

فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۲۲، شماره ۴، صفحه ۳۵۰-۳۴۱ (۱۳۸۵)

بررسی تغییرات اسانس گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت تأثیر میدان الکترومغناطیسی

الهام رجب بیگی^۱، فائزه قناتی^۱، فاطمه سفیدکن^۲ و پرویز عبدالمالکی^۳

- ۱- گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی ۱۷۵-۱۴۱۵۵، تهران E-mail: ghangia@modares.ac.ir
- ۲- موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور صندوق پستی ۱۱۶-۱۳۱۸۵، تهران، ایران
- ۳- گروه بیوفیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی ۱۷۵-۱۴۱۵۵، تهران، ایران

چکیده

در این تحقیق، تأثیر میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۱ kHz بر روی رشد و همچنین میزان و نوع اسانس بخش های هوایی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور گیاهان به مدت ۶ روز و هر روز به مدت ۵ ساعت به صورت ناپیوسته با میدان الکترومغناطیسی تیمار شدند. در گروههای تیمار شده میزان رشد گیاه نسبت به گروه شاهد کاهش نشان داد. میزان اسانس در گروه تیمار شده با میدان الکترومغناطیسی نسبت به گروه شاهد کاهش نشان داد که این امر می تواند به دلیل کاهش فعالیت آنزیم های دخیل در بیوسنتز اسانس ها در معرض تیمار با میدان الکترومغناطیسی باشد. ترکیب غالب اسانس در گروه تیمار و شاهد همواره متیل کاویکل، ژرانیول و نرول بود، اما مقدار این ترکیبهای غالب در گروه تیمار شده و شاهد با یکدیگر متفاوت بود. میزان متیل کاویکل آن در گیاهان تیمار شده با میدان الکترومغناطیسی نسبت به گروه شاهد افزایش نشان داد. تغییر محتوای اسانس ها و ترکیبهای سازنده آنها پیشنهاد می کند که بتوان از میدان الکترومغناطیسی به عنوان ابزاری برای افزایش اسانس ها و ترکیبهای مفید دارویی در گیاهان استفاده نمود.

واژه های کلیدی: اسانس، *Ocimum basilicum*، متیل کاویکول، میدان الکترومغناطیسی.

مقدمه

متعدد، وسایل الکترونیکی و ابزارهای صنعتی در حدود Hz ۳-۳۰۰۰ می باشد. افزایش پروازهای بلند مدت بین سیاره ای و تأثیر میدانهای الکترومغناطیسی بر روی انسان و سایر موجودات دلیلی دیگر برای توجه به میدانهای الکترومغناطیسی است (Belyavskaya, 2004). مکانیسم فیزیکی اثر میدانهای مغناطیسی و الکترومغناطیسی تا حدود زیادی مشابه یکدیگر می باشد. این

میدانهای الکتریکی و مغناطیسی همواره جزء ثابتی از زندگی انسان بوده اند. این میدانها هم به صورت طبیعی و هم به صورت نتیجه ای از تکنولوژی بشر امروزی، در زندگی روزمره انسان حضور داشته اند. میدانهای الکترومغناطیسی طبیعی شدت کمی دارند. فرکانس میدانهای الکتریکی و مغناطیسی وسایل ساخت بشر از قبیل سیستم های تقویتی

بررسی تغییرات اسانس گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*)

تحت تأثیر میدان الکترومغناطیسی

مکانیسم تأثیرات منفی یا مثبت آنها بر سیستم‌های زنده نیازمند مطالعات بیشتری در این زمینه می‌باشد. در این تحقیق نیز اثر میدان الکترومغناطیسی بر روی رشد و محتوای اسانس گیاه ریحان مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها کشت گیاه

بذرهای اصلاح شده گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) از شرکت خدمات کشاورزی ایران تهیه شده و در گلدانهای حاوی مخلوط شن - ماسه و هوموس به نسبت ۱:۲ در محیط گلخانه‌ای (دمای حدود $27 \pm 2^\circ\text{C}$ و دانسیته نوری معادل $58 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) پرورش یافتند. گیاهان هر روز با آب معمولی آبیاری شدند. خاک بستر گیاه برای تجزیه به آزمایشگاه موسسه تحقیقات آب و خاک فرستاده شد و ویژگیهای شیمیایی و فیزیکی آن تعیین گردید که نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است. پس از یک ماه گیاهان به گروه تیمار و شاهد تقسیم شدند که هر گروه شامل حداقل سه گلدان بود که در هر کدام از گلدانها حدود ۱۵ گیاه وجود داشت. گروه اول گروه شاهد بوده که هیچ گونه تیماری دریافت نکرد. گروه دوم به مدت ۶ روز و هر روز به مدت ۵ ساعت و به طور منقطع در میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۱ kHz قرارگرفت. پس از پایان دوره تیماردهی گیاهان گروههای شاهد و تیمار به منظور اسانس‌گیری جمع-آوری شدند و پس از شستشو با آب در دمای اتاق خشک گردیدند. مقداری از بخش‌های هوایی گروههای شاهد و تیمار به طور جداگانه با آب شسته شده و در نیتروژن مایع تثبیت و در دمای -80°C درجه سانتیگراد نگهداری شدند.

مکانیسم در سطوح اتمی و فراتمی به رزونانس میدان‌های هسته‌ای در بافتهای زنده و اثرات آن بر وضعیت اسپین الکترونی و ارتباط آنها با گروههای ویژه ای از واکنش‌های انتقال الکترونی مربوط می‌باشد.

مطالعات انجام شده، رابطه‌ای را بین میدانهای الکترومغناطیسی و بروزآثار بیولوژیکی نشان می‌دهد. البته باید در نظر داشت که در ظهور این آثار عوامل دیگری نیز دخیل هستند. وجود این عوامل سبب می‌شود که در بعضی از مطالعات مشابه، نتایج متفاوت و یا حتی کاملاً متضاد بدست آید. چنین به نظر می‌رسد که غیر از پارامترهای فیزیکی از قبیل شدت، فرکانس، شکل موج (موج سینوسی یا تخت) و مدت اعمال میدان، عوامل دیگری نیز در بروز آثار بیولوژیکی آن مؤثر باشند. از جمله این عوامل می‌توان به میدان مغناطیسی زمین، شرایط بیولوژیکی بافت زنده، درجه حرارت محیط و چند عامل دیگر اشاره کرد. به عنوان مثال در دانه‌رست‌های تربچه، در میدان مغناطیسی $5/0 \text{ mT}$ ، محتوای پروتئین و لیپیدهای خنثی در گیاهان رشد یافته در نور و تحت تیمار نسبت به گروه شاهد افزایش یافت، در حالی که در اغلب گیاهان رشد یافته در تاریکی تغییری مشاهده نشد (Belyavskaya, 2004). تحقیقات انجام شده در مورد اثرات درمانی میدان‌های الکترومغناطیسی بسیار اندک است (Alasonati, 2003). مشاهده این اثرات، لزوم مطالعه بیشتر در این زمینه را ایجاب می‌کند.

برهمکنش میدان‌های مغناطیسی با سیستم‌های زنده یکی از زمینه‌های علمی است که امروزه بررسی‌های زیادی در مورد آن انجام می‌گیرد. اما با وجود بررسی‌های فراوان هنوز

جدول ۱- آنالیز فیزیکی و شیمیایی خاکی که گیاهان ریحان در آن کشت شدند.

بافت Text	درصد اشباع S.P.	هدایت الکتریکی (ds/m)	pH	کربن آلی %O.C	ازت کل %Total N
نمونه شنی	۳۹	۴/۸۵	۷/۶	۱/۷۹	۰/۱۵۳
فسفر قابل جذب K (ppm)	پتاسیم قابل جذب P (ppm)	آهن Fe (mg/kg)	روی Zn (mg/kg)	مس Cu (mg/kg)	منگنز Mn (mg/kg)
نمونه ۵۲/۴	۶۷۰	۱۲/۴	۳	۰/۹۴	۱۳

دستگاه مولد میدان الکترومغناطیسی

دستگاه مولد امواج الکترومغناطیسی که برای این مطالعه طراحی و ساخته شد، دارای یک محفظه داخلی به ابعاد (۶۰×۵۰×۴۰ سانتیمتر، به ترتیب ارتفاع، عرض و طول) بود که به سادگی امکان قرارگیری چند گلدان را فراهم می‌کرد (شکل ۱). سیستم از منبع تغذیه مجزای AC جهت تولید امواج الکترومغناطیسی و تهویه مرکزی استفاده می‌کرد. این سیستم قادر به تولید موج‌هایی با اشکال سینوسی، مربعی و مثلثی با قابلیت کنترل پیوسته فرکانس در دامنه فرکانسی Hz ۰/۱ تا ۱۰kHz بود. جهت تولید امواج الکترومغناطیسی، از یک سیم پیچ به ابعاد ۴۸ × ۳۴ mm که دارای ۲۸ دور سیم با سطح مقطع ۰/۳ mm بود، استفاده شد. مقاومت ظاهری سیم پیچ معادل ۸ اهم بود و حداکثر توان مصرفی دستگاه ۹ وات، بود که به کمک یک سیستم کنترل توان از نوع

آنالوگ، امکان انتخاب توان‌های تابشی مختلف را فراهم می‌ساخت.

بعلاوه به علت وجود دو سیم پیچ مجزا، یکی در صفحه XOY (سطح افق و عمود بر g) و دیگری در صفحه XOZ (سطح عمود بر سطح و موازی با g)، امکان انتخاب زاویه تابش امواج در دو وضعیت خاص فراهم بود. جهت کنترل دما و نور یک حسگر گرمایی دیجیتالی به همراه یک سیستم روشنایی در داخل محفظه تابش‌گیری تعبیه گردید. جهت کالیبره کردن دستگاه در فرکانس مورد نظر، با همکاری واحد پرتوهای غیر یون ساز وابسته به بخش حفاظت در برابر اشعه سازمان انرژی اتمی ایران شدت میدان مغناطیسی بر حسب (A/m) اندازه‌گیری شد که نتایج جهت محاسبه انرژی جذب شده در گیاه استفاده گردید.



شکل ۱- دستگاه تولید میدان الکترومغناطیسی

(A) سیستم کنترل فرکانس و نمایش فرکانس به صورت دیجیتالی با دقت $0/001\text{Hz}$ ،

(B) نحوه قرارگیری نمونه در دستگاه تولید میدان الکترومغناطیسی

مطالعات مورفولوژیک و میکروسکوپی

اندازه گیری رشد طولی ساقه

معمول سلولی- بافت شناسی از نمونه ها آبرگیری شد. به منظور آبرگیری از درجات رو به افزایش الکل به ترتیب شامل الکل های ۳۰، ۵۰، ۷۵، ۹۰ درجه و الکل ۱۰۰ درجه (مطلق) استفاده شد. مدت زمان قرار گرفتن در هر یک از الکل ها ۳۰ دقیقه بود. پس از آبرگیری با عبور مرحله ای از مخلوط های الکل اتیلیک خالص و زایلن نمونه ها از زایلن که حلال پارافین است اشباع شدند که هر یک از این مراحل ۳۰ دقیقه به طول انجامید. سپس با عبور از مخلوط های مختلف رو به افزایش زایلن - پارافین مذاب درون بافتها از پارافین اشباع شد تا برای قالب گیری آماده شوند. در نهایت نمونه ها در پارافین خالص با نقطه ذوب 52°C قالب گیری شدند. نمونه ها پس از قالب گیری برش گیری شدند. برش- گیری با کمک دستگاه میکروتوم (Rotary Microtome, Reichert-Jung 2030, Germany) انجام و برش هایی به

طول ساقه هر یک از گیاهان شاهد و تیمار قبل از آزمایش و پس از آن اندازه گیری شد. اندازه گیری از فاصله جوانه رأسی تا محل اولین دو برگ گیاه انجام شد. - تثبیت و برش گیری به علت ظریف بودن بافت از چندین روش برای برش گیری استفاده شد. نمونه ها در مخلوطی از اتانل و گلیسرین (به نسبت ۱:۳) قرار گرفتند و برش های دستی از آن ها با میکروسکوپ فلورسانس (BH2, Olympus, Japan) مشاهده شد. گروه دیگری از نمونه های تازه ریشه و ساقه پس از شستشو با آب مقطر با تثبیت کننده FAA تثبیت شدند تا برای قالب گیری در پارافین و برش- گیری بعدی مورد استفاده قرار گیرند.

مراحل آماده سازی نمونه ها و برش گیری

نمونه ها پس از تثبیت با آب جاری شسته شدند تا اثرات اضافی تثبیت کننده از بین برود. سپس به روشهای

های گیاهی محاسبه شد. با در نظر گرفتن درصد رطوبت، بازده اسانس بر حسب وزن خشک بدست آمد (حسنی، ۱۳۸۲).

روشهای آماری

همه آنالیزهای بیوشیمیایی و مشاهدات میکروسکوپی با بیش از ۳ تکرار مستقل و هر یک حداقل با ۳ نمونه صورت گرفت. برای تمام داده‌ها میانگین و انحراف معیار (SD) محاسبه شد. معنی‌دار بودن یافته‌های حاصل با استفاده از T-test در سطح $P \leq 0.05$ مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

تأثیر میدان های مغناطیسی ایستا و میدان های الکترومغناطیسی بر روی سیستم‌های زنده به ویژه در سالهای اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. زیرا استفاده از وسایل مغناطیسی و الکتریکی در پزشکی، صنعت و زندگی روزمره به شدت رو به افزایش است.

آنالیز رشد و مطالعات میکروسکوپی

در این بررسی تغییر مورفولوژیک بارزی در رشد گیاهان تیمار شده و شاهد مشاهده نشد. اما اندازه‌گیری طول ساقه نشان داد که در تمامی گروه‌های تیمار شده، رشد گیاهان نسبت به گروه شاهد کاهش معنی‌داری در سطح $P \leq 0.05$ داشته است. نتایج اندازه‌گیری در جدول ۳ آمده است. درصد کاهش رشد در گروه تیمار شده با میدان الکترومغناطیسی نسبت به گروه شاهد ۴۲٪ بود.

ضخامت ۱۵ میکرون تهیه شد که بر روی لام‌های تمیزی که از قبل به چسب هاپت و فرمالین ۴٪ آغشته شده بود، قرار داده شدند. برش های روی لام روی دستگاه Hotplate در دمای 30°C به مدت حدود ۵ دقیقه قرار گرفت تا پهن و صاف شوند. گروهی از نمونه‌های تثبیت شده با تثبیت‌کننده FAA پس از رسانیدن به الکل ۷۰٪، با دست برش‌گیری شدند. مشاهده میکروسکوپی و عکسبرداری از نمونه‌ها با میکروسکوپ نوری و فلورسانس (BH2, Olympus, Japan) انجام گرفت.

اسانس گیری

حدود ۵۰ g گیاه خشک از نمونه های شاهد و تیمار شده با میدان الکترومغناطیسی پس از خرد شدن به روش تقطیر با آب با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت ۳-۴ ساعت اسانس گیری شدند و اسانس های جمع‌آوری شده پس از توزین با دستگاه GC (مدل Shimadzu-مدل ۹A، ژاپن) و CG-MS (Varian 3400، آمریکا) آنالیز گردید (Mechkovski & Akerele, 1992).

تعیین درصد رطوبت نسبی

مقادیر مشخصی از بخش هوایی نمونه های شاهد و تیمار شده با میدان الکترومغناطیسی به مدت حداقل ۲۴ ساعت در آون با حرارت ۶۰ درجه سانتیگراد خشک شدند و با تعیین تفاوت وزن اولیه و ثانویه، مقدار رطوبت و درصد آن در نمونه

جدول ۲- رشد ساقه گیاه ریحان با یا بدون تیمار با میدان‌های مغناطیسی، الکترومغناطیسی و آهن

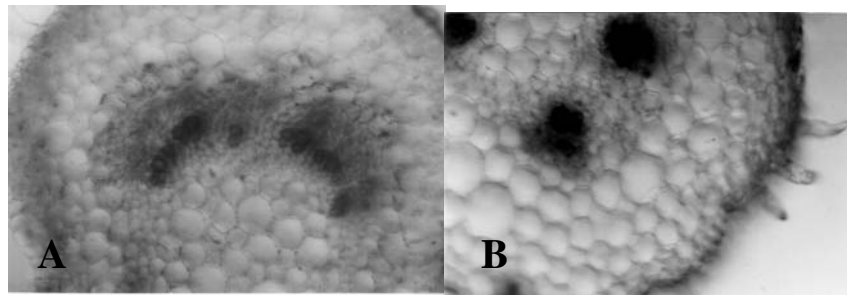
تیمار	طول ساقه (میلیمتر)	وزن تر/وزن خشک اندام هوایی
کنترل (شاهد)	۷۷±۰/۰۵	۱/۳۷±۰/۰۱
میدان الکترومغناطیسی	۴۵±۰/۱۳*	۷/۷±۰/۰۳*

تعداد نمونه‌ها ۹ عدد. ستاره نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح $P \leq 0.05$ نسبت به گیاهان گروه شاهد می‌باشد.

در فعالیت آنزیم‌ها، بروز ژن، آزاد شدن کلسیم از فضاهای سلولی، تخریب غشا، کاهش رشد و در نهایت مرگ سلولی گردد (Rabison et al., 2002; Kwee & Raskmark, 1998). گرچه در تحقیق حاضر فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانت گیاه ریحان بررسی نشده است اما کاهش مشاهده شده در رشد گیاه به‌دنبال قرار گرفتن در معرض میدان‌های مغناطیسی و الکترومغناطیسی می‌تواند به دلیل افزایش رادیکال‌های آزاد و برهم خوردن فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌ها باشد.

مقایسه مطالعات میکروسکوپی برش‌های ساقه گیاهان تیمار شده با میدان الکترومغناطیسی تفاوت بارزی در اندازه سلول‌های کورتکس ساقه گیاهان تیمار شده در مقایسه با گروه شاهد نشان داد، به طوری که قطر متوسط سلول‌ها در کورتکس ساقه گروه شاهد ۷۳ میکرومتر و قطر متوسط اندازه‌گیری شده در سلول‌های همین ناحیه در ساقه گیاهان تیمار شده ۱۴۶ میکرومتر بود (شکل ۲).

این امر ممکن است به دلیل افزایش دمای درونی گیاه بیش از حد بحرانی و به دنبال آن مختل شدن فرایند رشد باشد. اکثر گیاهان در دمای کمتر از 6°C به خواب می‌روند و رشد آنها در دمای بالای 50°C مختل می‌شود. میدان مغناطیسی می‌تواند با تأثیر بر روی دمای درونی گیاهان و افزایش آن، رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد (Vaezzadeh et al., 2005). در تحقیقات دیگر احتمال بروز پاسخ‌های ایمنی در موجودات زنده به دنبال قرار گرفتن در معرض میدان‌های مغناطیسی و الکترومغناطیسی با واسطه ایجاد استرس اکسیداتیو (oxidative stress) گزارش شده است (Fernie & Bird, 2001; Sobczak et al., 2002; Li & Chow, 2001). استرس اکسیداتیو به معنای افزایش میزان، غلظت و طول عمر گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشد. گونه‌های فعال اکسیژن طی متابولیسم طبیعی موجودات زنده نیز تولید می‌شوند. استرس اکسیداتیو می‌تواند سبب تغییر



شکل ۲. مشاهده برش عرضی ساقه گیاه ریحان با میکروسکوپ نوری.

(A نمونه شاهد، B) نمونه تیمار شده با میدان الکترومغناطیسی. اندازه سلولهای ناحیه کورتکس گروه تیمار شده با میدان الکترومغناطیسی درشت تر از سلولهای گروه شاهد می باشد (بزرگنمایی $\times 330$).

محتوای اسانس و ترکیبهای آن

اسانسها شامل دو گروه عمده ترکیبهای ترپنوئیدی و فنیل پروپانوئیدها هستند که به ترتیب شامل allylphenol و propenylphenol می شوند. مسیر دقیق متابولیسم برخی از این ترکیبها هنوز کاملا مشخص نیست (Gang et al., 2001). مطالعات نشان داده است که عوامل محیطی و استرسزا همواره ترکیب شیمیایی و اسانس گیاهان را تحت تأثیر قرار می دهند (Zheljzakov & Warman, 2003). سنجش میزان و نوع ترکیبهای سازنده اسانس موجود در بخش هوایی گیاه ریحان پس از استخراج با دستگاه GC و GC-MS انجام گرفت (جدول ۳). تیمار با میدان الکترومغناطیسی سبب افزایش میزان اسانس به میزان ۱/۲ برابر میزان شاهد گردید. ترکیب غالب اسانس بخش هوایی گیاه ریحان استفاده شده در تحقیق حاضر در گروه شاهد و گروه تیمار شده شامل متیل کاویکل، ژرانیول و نرول بود. گرچه میزان نسبی آنها در تیمارهای مختلف متفاوت بود. در کنار ترکیبهای غالب سازنده اسانس در بخش هوایی گیاه ریحان حدود ۳۰ ترکیب غیرغالب نیز اندازه گیری شد که تغییر میزان نسبی آنها در گروه تیمار به نسبت گروه شاهد قابل ملاحظه نبود. در مقایسه با گروه شاهد، در گروه تیمار درصد نسبی محتوای ژرانیول و نرول متناسب با یکدیگر و در تقابل با درصد نسبی محتوای متیل کاویکل بود. در تیمار

با میدان الکترومغناطیسی، میزان متیل کاویکل افزایش یافت. این نتایج پیشنهاد می کند که می توان از میدان الکترومغناطیسی به عنوان ابزاری برای افزایش اسانسها و ترکیبهای مفید دارویی در گیاهان استفاده نمود. برای مثال متیل کاویکل ترکیبی غیرترپنوئیدی است که در صنعت داروسازی و عطرسازی کاربرد دارد. این ترکیب دارای خواص درمانی نظیر خاصیت ضدویروسی، ضد باکتریایی، ضد اسپاسم می باشد و نیز به عنوان حشره کش کاربرد دارد (Leung, 1980; Okundada & Olaifa, 1987). همچنین متیل کاویکل در ترکیب داروهای وجود دارد که در درمان میگرن، سرماخوردگی، استفراغ، اسهال و دل درد بکار می رود.

نرول و ژرانیول از گروه مونوترپن ها می باشند. نرول معطر بوده و دارای خواص ضدباکتریایی، ضد عفونی کنندگی و ضدتریکوموناسی می باشد. در مسیر بیوسنتز ترکیبهای فنلی، وجود دو آنزیم انتقال دهنده متیل به نامهای کاویکل - O- متیل ترانسفراز (COMT) و یوگونول - O- متیل ترانسفراز نشان داده شده است. کاویکل - O- متیل ترانسفراز با استفاده از SAM (S-adenosyle methionine) کاویکل را به متیل - کاویکل تبدیل می کند (Lewinsohn et al., 2000; Gang et al., 2002). افزایش میزان متیل کاویکل بار دیگر موید این مطلب است که تأثیر تیمارهای الکترومغناطیسی به طور غیرمستقیم و با میانجی گری پروتئین های نظیر پروتئین های آنزیمی از جمله COMT انجام می گیرد.

جدول ۳ - مقایسه میزان ترکیبهای غالب اسانس‌های گروه شاهد و تیمار

گیاهان تیمار شده با EMF (%)	گیاه شاهد (%)	ترکیب
۰/۳	۰/۲	α -pinene
۰/۴	۰/۴	β -pinene
۰/۳	۰/۲	myrcene
۰/۲	۰/۱	α -phellandrene
۰/۲	جزئی	α -terpinene
۰/۵	۰/۴	limonene
-	جزئی	(E)- β -ocimene
۱/۰	۰/۸	<i>trans</i> - linalool oxide
۰/۴	۰/۲	linalool
۰/۲	۰/۲	neo-allo-ocimene
۰/۵	۰/۴	<i>cis</i> -menth-2-en-1-ol
۰/۴	۰/۳	borneol
۴۲/۳	۳۴/۱	methyl chavicol
-	۰/۲	neral
۱۹/۰	۲۸/۸	nerol
۲۴/۵	۲۷/۸	geraniol
-	۰/۲	α -copaene
۰/۷	۰/۳	β -cubebene
۱/۹	۲/۴	β -caryophyllene
-	۰/۸	β -sesquiphellandrene
۱/۸	۰/۴	α -humulene
۱/۲	۱/۹	spathulenol
۰/۳	۰/۸	caryophyllene oxide
۹۶/۳	۹۵/۲	مجموع
۱/۳	۱/۷	بازده اسانس

منابع مورد استفاده

- Leung, A.Y., 1980. Encyclopedia of common natural ingredients used in food, drugs, and cosmetics. John Wiley and Sons, Inc., New York, pp 241-245.
- Lewinsohn, E., Ziv-Raz, I., Dudai, N., Tadmor, Y., Lastochkin, E., Larkov, O., Chaimovitsh, D., Ravid, U., Puteivsky, E., Pichersky, E. and Shoham, Y., 2000. Biosynthesis of estragole and methyl-eugenol in sweet basil (*Ocimum basilicum*). Developmental and Chemotypic association of allylphenol O-methyltransferase activities. *Plant Science*, 160: 27-35.
- Li, S.H. and Chow, K.C., 2001, Magnetic field induces DNA degradation. *Biochemical and Biochemical Research Communications*, 280: 1385-1388.
- Mechkovski, A. and Akerele, C.O., 1992, Quality control methods for medicinal plant materials, WHO/PHARM/92.559. World Health Organization, Switzerland.
- Okundada, A.L. and Olaifa, J.A., 1987, Estragole: an acute toxic principle from the volatile oil of the leaves of *Clausena anisata*. *Journal of Natural Products*, 50: 990-991.
- Rabison, J.G., Pendleton, A.R., Monson, K.O., Murray, B.K., O'Neill, K.L., 2002. Decreased DNA repair rates and protection from heat induced apoptosis mediated by electromagnetic field exposure. *Bioelectromagnetics*, 23: 106-112.
- Sobczak, A., Kula, B. and Dancii, A., 2002. Effects of electromagnetic field on free radical process in steelworkers. Part II: Magnetic field influence on vitamin A, E and selenium concentrations in plasma. *Journal of Occupational Health*, 44: 230-233.
- Vaezzadeh, M., Noruzifar, E., Ghanati, F., Salehkotahi, M. and Mehdian, R., 2006. Excitation of plant growth in dominant temperature by steady magnetic field. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 302 (1): 105-108.
- Zheljzakov, V.R., Warman, P.H., 2003. Application of high Cu compost to Swiss chard and basil. *The Science of the Total Environment*, 302: 13-26.
- حسنی، ع.، ۱۳۸۲. اثرات تنش‌های آبی و شوری کلرور سدیم بر برخی از خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریحان رقم کشکنی لولو، پایان‌نامه دکتری علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.
- Alasonati, E., Comino, E., Giudice, A., Lanoz, M., Rachidi, F., Saidi, Y., Zryd, J.P. and Zwiacker, P., 2003. Use of the photosynthesis performance index to assess the effects of high frequency electromagnetic fields on the membrane integrity of the moss *Physcomitrella patens*, in: 15th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility , Zurich, February 18-20, 297-299.
- Belyavskaya, N.A., 2004. Biological effects due to weak magnetic field on plants. *Advances in Space Research*, 1566-1574.
- Fernie, K.J. and Bird, D.M., 2001. Evidence of oxidative stress in American kestrels exposed to electromagnetic fields. *Environmental Research Section A*, 86: 198-207.
- Gang, D.R., Wang, J., Dudareva, N., Hee, N.K. and Simon, J.E., 2001. An investigation of the storage and biosynthesis of phenylpropanes in sweet basil. *Plant Physiology*, 125: 539-555.
- Gang, D.R., Lavid, N., Zubieta, Ch., Chen, F., Beuerle, T., Lewinsohn, E.P., Noel, J. and Pichersky, E., 2002. Characterization of phenylpropane O-methyltransferases from sweet basil: Facile change of substrate specificity and convergent evolution within a plant O-methyltransferases family. *The Plant Cell*, 14: 305-519.
- Kwee, S. and Raskmark, P., 1998. Changes in cell proliferation due to environmental non-ionizing radiation 2. Microwave radiation. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*, 44: 395-420.

Investigating the Changes of Essential Oil of *Ocimum basilicum* L. in Response to Electromagnetic Field

F. Ghanati^{1*}, E. Rajabbeigi¹, F. Sefidkon² and P. Abdolmaleki³

1-Biology Department, Faculty of Science, Tarbiat Modarres University, P.O. Box: 14115-175, Tehran, Iran, E-mail: ghangia@modares.ac.ir

2- Research Institute of Forests and rangelands, Tehran, Iran

3- Biophysics Department, Faculty of Science, Tarbiat Modarres University. Tehran, Iran

Abstract

The effects of electromagnetic field (1 kHz) on the growth and the amounts and composition of essential oils of sweet basil (*Ocimum basilicum*) were studied. Basil plants were exposed to the electromagnetic field for 6 days, each 5 hours, discontinuously. Compared to the control plants, the growth of treated plants and their essential oils were decreased. This may be resulted from decrease in the activity of certain enzymes involved in the essential oil biosynthesis pathway. Methyl chavicol, geraniol, and nerol were three major components of essential oil of basil. Treatment with electromagnetic field, however, increased the content of methyl chavicol, suggesting an increase in the activity of chavicol-*o*-methyl transferase. This in return, suggests that the electromagnetic field can effect on the metabolism of essential oils indirectly i.e., through enzymatic proteins such as chavicol-*o*-methyl transferase. The results of the present study indicate that the electromagnetic field can be considered as a tool to increase methyl chavicol and probably other medicinal compounds in the desired plants.

Key words: essential oils, basil (*Ocimum basilicum*), methyl chavicol, electromagnetic field.