ۱۳۸۹). ولی با این وجود درصد اسانس در این تیمار نسبت به شاهد و سایر تیمارها بالاتر بود. نتایج تحقیق با یافته های مالواریو<sup>۱</sup> (۲۰۰۴) که گیاه گل مکزیکی در مرحله رشد رویشی درصد اسانس بیشتری دارد، مطابقت داشت. در شرایط تنش خشکی تولید مواد موثره به دلیل جلوگیری از اکسیداسیون درونی سلولی افزایش می یابد. افزایش مقدار اسانس تحت شرایط خشکی در اثر افزایش تعداد غده های ترشحی اسانس در برگ و کاهش سطح برگ می باشد. دلیل دیگر آن این است که گیاهان در شرایطی که با تنش های محیطی مواجه می شوند، مقدار آسیمیلات کمتری برای رشد جدید گیاه تخصیص می دهند و با تعادل کربوهیدرات ها بین رشد و سیستم دفاعی باعث تولید بیشتر ترپن ها می گردد (فلکسز و مدرانو<sup>۲</sup>، ۲۰۰۲)

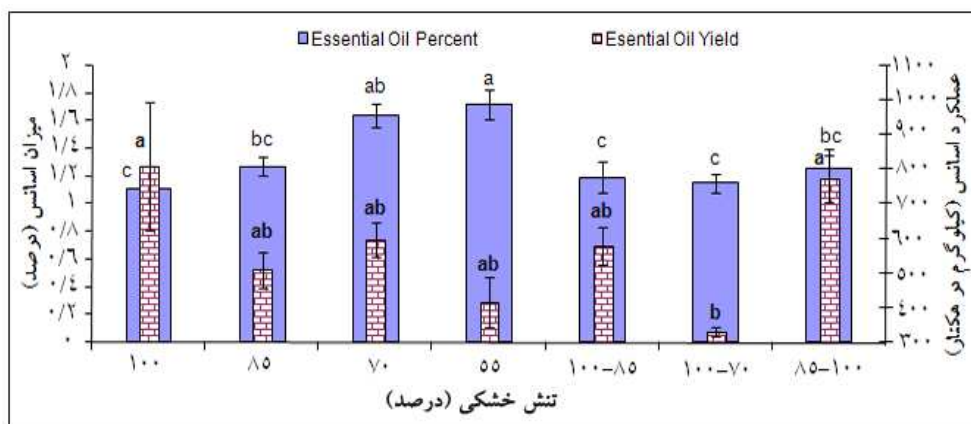
1 - Mallavarapu

2 - Flexas &amp; Medrano

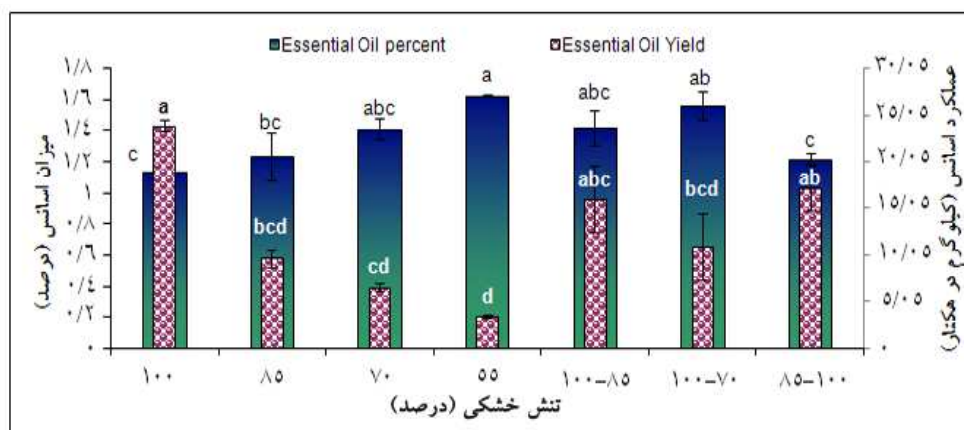
محمودی سورستانی و امید بیگی: مقایسه عملکرد پیکر رویشی، میزان و ترکیبات...

لیمونن، اکتیل استات، متیل کایکول، ترانس کاریفیلین، جرماکرن د و بی سیکلوجرماکرن بودند (جدول ۵). متیل کایکول ماده اصلی تشکیل دهنده اسانس گیاه بود و مقدار آن در تیمارهای ۱۰۰، ۸۵، ۷۰، ۵۵، ۱۰۰-۸۵، ۱۰۰-۷۰ و ۱۰۰-۵۵ درصد ظرفیت زراعی، به ترتیب ۹۷/۸۰، ۹۷/۸۵، ۹۷/۹۰، ۹۸/۰۴، ۹۷/۸۵، ۹۸/۱۰ و ۹۷/۹۶ درصد بود. مقدار

عملکرد پیکر رویشی تر، خشک و عملکرد اسانس در شرایط مزرعه با گلخانه اختلاف معنی داری در سطح ۰/۱ وجود داشت. به عبارت دیگر گیاه گل مکزیکی در شرایط مزرعه و شرایط گلخانه، تحت تیمارهای تنش خشکی عکس العمل متفاوتی نشان داد (جدول ۴). ترکیبات اسانس گیاهان در شرایط مزرعه تحت تیمارهای مختلف شامل ۱-۲-ای-هگزنال، ۳-اکتانول،



شکل ۲- مقایسه میانگین صفات درصد و عملکرد اسانس گیاه گل مکزیکی تحت شرایط تنش خشکی در شرایط مزرعه



شکل ۳- مقایسه میانگین صفات درصد و عملکرد اسانس گل مکزیکی تحت شرایط تنش خشکی در شرایط گلخانه

لیمون در تیمارهای مختلف بین ۱/۴۲ تا ۱/۷۰ درصد متغیر و در تیمار تنش خشکی شدید نسبت به تیمار شاهد، ۱۶/۴۷ درصد کاهش یافت. مقدار ترکیبات ۳-اکتانول و اکتیل استات در اسانس گیاه بسیار کم بودند. روند تغییرات ترانس کاربوفیلین تحت تیمارهای تنش خشکی بصورت نامنظم بود. بیشترین (۰/۵۸٪) و کمترین (۰/۳٪) مقدار ترانس کاربوفیلین به ترتیب در تیمارهای ۷۰ و ۸۵-۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی وجود داشت. ترکیبات جرماکرن د و بی سیکلوجرماکرن در اسانس گیاه به مقدار خیلی کم (کمتر از ۰/۰۱ درصد) مشاهده گردیدند.

میزان متیل کایکول در گیاهان پرورش یافته در شرایط گلخانه نسبت به شرایط مزرعه اندکی افزایش یافته بود (جدول ۶). در شرایط گلخانه نیز متیل کایکول ترکیب اصلی اسانس بود. تغییرات لیمون و متیل کایکول تابع تیمارهای تنش خشکی نبودند. بیشترین (۲/۷۱٪) و کمترین (۱/۲۵٪) مقدار لیمون به ترتیب در تیمارهای ۸۵-۱۰۰ و ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه و بیشترین

لیمون در تیمارهای مختلف بین ۱/۴۲ تا ۱/۷۰ درصد متغیر و در تیمار تنش خشکی شدید نسبت به تیمار شاهد، ۱۶/۴۷ درصد کاهش یافت. مقدار ترکیبات ۳-اکتانول و اکتیل استات در اسانس گیاه بسیار کم بودند. روند تغییرات ترانس کاربوفیلین تحت تیمارهای تنش خشکی بصورت نامنظم بود. بیشترین (۰/۵۸٪) و کمترین (۰/۳٪) مقدار ترانس کاربوفیلین به ترتیب در تیمارهای ۷۰ و ۸۵-۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی وجود داشت. ترکیبات جرماکرن د و بی سیکلوجرماکرن در اسانس گیاه به مقدار خیلی کم (کمتر از ۰/۰۱ درصد) مشاهده گردیدند.

میزان متیل کایکول در گیاهان پرورش یافته در شرایط گلخانه نسبت به شرایط مزرعه اندکی افزایش یافته بود (جدول ۶). در شرایط گلخانه نیز متیل کایکول ترکیب اصلی اسانس بود. تغییرات لیمون و متیل کایکول تابع تیمارهای تنش خشکی نبودند. بیشترین (۲/۷۱٪) و کمترین (۱/۲۵٪) مقدار لیمون به ترتیب در تیمارهای ۸۵-۱۰۰ و ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه و بیشترین

جدول ۳ - تغییرات عملکرد پیکر رویشی تر و خشک گل مکزیکی در شرایط مزرعه و گلخانه تحت تیمارهای تنش خشکی

عملکرد پیکر رویشی خشک (تن در هکتار)		عملکرد پیکر رویشی تر (تن در هکتار)		تیمار
گلخانه	مزرعه	گلخانه	مزرعه	
۲/۲۷ a	۸/۱۵ab	۹/۲۷ a	۲۶/۹۰ab	۱۰۰
۰/۸۵ cd	۵/۷۸bc	۳/۵۱ cd	۱۸/۶۷bc	۸۵
۰/۴۹ d	۴/۳۷bc	۱/۹۹ cd	۱۴/۲۷bc	۷۰
۰/۲۲ d	۲/۱۴c	۰/۹۲ d	۵/۴۶c	۵۵
۱/۲۰ bc	۷/۹۸ab	۴/۹۹ bc	۲۷/۰۲ab	۱۰۰-۸۵
۰/۷۶ cd	۶/۲۶bc	۳/۲۱ cd	۲۱/۱۰bc	۱۰۰-۷۰
۱/۵۳ b	۱۱/۸۱a	۶/۷ ab	۴۱/۲۷a	۸۵-۱۰۰
۲۴/۶	۱۹/۳۳	۲۶/۷	۲۱/۰۴۱	ضریب تغییرات (%)
۳۹۶/۳**	۱/۱۴**	۷۴/۳۷**	۴/۷۸**	میانگین مربعات

\*\* معنی دار در سطح احتمال ۱٪

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بین میانگین ها در سطح احتمال ۱٪ می باشد.

محمودی سورستانی و امید بیگی: مقایسه عملکرد پیکر رویشی، میزان و ترکیبات...

**جدول ۴- نتایج تجزیه مرکب (میانگین مربعات) صفات عملکرد پیکر رویشی تر، عملکرد پیکر رویشی خشک، درصد و عملکرد اسانس گل مکزیک در شرایط مزرعه و گلخانه**

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد پیکر رویشی تر	عملکرد پیکر رویشی خشک	درصد اسانس	عملکرد اسانس
محیط	۱	۱۰۶۳۰۶/۶**	۹۲۸۸/۳**	۱/۷**	۱۹۵۵۱۴۶/۶**
تکرار داخل محیط	۴	۲۰۷/۴ <sup>ns</sup>	۱۸/۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۴۱۵۹/۷ <sup>ns</sup>
تیمار	۶	۱۵۲۴۷/۳**	۱۰۰۵/۹**	۰/۳۰**	۴۶۷۱۶/۴ <sup>ns</sup>
تیمار × محیط	۶	۲۸۵۲/۲**	۱۹۵/۴**	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۲۶۴۰۷/۳**
اشتباه آزمایشی	۲۴	۶۰۰/۵	۳۸/۳	۰/۰۵	۸۷۳۲/۴

**ns**، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

**جدول ۵- اجزای اسانس گیاه گل مکزیک تحت تیمارهای تنش خشکی در شرایط مزرعه**

ترکیبات تشکیل دهنده اسانس	شاخص بازداری (RI)	۱۰۰	۸۵	۷۰	۵۵	۱۰۰-۸۵	۱۰۰-۷۰	۸۵-۱۰۰
ای-هگزنال	۸۹۹	۰	tr	۰	۰/۰۲	۰/۰۱	۰	tr
۳-کتانول	۹۸۳	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۳
لیمونن	۱۰۴۸	۱/۷۰	۱/۶۴	۱/۵۶	۱/۴۲	۱/۶۰	۱/۵۰	۱/۶۵
اکتیل استات	۱۱۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	tr	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲
متیل کابیکول	۱۲۹۵	۹۷/۸۰	۹۷/۸۵	۹۷/۹۰	۹۸/۰۴	۹۷/۸۵	۹۸/۱۰	۹۷/۹۶
ترانس کاریوفیلین	۱۴۴۲	۰/۴۶	۰/۳۵	۰/۵۸	۰/۴۲	۰/۴۱	۰/۳۲	۰/۳
جرماکرن د	۱۴۹۳	۰	tr	۰/۰۲	۰	tr	tr	tr
بی سیکلو جرماکرن	۱۴۹۶	tr	tr	۰	۰	tr	۰	tr

tr: مقدارهای کمتر از ۰/۰۱ درصد

**جدول ۶- اثر تنش خشکی بر اجزای اسانس گیاه گل مکزیک در شرایط گلخانه**

ترکیبات تشکیل دهنده اسانس	شاخص بازداری (RI)	۱۰۰	۸۵	۷۰	۵۵	۱۰۰-۸۵	۱۰۰-۷۰	۸۵-۱۰۰
اکت-۱-ان-۳-آل	۹۸۲	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۳
اکتان-۳-اون	۹۸۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۳	۰
لیمونن	۱۰۲۵	۱/۴۶	۲/۲۱	۱/۲۵	۱/۷۹	۲/۷۱	۱/۸۹	۱/۶۶
لینالول	۱۱۰۰	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳
اکت-۱-ان-۳-آل استات	۱۱۰۹	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۰
متیل کابیکول	۱۱۹۹	۹۷/۴۷	۹۶/۵۱	۹۷/۶۰	۹۷/۰۰	۹۵/۸۵	۹۶/۴۷	۹۶/۱۳
ترانس کاریوفیلین	۱۴۱۲	۰/۳۹	۰/۴۶	۰/۳۶	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۴۳
آلفا-هومولن	۱۴۴۸	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲
جرماکرن د	۱۴۷۴	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۱
بی سیکلو جرماکرن	۱۴۸۹	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴
کاریوفیلین اکساید	۱۵۷۴	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰	۰/۰۳	۰



همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۸) تحت شرایط خشکی گزارش گردیده است.

برخی محققین هم معتقدند که کیفیت ترکیبات اسانس بیشتر تحت تاثیر ژنوتیپ قرار می گیرد و محیط تاثیر کمی روی ترکیبات دارد (نواک و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۰۳). ترکیب اسانس در گیاهان شمعدانی (ایاسو و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۰۹) و جعفری (پتروپولوس و همکاران، ۲۰۰۸) تحت تاثیر تنش خشکی قرار نگرفته است.

به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که حداکثر عملکرد اسانس در شرایط مزرعه و گلخانه به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰-۸۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بدست می آید. عملکرد اسانس اگرچه با تشدید تنش خشکی کاهش معنی داری یافت ولی اختلاف بین تیمارهای ۷۰ درصد ظرفیت زراعی با ۵۵ درصد ظرفیت زراعی در شرایط مزرعه، معنی دار نگردید و از طرف دیگر برخی محققان پیشنهاد کردند که با توجه به اینکه گیاهان پرورش یافته در شرایط تنش خشکی دارای اندازه کوچکتر است و فضای کمتری را اشغال می نمایند؛ می توان برای افزایش عملکرد پیکر رویشی و اسانس، تراکم گیاهان را افزایش داد (این ایده برای گیاه گل مکزیکی نیازمند تحقیق بیشتر می باشد چون ممکن است با افزایش تراکم گیاهی، تنش آبی و سایر تنش ها تشدید گردد). بنابراین در مناطقی مثل کشور ما که کمبود آب مهم ترین عامل محدود کننده توسعه کشت گیاهان به حساب می آید، شاید بتوان مقدار آبیاری گیاه را حتی تا ۵۵ درصد ظرفیت مزرعه نیز کاهش داد که البته این پیشنهاد نیز نیازمند کشت گل مکزیکی در مقیاس وسیع تر و تجزیه و تحلیل اقتصادی می باشد.

بدست آمده بود. از طرف دیگر، امیدبگی و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که میزان متیل کاویکول تحت تیمارهای کود نیتروژن تغییرات زیادی نمی کند. بنابراین اجزای اسانس گیاه گل مکزیکی بیشتر تحت تاثیر زمان کشت قرار می گیرد و میزان آبیاری و کوددهی تاثیر اندکی روی اجزای اسانس دارد. تغییر در ترکیبات اسانس در گیاهان بسته به گونه و کولتیوار متفاوت است. در شرایط تنش خشکی مقدار ژرانیول در گونه *C. martinii* افزایش ولی در گونه *C. winterianus* کاهش یافت (فاروقی و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۵). دلیل افزایش ژرانیول، جلوگیری از تبدیل ژرانیول به ژرانیل استات در شرایط تنش خشکی ذکر شده است (فاتیما و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین در گونه *C. winterianus* در شرایط تنش خشکی، میزان سیترونال کاهش و سیترونلول افزایش یافت. در این گونه در ابتدا ژرانیول به سیترونلول تبدیل و بعد سیترونلول به سیترونلال تبدیل می شود. بنابراین در این گونه در شرایط خشکی تبدیل ژرانیول به سیترونلول تسریع و در مرحله بعد تبدیل سیترونلول به سیترونلال باز داشته می شود (فاتیما و همکاران، ۲۰۰۲). در یک تحقیق، سعید آل اهل و عبدو<sup>۲</sup> (۲۰۰۹) نشان دادند که مقدار ژرانیال در گیاه بادرشویه تحت شرایط خشکی افزایش و ژرانیول کاهش یافت. تغییر در ترکیبات اسانس به دلیل اثر تنش خشکی بر فعالیت آنزیم های دخیل در بیوسنتز مونوترپن ها می باشد. فعالیت ژرانیول دهیدروژناز که در کاتالیز ژرانیول- سیترال نقش دارد، در شرایط تنش خشکی تغییر کرده است. به عبارتی تجمع مونوترپن ها در گیاهان تحت تنش خشکی، نقش فیزیولوژیکی و اکولوژیکی به عنوان یک حفاظت کننده در مقابل تنفس نوری دارد. تغییر در ترکیبات اسانس گیاهان شمعدانی معطر (خلید و همکاران، ۲۰۱۰)، زیره (لریسی و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۹) و مریم گلی (بتائب و

4 -Bettaieb et al.

5 - Novak et al.

6 - Eiasu et al.

1 - Farooqi et al.

2 - Said-Al Ahl &amp; Abdou

3 -Laribi et al.

### منابع

۱. امیدبیگی، ر. ۱۳۸۶. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد دوم، چاپ چهارم با بازنگری کامل، انتشارات آستان قدس رضوی، ۴۳۸ ص.
۲. حسنی، ع. ۱۳۸۲. اثرات تنش‌های آبی و شوری کلرور سدیم بر برخی از خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریحان رقم کشکنی لولو. رساله دکتری باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۲۱۸ ص.
۳. حسنی، ع. ۱۳۸۵. بررسی تاثیر تنش کم آبی بر رشد، عملکرد و میزان اسانس گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica*). فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۲ (۳): ۲۵۶-۲۶۱.
۴. شمس‌کیا، ف. ۱۳۸۲. اثر تاریخ کاشت آگاستاکه بر رشد، نمو، عملکرد، مقدار اسانس و اجزای متشکله آن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ۸۴ ص.
۵. کوچکی، ع. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۷۳. اکولوژی گیاهان زراعی. چاپ دوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۹۱ ص.
۶. محمودی، م. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر برخی از خصوصیات مرفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گل مکزیکی (*Agastache foeniculum* [Pursh] Kuntze). رساله دکتری باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۱۶۳ ص.
۷. مهرپور، ش.، سفیدکن، ف.، میرزایی ندوشن، ح. و مجد، ا. ۱۳۸۳. مقایسه اسانس چهار جمعیت از گیاه در شرایط کشت مزرعه و گلخانه، فصلنامه پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۰ (۲): ۱۵۹-۱۶۹.
8. Bettaieb, I., Zakhama, N., Wannes, W.A., Kchouk, M.E., and Marzouk B. 2008. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. *Scientia Horticulturae*, 120 (2): 271-275.
9. Dunford, N.T., and Vazquez, R.S. 2005. Effect of water stress on plant growth and thymol and carvacrol concentrations in Mexican oregano grown under controlled conditions. *Journal of Applied Horticulture*, 7(1):20-22.
10. Eiasu, B.K., Steyn, J.M., and Soundy, P. 2009. Rose-scented geranium (*Pelargonium capitatum* × *P. radens*) growth and essential oil yield response to different soil water depletion regimes. *Agricultural Water Management*, 96: 991-1000.
11. Farooqi, A.H.A., Fatima, S., Khan, A., and Sharma, S. 2005. Ameliorative effect of chlormequat chloride and IAA on drought stressed plants of *Cymbopogon martinii* and *C. winterianus*. *Plant Growth Regulation*, 46:277-284
12. Fatima, S., Farooqi, A.H.A., and Sharma, S. 2002. Physiological and metabolic responses of different genotypes of *Cymbopogon martinii* and *C. winterianus* to water stress. *Plant Growth Regulation*, 37: 143-149.

13. Flexas, J., and Medrano, H. 2002. Drought-inhibition of photosynthesis in C<sub>3</sub> plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. *Annual of Botany*, 89: 183–189.
14. Jaleel, C.A., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Sankar, B., Gopi, R., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. 2007. Alterations in osmoregulation, antioxidant enzymes and indole alkaloid levels in *Catharanthus roseus* exposed to water deficit. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 59:150–157.
15. Khalid, K.A. 2006. Influence of water stress on growth, essential oil, and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp.). *International Agrophysics*, 20: 289-296.
16. Khalid, K.A., Teixeira da Silva, J.A., and Cai, W. 2010. Water deficit and polyethylene glycol 6000 affects morphological and biochemical characters of *Pelargonium odoratissimum* (L.). *Scientia Horticulturae*, 125 (2): 159-166.
17. Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki K., Sahli, A., Mougou, A., and Marzouk, B. 2009. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oil and fatty acid composition. *Industrial Crops and Products*, 30 (3): 372-379.
18. Mallavarapu, G.R., Kulkarni, R.N., Baskaran, K., and Ramesh, S. 2004. The essential oil composition of anise hyssop grown in India. *Flavour and Fragrance Journal*, 19: 351–353.
19. Novak, J., Grausgruber, H., Pank, F., Langbehn, J., Blüthner, W.D., Vender, C., Niekerk, L.V., Junghanns, W., and Franz, Ch. 2003. Stability of Hybrid combinations of Marjoram (*Origanum majorana* L.). *Flavour and Fragrance Journal*, 18, 401–406.
20. Omidbaigi, R., and Sefidkon, F. 2003. Essential oil composition of *Agastache foeniculum* cultivated in Iran. *Journal of Essential Oil Research*, 15: 52-53.
21. Omidbaigi, R, Kabudani, M., and Khorang, M. 2008. Nitrogen fertilizer affecting herb yield, essential oil content and compositions of *Agastache foeniculum* Purch. *Journal of Essential Oil Research*, 11 (3): 261-266.
22. Petropoulos, S. A., Daferera, D., Polissiou, M.G., and Passam, H.C. 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. *Scientia Horticulturae*, 115(4): 393-397.
23. Said-Al Ahl, H.A.H., and Abdou, M.A.A. 2009. Impact of water stress and phosphorus fertilizer on fresh herb and essential oil content of dragonhead. *International Agrophysics*, 23: 403-407.
24. Topp, G.C., Davies, J.L. 1985. Time domain reflectometry (TDR) and its application to irrigation scheduling. *Advances in Irrigation*, 3: 107-127.