

اثر تنش کمبود آب بر شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه زنیان (*Carum copticum*)

رؤیا رضوی زاده^{۱*}، مهدیه شفق^۱ و شهلا نجفی^۲

^۱ گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵، تهران، ایران

^۲ گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زابل، زابل، ایران

چکیده

گیاه زنیان (*Carum copticum* L.) از مهم‌ترین گیاهان تیره Apiaceae است و مصارف دارویی فراوانی دارد. به منظور بررسی اثر تنش کم‌آبی بر رشد، عملکرد، انباشت متابولیت‌های سازگار (پرولین و کربوهیدرات) و مواد مؤثره گیاه زنیان آزمایشی تحت شرایط کنترل شده در گلخانه انجام شد. سطوح تنش کم‌آبی اعمال شده شامل: شاهد ۹۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش ملایم)، ۷۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش متوسط)، ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) بود. در سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، گیاه به مرحله بذردهی نرسید. همچنین، در پژوهش حاضر، اسانس دانه گیاهان تحت تنش سطوح کم‌آبی ۷۰ و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی با روش تقطیر با آب به دست آمد و ترکیب‌های شیمیایی اسانس با روش GC/MS تحلیل شد. نتایج آماری نشان داد که تنش کم‌آبی اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد، عملکرد بذر، تجمع پرولین، تجمع کربوهیدرات، عملکرد و درصد اسانس داشته است. با افزایش تنش کم‌آبی ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، وزن خشک اندام رویشی و عملکرد بذر کاهش نشان داد. اما عملکرد اسانس، درصد اسانس، میزان پرولین و کربوهیدرات افزایش داشت. بیشترین میزان پرولین و کربوهیدرات در سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) و بیشترین عملکرد اسانس و درصد اسانس در ۷۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش متوسط) مشاهده شد. تعداد ۲۱ ترکیب شیمیایی در هر دو اسانس بذر زنیان شناسایی شد که میزان ترکیب‌های اصلی اسانس تیمول، گاماترینین و پاراسیمین در هر تیمار تغییر یافته بود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تنش خشکی، تیمول، پرولین، زنیان (*Carum copticum* L.)، کربوهیدرات

مقدمه

که تقریباً ۲۵ درصد از اراضی جهان را محدود می‌کند.

تنش خشکی همچنین بر تولیدات کشاورزی تأثیرگذار

است و باعث کاهش محصولات می‌شود (Khan et

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد

گیاهان در سراسر جهان و شایع‌ترین تنش محیطی است

موجود در اسانس گیاه دارویی زنیان دارای اثر ضد باکتریایی است (Aberoomand Azar *et al.*, 2010). تنش خشکی بر رشد، عملکرد و متابولیت‌های ثانویه در مورد همه گیاهان به طور یکسان عمل نمی‌کند، بلکه ضد و نقیض است. با توجه به این که امروزه نقش دفاعی متابولیت‌های ثانویه تقریباً پذیرفته شده است اما هنوز بررسی سازوکار تأثیر تنش‌های محیطی بر تولید این مواد تصویر پیچیده و پرابهامی پیش رو دارد. شواهد فراوانی نشان می‌دهد که در شرایط تنش، تولید برخی از این ترکیب‌ها تا چندین برابر افزایش می‌یابد، اما دلایل زیادی نیز وجود دارد که این تأثیر همیشگی نیست. در موارد زیادی نیز کاهش میزان متابولیت‌های ثانویه در شرایط تنش مشاهده می‌شود (Misra and Khalid, 2000؛ Srivastava, 2000؛ Hasani *et al.*, 2004). تنش خشکی با کاهش تورژسانس و رشد سلول، کاهش جذب نور و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه به ویژه در ساقه و برگ‌ها، باعث کاهش رشد گیاه و همچنین به تأخیر انداختن جوانه‌زنی می‌شود (Hasani, 2006). Hasani و همکاران (۲۰۰۴) مشاهده کردند که با کاهش مقدار آبیاری، ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه گیاه ریحان کاهش پیدا کرد. Misra و Srivastava (۲۰۰۰) نیز مشاهده کردند که تنش آبی باعث کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک و عملکرد اسانس بوته‌های نعناع می‌شود. از سازوکارهای کارآمدی که گیاه در شرایط کم آبی از آن بهره می‌برد، تنظیم اسمزی است. تنظیم اسمزی پدیده‌ای فیزیولوژیک است که طی آن پتانسیل اسمزی بافت‌های تحت تنش در اثر انباشت گروهی از

(*al.*, 2010). تنش خشکی می‌تواند در اثر عوامل آب و هوایی متعدد که باعث کمبود آب در داخل گیاه می‌شود به وجود آید. طبیعت غیرمتحرک گیاهان سبب شده است که به طور مداوم در معرض انواع شرایط نامساعد محیطی (از جمله تنش‌های خشکی و شوری) قرار گیرند (Baghalian *et al.*, 2008). در چنین شرایطی اغلب اوقات دمای بالا و وضعیت نامناسب عناصر غذایی آثار خشکی را پیچیده‌تر می‌کند (Yadav and Bhatnagar, 2001). با توجه به کمبود شدید منابع آب در آینده نزدیک، مدیریت منابع آب به منظور بهره‌وری و افزایش راندمان مصرف آب از اهمیت خاصی برخوردار است (Baghalian *et al.*, 2008). گیاه زنیان با نام علمی *Carum copticum* از تیره چتریان (Apiaceae) جزو پیشرفته‌ترین گیاهان گل‌دار نهاندانه اولیه، علفی، یک‌ساله، بی‌کرک، ساقه ایستاده، برگ‌هایی با پهنک منقسم، بریدگی زیاد و نازک، با گل‌های سفید به صورت چتر مرکب، میوه کوچک و بیضوی است (Najafi, 2011). در طب سنتی، از زنیان به عنوان ضد نفخ، مسکن دردهای روماتیسمی و رفع ناراحتی‌های گوارشی استفاده می‌شود (Zargari, 1998). میوه گیاه دارای اسانسی است که مقدار نسبی آن بر حسب محل رویش تفاوت دارد. اسانس این گیاه با نام Ajowan oil شناخته می‌شود. این اسانس ظاهری بی‌رنگ یا مایل به قهوه‌ای و بویی شبیه تیمول دارد. ترکیبات آن تیمول، ترپین، کارواکرول، آلفا و بتا پینن، پاراسیمن و ... گزارش شده است (Aktuge and Karapikar, 1987). زنیان منبع بسیار غنی از ماده ضد عفونی کننده تیمول است (Zargari, 1998). تحقیقات متعددی پژوهشگران نشان داده است که تیمول

کاهش ماده خشک در گیاه پونه می‌شود.

تنش خشکی باعث تغییر در ترکیبات دارویی و معطر گیاهان دارویی می‌شود. مطالعات بسیاری نشان داده است که تعداد دانه‌های حاصل از گیاه طی تنش کاهش می‌یابد. نتایج بررسی Barnabas و همکاران (۲۰۰۷) در گیاه گشنیز و مطالعه Mohamed و همکاران (۲۰۰۲) در گیاه جعفری نشان داد که کاهش محصول دانه‌ای، به صورت کاهش تعداد دانه‌ها یا کاهش وزن آنها یا هر دو حالت است. همچنین تنش خشکی رسیدن دوره رویشی به دوره گلدهی را کاهش می‌دهد.

اثر تنش کم آبی تنها به رشد و عملکرد اسانس محدود نمی‌شود بلکه بر کیفیت اسانس نیز تأثیرگذار است. این نوع تنش درصد اسانس را در گیاهان معطر و دارویی افزایش می‌دهد. Khalid (۲۰۰۶) گزارش کرد که اعمال تنش خشکی در دو گونه ریحان شیرین و آمریکایی درصد روغن‌های ضروری و ترکیبات آن را افزایش می‌دهد؛ چون در موارد تنش اغلب متابولیت‌های بیشتری تولید می‌شود و این مواد مانع اکسیداسیون در سلول می‌شوند (Aliabadi et al., 2009). همچنین Rahmani و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که تنش خشکی تأثیر قابل توجهی بر درصد اسانس گل همیشه بهار داشت. نتایج آنها نشان داد که بالاترین درصد اسانس در شرایط خشک به دست آمده است.

اگرچه تاکنون پژوهش‌های وسیعی در رابطه با اثر تنش خشکی روی محصولات زراعی انجام شده است اما در زمینه واکنش گیاهان دارویی به شرایط تنش کم آبی بررسی‌های کمتری انجام شده است. در رابطه با پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاه دارویی زنیان نسبت به

مواد اسمزی در سلول‌ها کاهش می‌یابد و در نتیجه فشار تورژسانس سلول‌ها در حد مطلوبی نگهداری می‌شود. این مواد اسمزی عمدتاً شامل برخی از عناصر غذایی (نظیر: پتاسیم، سدیم و کلسیم)، برخی متابولیت‌ها نظیر: قندها (به ویژه مونوساکاریدها)، آمینو اسیدها (به ویژه پرولین) و اسیدهای آلی هستند (Serraj and Sinclair, 2002). گزارش‌های متعددی مبنی بر وجود همبستگی بین انباشت پرولین و قندهای محلول در گیاهانی که در معرض تنش کم آبی قرار می‌گیرند وجود دارد. به طور کلی، در گیاهانی که قندهای محلول در پاسخ به تنش کم آبی تجمع می‌یابد، تنظیم اسمزی بهتر انجام می‌شود (Salama et al., 2007).

Aliabadi و همکاران (۲۰۰۸) تجمع پرولین در شرایط تنش خشکی را در گیاه گشنیز مشاهده کردند. همچنین Bandurska و Jozwiak (۲۰۱۰) اثر تنش خشکی را در *Lolium perenne* بررسی کردند و نتیجه گرفتند که همزمان با کاهش محتوای نسبی آب، میزان پرولین افزایش می‌یابد.

اثر تنش خشکی بر گیاهان دارویی و معطر کمتر بررسی شده است. نتایج پژوهش‌های انجام شده بر برخی از گیاهان دارویی نشان داد که کمبود آب در مراحل رشد رویشی (پیش از مرحله گل‌دهی) موجب ایجاد گیاهانی با ارتفاع کوتاه و همچنین کوچک شدن سطح پهنک برگ مثلاً در گیاه بومادران می‌شود (Sharifi Ashoorabadi et al., 2005). کاهش دسترسی به آب باعث کاهش در اندازه گیاه *Calendula officinalis* شده است (Rahmani et al., 2008). همچنین در مطالعه Aliabadi و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است که رژیم کم آبی سبب

صورت یکسان آبیاری گردید و در نهایت تیمارهای مورد نظر در دو مرحله رشد رویشی و زایشی اجرا گردید. تیمارهای در نظر گرفته شده بر اساس درصد رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی بودند. برای دستیابی به سطوح مختلف تنش خاکی از روش پرهیز از آبیاری استفاده شد. بدین صورت که گلدان‌ها پس از انجام آبیاری و رسیدن مقدار رطوبت خاک به سطح ظرفیت مزرعه، دیگر آبیاری نمی‌شدند. سپس، میزان رطوبت خاک چند بار اندازه‌گیری و پس از رسیدن رطوبت خاک به سطح رطوبتی تیمار مورد نظر، میزان آب لازم برای رسیدن رطوبت خاک گلدان از رابطه $V=PZA(FC-PWP)/100$ محاسبه گردید. در این رابطه V حجم آب آبیاری، P وزن مخصوص خاک، Z عمق توسعه ریشه، A مساحت واحد آزمایشی و PWP رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم تعریف می‌شود. برای اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک و تعیین زمان آبیاری از دستگاه TDR (مدل TRYME، شرکت IMCO، ساخت آلمان) استفاده شد (Topp and Davies, 1985).

در پایان دوره رشد صفات مورفولوژیک نظیر: ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد چتر در هر بوته، وزن خشک اندام رویشی اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری پرولین: برای اندازه‌گیری پرولین ابتدا ۰/۵ گرم از اندام هوایی هر تیمار برداشت گردید. سپس بافت گیاهی در هاون چینی کاملاً ساییده شد. پس از این مرحله، ۱۰ میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۳ درصد به آن اضافه و محتوی هاون مخلوط و در نهایت با کاغذ صافی واتمن صاف گردید. به ۲ میلی‌لیتر از محلول حاصل ۲ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین (۱۲۵ میلی‌گرم نین هیدرین، ۲۰ میلی‌لیتر فسفریک اسید ۶ مولار و ۳۰ میلی‌لیتر استیک

شرایط کم‌آبی اطلاعات اندکی در دسترس است. پژوهش حاضر با توجه به اهمیت مطالعه اثر تنش‌ها بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان دارویی، تأثیر تنش کم‌آبی بر ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه زینان در شرایط گلخانه را مورد بررسی قرار داده است.

مواد و روش‌ها

برای بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر صفات کمی و کیفی گیاه زینان، آزمایشی در قالب طرح تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل به اجرا درآمد. تیمارهای استفاده شده جهت اعمال تنش آبی عبارتند از: الف) شرایط ۹۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش ملایم)؛ ب) شرایط ۷۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش متوسط)؛ ج) شرایط ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید).

در تحقیق حاضر، از بذر زینان رقم بومی منطقه سیستان استفاده شد، در هر گلدان ۵ بذر کاشته شد. گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۳۰ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر با مقداری شن درشت و سپس با مخلوط خاکی (ماسه، خاک باغچه و کود دامی پوسیده به نسبت حجمی ۱:۱:۱) پر شدند. پس از آماده‌سازی گلدان‌ها مخلوط بذر و ماسه و روی آن با مخلوط ماسه و کود دامی پوسیده به منظور جلوگیری از جابجایی بذور پوشانده شد. دمای گلخانه ۲۰ درجه سانتیگراد در روز و ۱۵ درجه در شب و میزان نور در حدود ۱۰۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ لوکس تنظیم گردید. حدود یک هفته پس از کاشت، جوانه‌زنی بذور آغاز شد و گیاهچه‌ها شروع به رشد و نمو کردند. پس از چند مرحله تنک کردن، در نهایت، سه بوته در هر گلدان حفظ شد. تا رسیدن گیاهان به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری، گلدان‌ها به

بوته‌ها در زمانی که بذرها به رنگ سبز مایل به زرد در آمده بودند انجام شد. بوته‌ها جمع‌آوری و در سایه خشک گردید. سپس بذرها با کوبیده شدن از ساقه و مواد زاید دیگر جدا شدند. استخراج اسانس از بذر زنیان توسط دستگاه کلونجر (مدل British Pharmacopa، دارونامه بریتانیا) و با روش تقطیر با آب انجام گردید (Davazdah Emami et al., 2010). پس از افزودن سولفات سدیم، برای جداسازی و شناسایی ترکیبات اسانس با دستگاه GC/MS در شرایط خنک و تاریک یخچال نگهداری شد. مشخصات دستگاه کروماتوگرافی گازی و طیف‌سنجی جرمی (GC/MS) به این شرح است: دستگاه GC (مدل HP-6890، شرکت Hewlett Packard، ساخت امریکا)، درجه حرارت محل تزریق ۲۵۰ درجه سانتیگراد، برنامه‌ریزی حرارتی ۶۰-۲۲۰ درجه سانتیگراد، نوع ستون HP-5MS، گاز حامل هلیوم، سرعت جریان گاز ۱ میلی‌لیتر در دقیقه، طول ستون ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵۰ میکرومتر و دستگاه MS (مدل HP-5973، شرکت Hewlett Packard، ساخت امریکا) با انرژی یونیزاسیون 70eV بود.

شناسایی ترکیبات با توجه به الگوی خروج پیک‌ها، شاخص بازداري و تطبیق آنها با طیف‌های جرمی استاندارد موجود در کتابخانه کامپیوتری انجام شد. پس از تعیین درصد اسانس، عملکرد آن از طریق حاصلضرب عملکرد دانه و درصد اسانس به دست آمد (Kapoor et al., 2004).

تحلیل آماری: از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح اطمینان ۵ درصد انجام گرفت.

اسید گلاسیال) اضافه شد و به مدت یک ساعت در حمام آب جوش در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. سپس، لوله‌های محتوی محلول حاصل در یخ قرار گرفت تا سرد شدند. پس از ایجاد تعادل با دمای محیط به لوله‌ها ۴ میلی‌لیتر تولون اضافه و به مدت ۳۰ ثانیه به شدت مخلوط گردید. در پایان، مقدار پرولین در اندام هوایی با اسپکتروفتومتر (مدل U-100، شرکت Shimadzu، ساخت ژاپن) در طول موج ۵۲۰ نانومتر به دست آمد و بر اساس میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده تر محاسبه گردید (Bates et al., 1973).

اندازه‌گیری کربوهیدرات: ۰/۰۵ گرم بافت خشک شده از هر تیمار با ۳ میلی‌لیتر الکل ۸۰ درصد در هاون چینی کاملاً ساییده شد. همگنای حاصل به مدت ۱۵ دقیقه در ۵۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شد (مدل Z230AChermle، ساخت آلمان) و از محلول رویی برای سنجش قندهای محلول استفاده شد. به این ترتیب که ۱ میلی‌لیتر از عصاره حاوی کربوهیدرات‌های محلول در لوله آزمایش ریخته و به آن ۱ میلی‌لیتر محلول ۵ درصد فنل (۵ گرم فنل در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) افزوده و به خوبی مخلوط شدند (نمونه‌ها به نسبت ۱:۲ یا ۴:۱ رقیق شدند). در مرحله پایانی، ۵ میلی‌لیتر سولفوریک اسید غلیظ به هر لوله اضافه و به شدت مخلوط شد. لوله‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفتند و مقادیر جذب نوری آنها در طول موج ۴۸۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. در پایان، مقدار قند بر حسب میکروگرم در ۱۰۰ گرم بافت خشک گیاه محاسبه گردید (Dubious et al., 1956).

استخراج و اندازه‌گیری درصد اسانس: استخراج و اندازه‌گیری درصد اسانس، در پایان گل‌دهی برداشت

نتایج

اثر تنش کم آبی بر ارتفاع بوته: سطوح مختلف تنش کم آبی تأثیر معنی داری بر ارتفاع بوته داشت (جدول ۱). بیشترین ارتفاع در سطح ۹۰ درصد ظرفیت زراعی برابر با ۵۳/۶۶ و کمترین آن در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی برابر با ۳۱/۶۶ سانتی متر بود (جدول ۲).

اثر تنش کم آبی بر تعداد شاخه جانبی: سطوح مختلف تنش کم آبی تأثیر معنی داری بر تعداد شاخه‌های جانبی در بوته داشت (جدول ۱). بیشترین تعداد شاخه جانبی مربوط به تیمار ۹۰ درصد ظرفیت زراعی با ۶/۶۶ و کمترین مقدار مربوط به تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی با ۳/۳۳ شاخه جانبی بود. تیمار ۷۰ درصد ظرفیت زراعی با ۵/۳۳ شاخه جانبی اختلافی با تیمار ۹۰ درصد ظرفیت زراعی نداشت (جدول ۲).

اثر تنش کم آبی بر وزن خشک اندام رویشی:

سطوح مختلف تنش کم آبی تأثیر معنی داری بر وزن خشک بوته داشت (جدول ۱). بیشترین میزان وزن خشک تک بوته مربوط به تیمار ۹۰ درصد ظرفیت زراعی با ۲۷/۶۸ و کمترین میزان مربوط به تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی با ۲۰/۹۵ گرم بود (جدول ۲).

اثر تنش کم آبی بر تعداد چتر: سطوح مختلف تنش کم آبی تأثیر معنی داری بر تعداد چتر در بوته داشت (جدول ۱). بیشترین تعداد چتر، مربوط به تیمار ۹۰ درصد ظرفیت زراعی با ۲۲/۳۳ و کمترین آن مربوط به تیمار ۷۰ درصد ظرفیت زراعی با ۱۸/۳۳ چتر بود (جدول ۲). شایان ذکر است که در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به علت کاهش شدید مقدار آب، رشد رویشی گیاه زنیان (اندام هوایی و ریشه‌ها) کاهش یافت و در نهایت گیاه به مرحله زایشی نرسید.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تنش کم آبی بر ویژگی‌های مورفولوژی گیاه زنیان. ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی دار هستند.

میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک بوته	ارتفاع بوته	تعداد چتر در بوته	تعداد شاخه جانبی
تیمار	۲	۳۴/۱۳*	۳۶۳/۱۱*	۴۲۵/۴۴*	۸/۴۴*
خطا	۶	۱/۲۴	۵/۲۲	۱/۵۵	۰/۳۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۵	۲۲/۷	۷۶	۲۹

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تنش کم آبی بر صفات مورفولوژی اندازه‌گیری شده در گیاه زنیان. مقادیر میانگین سه تکرار \pm SE است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح $P \leq 0.05$ است.

صفات	سطوح تنش		
	۹۰ درصد ظرفیت زراعی	۷۰ درصد ظرفیت زراعی	۵۰ درصد ظرفیت زراعی
وزن خشک بوته (گرم)	۲۷/۶۸ a	۲۴/۶۰ b	۲۰/۹۵ c
ارتفاع (سانتی متر)	۵۳/۶۶ a	۴۳/۰۰ b	۳۱/۶۶ c
تعداد چتر در بوته	۲۲/۳۳ a	۱۸/۳۳ b	۰/۰۰ c
تعداد شاخه جانبی	۶/۶۶ ab	۵/۳۳ ab	۳/۳۳ c

به ۷۰ درصد ظرفیت زراعی بر درصد اسانس بذر زنیان افزوده شد. بالاترین درصد اسانس تولید شده مربوط به تیمار ۷۰ درصد ظرفیت زراعی به میزان ۳/۹۶ درصد و کمترین میزان مربوط به تیمار ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به میزان ۲/۴۳ درصد مشاهده شد (جدول ۶).

اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد اسانس: سطوح

مختلف تنش کم‌آبی بر عملکرد اسانس نیز تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۵). با افزایش سطح تنش از ۹۰ به ۷۰ عملکرد اسانس افزایش نشان داد. بیشترین میزان عملکرد اسانس مربوط به تیمار ۷۰ درصد ظرفیت زراعی به میزان ۲۸/۶ و کمترین آن به میزان ۲۴/۱۱ کیلوگرم در هکتار مربوط به سطح ۹۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (جدول ۶).

اثر تنش کم‌آبی بر میزان پرولین: سطوح

مختلف تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌داری بر میزان پرولین داشت (جدول ۵). بیشترین میزان پرولین مربوط به تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین میزان مربوط به سطح ۹۰ درصد ظرفیت زراعی با ۰/۰۲۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر بود (جدول ۶).

اثر تنش کم‌آبی بر میزان کربوهیدرات: سطوح

مختلف تنش کم‌آبی همچنین تأثیر معنی‌داری بر میزان کربوهیدرات داشت (جدول ۵). بیشترین میزان کربوهیدرات مربوط به تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی برابر با ۲/۰۶ و کمترین میزان مربوط به تیمار ۹۰ درصد ظرفیت زراعی برابر با ۰/۹۶ میلی‌گرم در گرم وزن خشک بود (جدول ۶).

اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد بذر: سطوح مختلف

تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بذر داشت (جدول ۳). بیشترین عملکرد بذر مربوط به تیمار ۹۰ درصد ظرفیت زراعی با ۱۰۶۰/۶۲ و کمترین عملکرد مربوط به تیمار ۷۰ درصد ظرفیت زراعی با ۷۱۳/۷۸ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۴). شایان ذکر است که در تیمار ۵۰ درصد تنش کم‌آبی گیاه به مرحله بذردهی نرسید.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد بذر در گیاه زنیان. ns، ** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار و در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار هستند.

میانگین مربعات		
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد بذر در هکتار
تیمار	۲	۸۷۷۳۵۹/۱۵*
خطا	۶	۱۴۹۵/۷۵
ضریب تغییرات (درصد)		۷۹

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد بذر در گیاه زنیان. مقادیر میانگین سه تکرار \pm SE است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P \leq 0.05$ است.

صفات	سطوح تنش		
	۹۰ درصد ظرفیت زراعی	۷۰ درصد ظرفیت زراعی	۵۰ درصد ظرفیت زراعی
عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار)	۱۰۶۰/۶۲a	۷۱۳/۰۰b	۰۰/۰۰c

اثر تنش کم‌آبی بر درصد اسانس: سطوح

مختلف تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌داری بر درصد اسانس داشت (جدول ۵). با افزایش شدت تنش کم‌آبی از ۹۰

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر تنش کم‌آبی بر شاخص‌های فیزیولوژیک و دارویی گیاه زنیان. ns، ** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار و در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار هستند.

میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	پرولین	کربوهیدرات	درصد اسانس	عملکرد اسانس
تیمار	۲	۰/۱۱*	۰/۹۰۴*	۱۲*	۷۱۱/۲*
خطا	۶	۰/۰۰۱	۰/۱۱	۰/۰۳۰	۰/۵۱۶
ضرب‌ت تغییرات (درصد)		۶۴	۳۲/۲	۸۱/۲	۷۵/۸

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر تنش کم‌آبی بر شاخص‌های فیزیولوژیک و دارویی در گیاه زنیان. مقادیر میانگین سه تکرار \pm SE است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P \leq 0.05$ است.

صفات	سطوح تنش		
	۹۰ درصد ظرفیت زراعی	۷۰ درصد ظرفیت زراعی	۵۰ درصد ظرفیت زراعی
درصد اسانس	۲/۴۳ a	۳/۹۶ b	۰/۰۰ c
عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار)	۲۵/۷۷ a	۲۸/۶ b	۰/۰۰ c
پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	۰/۰۲۳ a	۰/۰۸۰ b	۰/۱۴۵ c
کربوهیدرات (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)	۰/۹۶ a	۱/۴۷ b	۲/۰۶ c

شناسایی ترکیبات اسانس با روش GC/MS: نتایج

بررسی ترکیبات اسانس نشان داد که در اسانس حاصل از بذره‌های گیاهان زنیان تحت تیمارهای ۷۰ و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی، ۲۱ ترکیب موجود است که تیمول، پاراسیمن و گاما‌ترپین بیشترین میزان ترکیبات اسانس (بیش از ۵۰ درصد) را تشکیل می‌دادند. با افزایش تنش کم‌آبی میزان تیمول افزایش یافت. بیشترین میزان تیمول مربوط به تیمار ۷۰ درصد ظرفیت

زراعی برابر با ۲۳/۳ درصد و کمترین میزان مربوط به تیمار ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به میزان ۱۲/۳ درصد بود (جدول ۷). با افزایش تنش کم‌آبی میزان پاراسیمن نیز تغییر یافت. در تیمار ۹۰ درصد ظرفیت زراعی میزان پاراسیمن ۲۶/۶ درصد و در تیمار ۷۰ درصد ظرفیت زراعی ۱۷/۵ درصد بود (جدول ۷). با افزایش تنش کم‌آبی میزان گاما‌ترپین در دو تیمار ۷۰ و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی تغییری نشان نداد (جدول ۷).

جدول ۷- درصد ترکیبات اسانس زنیان در سطوح ۹۰ درصد و ۷۰ درصد تنش کم‌آبی

ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس	شاخص بازداری (RI)	مشخصات نمونه‌ها	
		تیمار ۷۰ درصد ظرفیت زراعی	تیمار ۹۰ درصد ظرفیت زراعی
2-Caren	۱۰۰۶	۰/۸	۱/۰
3-octanone	۹۹۳	۲/۳	۱/۳
a-Phylandrene	۱۰۱۱	۱/۶	۰/۸
b-phylandrene	۱۰۴۳	۱/۱	۱/۶
Candinol	۱۳۳۸	۳/۹	۱/۶

ترکیبات تشکیل دهنده اسانس	شاخص بازداری (RI)	مشخصات نمونه‌ها	
		تیمار ۷۰ درصد ظرفیت زراعی	تیمار ۹۰ درصد ظرفیت زراعی
Carvacrol	۱۳۱۰	۲/۶	۳/۳
Hexadecanoic acid	۱۳۷۰	۳/۴	۳/۸
Limonene	۱۰۵۰	۰/۹	۲/۱
Linalool	۱۱۵۲	۱/۹	۷/۸
Myrcene	۹۹۸	۰/۹	۵/۶
p-cymene	۱۰۳۴	۱۷/۵	۲۶/۶
Sabinene	۹۷۱	۴/۵	۰/۹
β -pinene	۹۸۵	۱/۲	۲/۶
Terpinene-4-ol	۱۱۷۸	۳/۸	۱/۳
Thymol	۱۲۹۶	۲۳/۳	۱۲/۳
Verbenone	۱۲۶۰	۱/۰	۱/۹
α -Fenchon	۱۰۱۶	۵/۷	۲/۱
α -Pinene	۹۴۸	۱/۱	۳/۷
α -Terpinene	۱۰۲۷	۱/۳	۰/۸
α -Thujene	۹۳۶	۲/۹	۱/۲
γ -Terpinene	۱۰۶۶	۱۶/۸	۱۷

بحث

بررسی و مطالعه تأثیر انواع تنش‌ها به ویژه تنش خشکی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان دارویی در جهت کاهش مصرف آب و افزایش عملکرد گیاهان حایز اهمیت است. گیاهان دارویی نظیر زنیان ممکن است در شرایط تنش ماده شیمیایی بیشتری تولید کنند و در نتیجه بازدهی اقتصادی بهتری داشته باشند. بنابراین، مطالعه روش‌هایی که بتوان از گیاه با ارزش زنیان ماده مؤثره بیشتری تولید کرد ارزشمند است.

نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعه Khan و همکاران (۲۰۰۱) در گیاه ذرت که در شرایط تنش شدید خشکی، ارتفاع گیاه، ضخامت ساقه، پهنک برگ و وزن تر و خشک گیاه به طور قابل توجهی کاهش

یافت، مطابقت داشت. همچنین، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش سطوح تنش کم آبی، شاخص‌های رشدی گیاه زنیان کاهش پیدا کرد که به نظر می‌رسد این موضوع در نتیجه اختلال در فتوسنتز، تعرق و سایر فرآیندهای متابولیکی گیاه باشد (Jones and Tardieu, 1998). همچنین، Benjamin و Nielsen (۲۰۰۶) در مطالعه خود اظهار کردند تنش خشکی باعث تغییر در رشد، محتوای رنگیزه‌ها، تنظیم اسمزی و فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود که به نظر می‌رسد کاهش تورژسانس سلولی در اثر کمبود آب، باعث کاهش رشد و توسعه سلول می‌گردد. اختلاف ارتفاع در اغلب گیاهان ناشی از ویژگی‌های ژنتیکی و تغییر شرایط محیطی است و از آنجا که تقسیم و افزایش اندازه سلول

Lolium و گونه‌ای از جنس *Festuca* با کاهش محتوای نسیبی آب تجمع پرولین، گزارش شده است. در تحقیق حاضر با افزایش شدت تنش، مقدار کربوهیدرات‌ها نیز افزایش قابل توجهی نشان داد که علت آن در شرایط تنش خشکی (به ویژه تنش شدید) می‌تواند به دلیل افزایش تجزیه کربوهیدرات‌های نامحلول و در نتیجه بالا رفتن سطح قندهای محلول، سنتز مواد اسمزی از مسیرهای غیرفتوسنتزی، توقف رشد، کاهش سرعت انتقال مواد و افزایش میزان سنتز سوکروز به دلیل فعالسازی آنزیم سوکروز فسفات سنتاز باشد (Arndt et al., 2001).

در مورد گیاهان دارویی، خشکی ممکن است اثر معنی‌داری بر عملکرد برخی متابولیت‌ها و ترکیبات داشته باشد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج مطالعه Petropoulos و همکاران (۲۰۰۸) که نشان دادند تنش خشکی باعث افزایش کیفیت و عملکرد اسانس در جعفری شده است، مطابقت داشت. به نظر می‌رسد در شرایط تنش خشکی تولید مواد مؤثره به علت جلوگیری از اکسیداسیون درونی سلولی افزایش می‌یابد. اعمال تنش خشکی بر گیاه فلفل (*Capsicum annuum* L.) نیز باعث افزایش ترکیب‌های فنلی و افزایش تندی آن گردید (Estrada et al., 1999). در پژوهش حاضر، از آنجا که تنش کم‌آبی در گیاه زنیان در تیمار متوسط (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) تأثیر منفی بر عملکرد اسانس نداشت و از سویی باعث افزایش میزان درصد ترکیب مهم تیمول شد می‌توان گفت که اعمال یک تنش متوسط در دوره رشد گیاه زنیان می‌تواند موجب افزایش کیفیت آن شود. نتایج بررسی حاضر نشان داد که در اسانس بذرهای

نسبت به تنش خشکی بسیار حساس است، به نظر می‌رسد در گیاهان تحت تنش کم‌آبی، افزایش اندازه سلول تحت تأثیر قرار گرفته، با ممانعت از رشد طولی ساقه، سبب کاهش ارتفاع گیاه می‌گردد (Patel et al., 1996). نتایج پژوهش حاضر همچنین با نتایج Lebaschy و Sharifi Ashoorabadi (۲۰۰۴) که اثر تیمارهای آبیاری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی را روی گیاهان اسفرزه، بومادران، مریم‌گلی، همیشه‌بهار و بابونه بررسی کرده بودند مطابقت دارد. آنها نتیجه گرفتند با تشدید تنش خشکی، وزن اندام هوایی و ارتفاع بوته در تمام گیاهان مطالعه شده کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد گیاه در هنگام مواجه شدن با تنش کم‌آبی، در فرآیندهای فیزیولوژیک خود تغییراتی ایجاد و از خود محافظت می‌کند (Duan et al., 2007).

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش شدت تنش مقدار پرولین نیز افزایش چشمگیری داشت. به طور کلی، می‌توان گفت گیاهان در پاسخ به تنش‌های کم‌آبی باعث تجمع یا سنتز موادی مانند آنزیم‌ها، پروتئین‌ها، متابولیت‌های ثانویه و عناصر معدنی می‌شوند (Barsa, 1997). یکی از پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاهان در برابر تنش خشکی تجمع پرولین است (Girousse et al., 1996). تنش خشکی از دو راه باعث افزایش میزان پرولین می‌شود: الف) افزایش سنتز آنزیم‌هایی که تولید پرولین را تحریک می‌کند؛ ب) ممانعت از عمل آنزیم‌هایی که پرولین را تخریب می‌کند (Rontein et al., 2002). نتایج حاضر با نتایج Mamnoei و Seyed Sharifi (۲۰۱۰) که اثر کم‌آبی را بر مقدار پرولین در گیاه جو بررسی کردند مطابقت دارد. مشابه با آن، در مطالعه Jozwiak و Bandurska (۲۰۱۰) در جنس

نتیجه‌گیری

گیاه دارویی زنیان مانند بیشتر گیاهان در برابر تنش کم‌آبی، عکس‌العمل‌های مختلف فیزیولوژیک و مورفولوژیک نشان می‌دهد. به طوری که افزایش تنش سبب کاهش بیوماس گیاه زنیان شد، میزان پرولین، کربوهیدرات و درصد اسانس افزایش یافت که نوعی سازگاری نسبت به شرایط تنش محسوب می‌شود. همچنین، با توجه به این که سطح تنش خشکی متوسط تأثیر منفی بر عملکرد اسانس نداشت و موجب افزایش درصد تیمول نیز شد می‌توان گفت که اعمال یک تنش ملایم در دوره رشد گیاه زنیان می‌تواند موجب افزایش کیفیت آن شود. با توجه به مقاومت نسبتاً مناسب زنیان به شرایط کم‌آبی، می‌توان در مقطعی از رشد گیاه با ایجاد تنش‌های محیطی مدیریت شده افزایش کمی و کیفی متابولیت‌های ثانویه را فراهم کرد. بنابراین، در پرورش گیاهان همان قدر که وجود آب یکی از امکانات مهم زیست محیطی است کمبود آب نیز می‌تواند باعث افزایش توان تولید مواد مؤثره شود. در نتیجه، محدودیت آب نه تنها یک عامل نامساعد، بلکه راهکاری بدون هزینه برای نوعی تولید است.

سپاسگزاری

نگارندگان از دانشگاه پیام نور و دانشگاه زابل به بابت فراهم کردن امکانات انجام این تحقیق، قدردانی می‌نمایند.

گیاه زنیان تحت تیمارهای ۷۰ و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی ۲۱ ترکیب وجود دارد که مهم‌ترین آنها، تیمول، پاراسیمن و گاماترپین است که بیشترین میزان مواد تشکیل دهنده اسانس (بیش از ۵۰ درصد) را شامل می‌شوند. در تحقیق حاضر، ترکیبات مهم در اسانس بذر گیاه زنیان با ترکیبات مهم همین گیاه در سایر نقاط کشور ایران و سایر کشورها مشابه بود (Srivastava et al., 1999؛ Akbarinia et al., 2005). البته میزان درصد ترکیبات مهم زنیان در مطالعه حاضر با سایر مطالعات گزارش شده متفاوت است که می‌توان علت آن را ناشی از تفاوت تکنیک‌های استخراج اسانس یا نوع دستگاه GC/MS دانست. همچنین، شرایط جغرافیایی، زیستگاهی و اقلیمی در میزان تولید این ترکیبات مؤثر است. بنابراین متابولیت‌های ثانویه گیاهان که اصلی‌ترین جنبه فیزیولوژی و بیوشیمی آنها است می‌تواند نسبت به عوامل محیطی و کم‌آبی تحت تأثیر قرار بگیرد (Charles et al., 1994). همان طور که در بررسی حاضر نیز مشخص شد مقدار ترکیبات مهم موجود در اسانس (تیمول، پاراسیمن و گاماترپین) با اعمال تنش کم‌آبی تغییر می‌یابد. در تنش ملایم ۷۰ درصد ظرفیت زراعی میزان تیمول افزایش و دو ترکیب پاراسیمن و گاماترپین کاهش یافت. بنابراین با توجه به این که تیمول یک ترکیب دارویی مهم اسانس زنیان است، می‌توان میزان آن را در این گیاه با اعمال تنش کم‌آبی در سطوح متوسط بالا برد.

منابع

- Aberoomand Azar, P., Mottaghianpuor, Z., Sharifan, A. and Larijani, K. (2010) Studies on the effect of extraction method on chemical composition and antimicrobial activity of *Carum copticum* essential oil. Food Technology and Nutrition 7(2): 81-75 (in Persian).
- Akbarinia, A., Sefidkon, F., Ghalavand, A., Tahmasebi Sarvestani, Z. and Sharifi Ashorabadi, A.

- (2005) A study on chemical composition of Ajowan (*Trachyspermum ammi*) essential oil produced in Qazvin. The Journal of Qazvin University of Medical Science 9(3): 22-25 (in Persian).
- Aktuge, S. E. and Karapikar, M. (1987) Inhibition of food borne pathogens by thymol, eugenol, menthol and ethanol. International Journal of Food Microbiology 4: 161-166.
- Aliabadi, F. H., Lebaschi, M. H., Shiranirad, A. H., Valadabadi, A. R. and Daneshian, J. (2008) Effects of arbuscular mycorrhizal fungi, different levels of phosphorus and drought stress on water use efficiency, relative water content and proline accumulation rate of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal Medicinal Plant Research 2(6): 125-131.
- Aliabadi, F. H., Valadabadi, S. A. R., Daneshian, J. and Khalvati, M. A. (2009) Evaluation changing of essential oil of balm (*Melissa officinalis* L.) under water deficit stress conditions. Journal of Medicinal Plants Research 3(5): 329-333.
- Arndt, S. K. K., Clifford, S. C., Wanek, W., Jones, H. G. and Popp, M. (2001) Physiological and morphological adaptations of the fruit tree *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress. Tree Physiology 21: 705-715.
- Baghalian, K., Haghiry, A., Naghavi, M. R. and Mohammadi, A. (2008) Effect of saline irrigation water on agronomical and phytochemical characters of chamomile (*Matricaria recutita* L.). Scientia Horticulture, Amsterdam 116: 437-441.
- Bandurska, H. and Jozwiak, W. (2010) A comparison of the effects of drought on proline accumulation and peroxidases activity in leaves of *Festuca rubra* L. and *Lolium perenne* L. Department of Plant Physiology 79(2): 111-116.
- Barnabas, B., Jager, K. and Feher, A. (2007) The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. Plant Cell and Environment 31(1): 11-38.
- Barsa, A. (1997) Mechanism of environmental stress resistance in plant. Harward Academic Press, Harward.
- Bates, L. S., Waldren, R. P. and Teare, L. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-208.
- Benjamin, J. G. and Nielsen, D. C. (2006) Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. Field Crops Research 97: 248-253.
- Charles, O., Joly, R. and Simon, J. E. (1994) Effect of osmotic stress on the essential oil content and composition of *Peppermint*. Phytochemistry 29: 2837-2840.
- Davazdah Emami, S., Sefidkon, F., Jahansooz, M. R. and Mazaheri, D. (2010) Evaluation of water salinity effects on yield and essential oil content and composition of *Carum copticum*. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 25(4): 504-512 (in Persian).
- Duan, B., Yang, Y., Lu, Y., Korpelainen, H., Berninger, F. and Li, C. (2007) Interactions between water deficit, ABA, and provenances in *Picea asperata*. Journal of Experimental Botany 58(11): 3025-3036.
- Dubious, M. K., Gilles, A., Hamilton, J. K., Roberts, P. A. and Smith, F. (1956) Colorimetrik method for determination if sugars and related. Annual Chemistry 28: 350-356.
- Estrada, B., Pomar, F., Díaz, J., Merino, F. and Bernal, M. A. (1999) Pungency level in fruits of the *Padron pepper* with different water supply. Scientia Horticulture 81(4): 385-396.
- Girousse, C, Bournoville, R. and Bonnemain, J. L. (1996) Water deficit induced changes in concentrations in proline and some other amino acids in the phloem sap of *Alfalfa*. Plant Physiology 111: 109-113.

- Hasani, A. (2006) Effect of water deficit stress on growth, yeild and essential oil content of *Dracocephalum moldavica*. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22(3): 251-261 (in Persian).
- Hasani, A., Omidbaigi, R. and Heidarisharif Abad, H. (2004) Study of some drought resistance indices in basil (*Osmimum basilicum*). Journal of Agriculture Science and Natural Resource 10(4): 65-74 (in Persian).
- Jones, H. G. and Tardieu, F. (1998) Modeling water relations of horticultural crops. Sciential Horticulture 74: 21-46.
- Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K. G. (2004) Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology 93(3): 307-311.
- Khalid, Kh. A. (2006) Influence of water stress on growth, essential oil and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp.). International Agrophysics 20: 289-296.
- Khan, A. S., Ul-Allah, S. and Sadique, S. (2010) Genetic variability and correlation among seedling traits of Wheat (*Triticum sativum*) under water stress. International Journal of Agriculture and Biology 12(2): 247-250.
- Khan, M. B., Hussain, N. and Iqbal, M. (2001) Effect of water stress on growth and yield components of maize variety YHS 202. Journal of Research (Science) Bahoddin Zakariya University 12(1): 15-18.
- Lebaschy, M. H. and Sharifi Ashoorabadi, A. (2004) Growth indices of some medicinal plants under different water stresses. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 2(3): 249-261 (in Persian).
- Mamnoei, E. and Seyed Sharifi, R. (2010) Study the effects of deficit on chlorophyll fluorescence indices and the amont of proline in six barely genotypes and its relation with canopy temperature and yield. Journal of Plant Biology 2(5): 51-62.
- Misra, A. and Srivastava, N. K. (2000) Influence of water stress on Japanese mint. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants 7(1): 51-58.
- Mohamed, M. A. H., Harris, P. J. C., Henderson, J. and Senatore, F. (2002) Effect of drought stress on the yield and composition of volatile oils of drought- tolerant and non-drought-tolerant clones of *Tagetes minuta*. Journal of Medicinal Plant and Natural Product Research 68(5): 472-474.
- Najafi, Sh. (2011) Medicinal plants. Marandiz Press, University of Zabol, Zabol (in Persian).
- Patel, B. S., Sadaria, S. G. and Patel, J. C. (1996) Influence of irrigation, nitrogen and phosphorus on yield, nutrient uptake and water use efficiency of blond psyllium (*plantago ovate*). Indian Journal of Agronomy 41: 136-139.
- 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. Sciential Horticulture 15(4): 393-397.
- Rahmani, N., Aliabadi Farahani, H. and Valadabadi, S. A. R. (2008) Effects of nitrogen on oil yield and its component of Calendula (*Calendula officinalis* L.) in drought stress conditions on medicinal and aromatic plants. 1st Western Africa Network Of Natural Products Research Scientists (WannPreS) Conference and The AJTCAM Symposium On African Traditional Medicines, Cape Town, South Africa.
- Rontein, D., Basse, T. G. and Hason, A. D. (2002) Metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in plants. Metabolic Engineering 4: 49-56.
- Salama, I., Ghnaya, T., Hessini, K., Messedi, D., Savoure, A. and Abdelly, C. (2007) Comparative

- study of the effects of mannitol and PEG osmotic stress on growth and solute accumulation in *Sesuvium portulacastrum*. *Environmental and Experimental Botany* 61: 10-17.
- Serraj, R. and Sinclair, T. R. (2002) Osmolyte accumulation: Can it really help increase crop yield under drought conditions. *Plant Cell and Environment* 25: 333-341.
- Sharifi Ashoorabadi, E., Matin, M., Lebaschi, H., Abbaszadeh, B. and Naderi, B. (2005) Effects of water stress on quantity yield in *Achillea millefolium*. 1st International Conference on The Theory and Practices in Biological Water Saving, Beijing, China
- Srivastava, M., Saxena, A. and Baby, P. (1999) GC-MS investigation and antimicrobial activity of the essential oil of *Carum copicum*. *Acta Alimentaria* 28(3): 291-295.
- Topp, G. G. and Davies, J. L. (1985) Time domain reflectometry (TDR) and its application to irrigation scheduling. *Advances in Irrigation* 3: 107-127.
- Yadav, O. P. and Bhathagar, S. K. (2001) Evaluation of indices for identification of pearl millet cultivars adapted to stress and non stress condition. *Field Crops Science* 70: 201-208.
- Zargari, A. (1998) Medicinal plants. vol. 2, Tehran University Press, Tehran (in Persian).

Effect of water deficit on morphological and physiological parameters of *Carum copticum*

Roya Razavizadeh ^{1*}, Mahdieh Shafeghat ¹ and Shahla Najafi ²

¹ Department of Biology, Payame Noor University, 19395-3697 Tehran, I. R. of Iran

² Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Zabol, Zabol, Iran

Abstract

Ajwan (*Carum Copticum* L.) is an important plant in Apiaceae family and has many medical uses. In this research, the effects of water deficit stress on growth, yield, compatible metabolite accumulations (proline and carbohydrates) and plant ingredients were studied under controlled conditions in a greenhouse. Water deficit levels included mild stress (90% field capacity), medium stress (70% field capacity) and severe stress (50% field capacity). In 50% field capacity, the plant didn't reach to seeding stage. Also, In this study, seed essence of plants under water stress, levels of 70 and 90% field capacity, was obtained by distillation with water and chemical compounds of essence were analyzed by GC/MS method. The statistical results showed significant effects of water stress on growth parameters, seed yield, proline accumulation, carbohydrate accumulation, oil yield and essential oil percentage. The increase of water stress decreased plant height, number of lateral branches, dry weight and seed yield. However, oil yield, oil percentage, proline and carbohydrate contents increased. The highest amounts of proline and carbohydrate at the 50% of field capacity (high stress) and also the maximum essential oil yield and percentage of essential oil at 70% field capacity were observed. Twenty-one chemical compounds were identified in both of the essences of *Carum Copticum*, and thymol, gamatherpinen and parasimen in each treatment were changed.

Key words: Essence, Water deficit stress, Thymol, Proline, *Carum copticum*, Carbohydrate