



تأثیر سطوح مختلف آبیاری و زمان برداشت بر برخی خصوصیات زراعی و میزان اسانس گیاه دارویی زنیان (*Carum copticum* L.)

اسماعیل رضائی چپانه^{۱*}، علیرضا پیرزاد^۲، بهمن حسینی^۲، سید هادی مدنی^۴

۱. استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه. ۲. دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.

۳. دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه. ۴. دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۴/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۸/۲۶

چکیده

تولید گیاهان دارویی می‌تواند تحت عوامل محیطی متعددی قرار گیرد. به منظور بررسی تأثیر آبیاری و زمان برداشت بر برخی خصوصیات زراعی و میزان اسانس گیاه دارویی زنیان، یک آزمایش به صورت کرت‌های خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰ در مزرعه‌ای واقع در استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده اجرا گردید. در این آزمایش پنج تیمار آبیاری بر اساس میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (آبیاری بعد از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر) در کرت‌های اصلی و سه زمان برداشت (شیری، خمیری و رسیدگی کامل دانه‌ها) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح مختلف تیمارهای آبیاری بر ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس تأثیر معنی‌داری داشته است. افزایش فاصله آبیاری از ۶۰ به ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک سبب کاهش معنی‌دار تمامی صفات مذکور شد. بیشترین عملکرد دانه (۱۰۷۴ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد اسانس (۳۹/۹۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک حاصل شد. زمان برداشت بر تعداد چتر در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، درصد اسانس و عملکرد اسانس تأثیر معنی‌داری داشت. به طوری که بیشترین عملکرد دانه (۹۳۱ کیلوگرم در هکتار)، درصد اسانس (۴/۳۵ درصد) و عملکرد اسانس (۴۰/۱۳ کیلوگرم در هکتار) از برداشت در مرحله خمیری به دست آمد. بنابراین، توصیه می‌گردد که برای کسب حداکثر تولید اسانس و حصول عملکرد قابل قبول، گیاه زنیان تحت تنش ملایم خشکی قرار گرفته و برداشت گیاه در مرحله خمیری دانه صورت پذیرد.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، تنش خشکی، تولید اسانس، عملکرد دانه، گیاهان دارویی.

مقدمه

لیمونن می‌باشد (Majnoon Hosseini and Davazdah (Emami, 2007; Khajeh et al., 2004). کمبود آب یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های زیست‌محیطی در تولید گیاهان دارویی می‌باشد که در جریان تولید گیاهان می‌تواند صدمات سنگینی بر رشد، نمو و میزان مواد مؤثره دارویی گیاهان وارد نماید؛ بنابراین، تنظیم و مدیریت آب در گیاهان دارویی و معطر از نظر عملکرد اقتصادی و تولید اسانس حائز اهمیت زیادی است

زنیان (*Carum copticum* L.) گیاهی یک‌ساله متعلق به تیره چتریان^۱، به ارتفاع ۳۰ تا ۹۰ سانتی‌متر، برگ‌ها بریده و نخی شکل، گل‌ها با گلبرگ‌های سفید و کوچک و پرچم‌های صورتی‌رنگ است (Majnoon Hosseini and Davazdah (Emami, 2007). بذر زنیان دارای اسانس حاوی تیمول، ترکیبات سیمن، آلفا پینن، بتاپینن، گاما ترپینن، میرسن و

^۱. Apiaceae

چراکه گیاهان بسته به گونه گیاهی به تنش خشکی واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند (Omidbaigi, 2009). نتایج تحقیقات حاکی از آن است که گیاهان هنگام مواجه شدن با تنش‌های محیطی اغلب از رشد کمتری برخوردار هستند، چراکه در این شرایط مواد پرورده موجود را برای افزایش سنتز متابولیت‌های ثانویه (ترکیبات ترپنی) اختصاص می‌دهند تا بقای خود را در شرایط سخت محیطی تضمین نمایند (Rezaei-Chiyaneh, 2011; Bettaieb et al., 2009; Rebey, 2012).

حیدری و همکاران (Heidari et al., 2012) طی تحقیقی در گیاه آنیسون دریافتند که عملکرد دانه و عملکرد اسانس تحت تأثیر تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین آنان گزارش کردند که در بین زمان‌های برداشت (مرحله خمیری سفت و رسیدگی کامل گیاه)، برداشت در مرحله رسیدگی کامل بیشترین درصد اسانس دانه (۳/۸۶) را نسبت به مرحله خمیری سفت (۳/۴۰) دارا بود. رضائی چپانه (Rezaei-Chiyaneh, 2011) در بررسی اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر تجمع اسانس، ترکیبات آن و برخی صفات اکوفیزیولوژیکی در رازیانه گزارش کرد که درصد اسانس با رسیدگی دانه‌ها کاهش، اما تنش خشکی باعث افزایش تولید اسانس دانه شد. همچنین، با کاهش مقدار آب آبیاری، تعداد چتر در گیاه، تعداد دانه در هر چتر، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد اسانس در گیاه رازیانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. مددی بناب (Madadi-Bonab, 2011) با بررسی روند تغییرات اسانس شوید در سه مرحله (شیری، مومی و رسیدگی کامل دانه‌ها) نشان داد که دانه‌ها در مرحله شیری بیشترین درصد و عملکرد اسانس را داشته‌اند و با گذشت زمان از درصد و عملکرد اسانس کاسته می‌شود. جمشیدی و همکاران (Jamshidi et al., 2012) در تحقیقات خود اعلام کردند که اگرچه تنش کم‌آبی باعث افزایش درصد اسانس دانه رازیانه شد، اما با این حال در اثر تنش کم‌آبی عملکرد دانه و عملکرد اسانس به‌شدت کاهش یافت. علیزاده و همکاران (Alizadeh et al., 2006) با بررسی اثر رژیم‌های آبیاری بر زیره سبز ملاحظه کردند که تیمارهای مختلف آبیاری تأثیری بر عملکرد دانه، تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر از نظر آماری نداشت؛ اما تیمار آبیاری کامل کمترین وزن هزار دانه، کمترین شاخص برداشت و بیشترین بیومس کل را داشت. بر طبق مطالعه قاسمی سیانی و همکاران

چراکه گیاهان بسته به گونه گیاهی به تنش خشکی واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند (Omidbaigi, 2009). نتایج تحقیقات حاکی از آن است که گیاهان هنگام مواجه شدن با تنش‌های محیطی اغلب از رشد کمتری برخوردار هستند، چراکه در این شرایط مواد پرورده موجود را برای افزایش سنتز متابولیت‌های ثانویه (ترکیبات ترپنی) اختصاص می‌دهند تا بقای خود را در شرایط سخت محیطی تضمین نمایند (Rezaei-Chiyaneh, 2011; Bettaieb et al., 2009; Rebey, 2012).

حیدری و همکاران (Heidari et al., 2012) طی تحقیقی در گیاه آنیسون دریافتند که عملکرد دانه و عملکرد اسانس تحت تأثیر تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین آنان گزارش کردند که در بین زمان‌های برداشت (مرحله خمیری سفت و رسیدگی کامل گیاه)، برداشت در مرحله رسیدگی کامل بیشترین درصد اسانس دانه (۳/۸۶) را نسبت به مرحله خمیری سفت (۳/۴۰) دارا بود. رضائی چپانه (Rezaei-Chiyaneh, 2011) در بررسی اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر تجمع اسانس، ترکیبات آن و برخی صفات اکوفیزیولوژیکی در رازیانه گزارش کرد که درصد اسانس با رسیدگی دانه‌ها کاهش، اما تنش خشکی باعث افزایش تولید اسانس دانه شد. همچنین، با کاهش مقدار آب آبیاری، تعداد چتر در گیاه، تعداد دانه در هر چتر، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد اسانس در گیاه رازیانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. مددی بناب (Madadi-Bonab, 2011) با بررسی روند تغییرات اسانس شوید در سه مرحله (شیری، مومی و رسیدگی کامل دانه‌ها) نشان داد که دانه‌ها در مرحله شیری بیشترین درصد و عملکرد اسانس را داشته‌اند و با گذشت زمان از درصد و عملکرد اسانس کاسته می‌شود. جمشیدی و همکاران (Jamshidi et al., 2012) در تحقیقات خود اعلام کردند که اگرچه تنش کم‌آبی باعث افزایش درصد اسانس دانه رازیانه شد، اما با این حال در اثر تنش کم‌آبی عملکرد دانه و عملکرد اسانس به‌شدت کاهش یافت. علیزاده و همکاران (Alizadeh et al., 2006) با بررسی اثر رژیم‌های آبیاری بر زیره سبز ملاحظه کردند که تیمارهای مختلف آبیاری تأثیری بر عملکرد دانه، تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر از نظر آماری نداشت؛ اما تیمار آبیاری کامل کمترین وزن هزار دانه، کمترین شاخص برداشت و بیشترین بیومس کل را داشت. بر طبق مطالعه قاسمی سیانی و همکاران

گیاهان فوق‌گردیده است. از آنجایی که میزان اسانس و اجزای آن در طول دوره نمو دانه‌ها در حال تغییر است و از طرفی میزان آب قابل‌دسترس می‌تواند عملکرد دانه و تولید اسانس را تحت تأثیر قرار دهد؛ بنابراین شناخت مرحله‌ای از رسیدگی بذر که از بالاترین عملکرد دانه و اسانس برخوردار باشد، می‌تواند بسیار مهم تلقی شود. از طرفی، شناسایی گونه‌های مقاوم و نیمه مقاوم به خشکی با انجام آزمایش‌های مربوطه برای حصول آستانه‌های اقتصادی عملکرد گیاهان زراعی و دارویی مهم به نظر می‌رسد. از آنجایی که در رابطه با پاسخ‌های گیاه دارویی زنیان به شرایط مختلف محیطی اطلاعات کمی در دسترس است. این تحقیق با هدف بررسی نحوه واکنش گیاه دارویی زنیان در طول دوره رسیدگی دانه به کمبود آب اجرا گردید تا ضمن تعیین سطح آبیاری مطلوب، تأثیر تیمارهای متفاوت آبیاری و زمان برداشت بر خصوصیات زراعی و تغییرات کمی اسانس در دانه زنیان تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه‌ای واقع در استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده با طول جغرافیایی ۴۵° و ۲۴° و عرض جغرافیایی ۳۶° و ۵۷° و ارتفاع ۱۳۲۸ متر از سطح آب‌های آزاد اجرا شد. میانگین‌های متوسط دما و بارندگی سالیانه در طی یک دوره ده‌ساله به ترتیب برابر ۱۲/۴۰ درجه سانتی‌گراد و ۳۲۳ میلی‌متر گزارش شده است. بافت خاک مزرعه از نوع رس-سیلتی است. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش پنج تیمار آبیاری بر اساس میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (آبیاری بعد از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر) در کرت‌های

به دست آمده از نرم افزار SPSS 16 و مقایسه میانگین‌های به دست آمده آماری توسط روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ارتفاع بوته به طور معنی‌داری ($p \geq 0.01$) تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت، اما زمان برداشت و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته در گیاه نداشت (نتایج مربوط به تجزیه واریانس نشان داده نشده است). بیشترین ارتفاع بوته در تیمار آبیاری ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به میزان ۹۷/۶۷ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع بوته در تیمار آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به میزان ۶۸/۵۶ سانتی‌متر حاصل شد. از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۶۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر مشاهده نشد (جدول ۱).

کاهش ارتفاع بوته با افزایش سطوح آبیاری را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به علت کمبود رطوبت خاک و کاهش تولید مواد فتوسنتزی برای ارائه به بخش‌های در حال رشد گیاه و نهایتاً عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر ارتفاع نسبت داد. امید بیگی و محمودی سورشستانی (Omidbaigi and Mahmoodi Sourestani, 2010) در تحقیقی بر روی گل مکزیک عنوان کردند که علت کاهش ارتفاع، کاهش فشار تورژسانس و متعاقب آن کاهش رشد، تقسیم و بزرگ شدن سلولی در شرایط تنش خشکی می‌باشد. بتایب و همکاران (Bettaieb et al., 2009) در مریم‌گلی، رضاپور و همکاران (Rezapour et al., 2011) در سیاه‌دانه و قاسمی سیانی و همکاران (Ghasemi Siani et al., 2006) در اسفرزه نیز نشان دادند که با افزایش سطوح تنش خشکی ارتفاع بوته به طور معنی‌داری کاهش یافت که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد.

تیمارهای آبیاری و زمان برداشت تأثیر معنی‌داری ($p \geq 0.01$) بر تعداد چتر در بوته داشت. تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک با ۴۰/۸۹ چتر و تیمار آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر با ۲۶/۸۹ چتر به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد چتر در بوته را به خود اختصاص دادند، بنابراین، تعداد چتر در بوته با افزایش فاصله دور آبیاری و رسیدن به ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر در حدود ۳۵ درصد کاهش یافت. از نظر آماری بین تیمارهای ۶۰ با ۹۰ و ۱۲۰ با ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک

اصلی و سه زمان برداشت (شیری، خمیری و رسیدگی کامل دانه‌ها) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. پس از عملیات آماده‌سازی زمین (شخم، دیسک و تسطیح)، بذور در عمق سه سانتی‌متر زیر سطح خاک به صورت کرتی، در تاریخ ۱۵ فروردین ۱۳۹۰ کشت شدند. بعد از استقرار کامل بوته‌ها، تیمارهای آبیاری اعمال گردید. علف‌های هرز در طول فصل رشد بنا به ضرورت از طریق وجین دستی کنترل شدند. بر اساس آزمون خاک، کود سوپرفسفات تریپل به میزان ۱۵۰ کیلوگرم تماماً قبل از کاشت و کود اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت سرک (در دو مرحله قبل از کاشت و مرحله ساقه رفتن) به کرت‌های آزمایش اضافه شد. به علت بالا بودن مقدار پتاسیم قابل جذب، از کود پتاسیم استفاده نشد.

هر واحد آزمایشی شامل هشت ردیف کاشت به طول چهار متر، بافاصله‌ی بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. همچنین به منظور جلوگیری از نشت آب به کرت‌های مجاور، فاصله هر کرت اصلی ۱/۵ متر و فاصله بین دو بلوک سه متر در نظر گرفته شد. به منظور اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد با توجه به زمان برداشت، از کرت‌های مربوط در سه زمان رسیدگی دانه‌ها (شیری، خمیری و رسیدگی کامل دانه‌ها) پس از حذف حاشیه‌ها در هر واحد آزمایشی، نیم متر از ابتدا و انتهای کرت‌ها و همچنین ردیف‌های کناری، از مساحتی در حدود ۷/۲ مترمربع نمونه‌برداری انجام گرفت. برای تعیین اجزای عملکرد دانه ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر شمارش شدند. وزن هزار دانه با توزین ۴ نمونه ۱۰۰۰ تایی از هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی با حذف اثر حاشیه از هر طرف واحد آزمایشی انجام گرفت. برای تعیین عملکرد بیولوژیکی، پس از جدا نمودن بذور زنبان، اندام‌های هوایی در دمای اتاق و در سایه خشک شدند و سپس وزن شدند. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیکی $\times 100$ محاسبه شد.

به منظور استخراج اسانس، ۳۰ گرم نمونه بذری از هر کرت وزن گردید و پس از آسیاب شدن مختصر در ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در داخل دستگاه کلونجر به مدت سه ساعت جوشانده شد تا اسانس آن استخراج شود. پس از تعیین درصد اسانس، عملکرد اسانس بر اساس عملکرد دانه \times درصد اسانس محاسبه شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌های

تأثیر تیمارهای آبیاری بر تعداد دانه در چتر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار ($p \geq 0.01$) بود، اما زمان برداشت بر روی این صفت معنی‌دار نبود. بالاترین تعداد دانه در چتر (۱۵۰ عدد) از تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و کمترین آن از تیمار آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (۹۳ عدد) به دست آمد. از لحاظ آماری بین تیمارهای ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱).

تبخیر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). در بین زمان‌های برداشت، برداشت در مرحله رسیدگی کامل دانه‌ها بیشترین تعداد چتر در بوته (۳۶/۹۳ عدد) و مرحله شیری کمترین تعداد چتر در بوته (۳۱ عدد) را دارا بود. از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین زمان رسیدگی کامل دانه‌ها و مرحله خمیری وجود نداشت (جدول ۲). از آنجایی که زنیان یک گیاه رشد نامحدود است تا آخر دوره رسیدگی رشد زایشی آن و بالطبع تولید چتر ادامه دارد.

جدول ۱. مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری در گیاه زنیان

Table 1. Mean comparison of study traits affected by different levels of irrigation in the plant *Carum copticum* L.

سطوح آبیاری (میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) Irrigation levels (mm evaporation from evaporation pan)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد چتر در بوته	تعداد دانه در چتر	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد	عملکرد	عملکرد	عملکرد
					دانه (کیلوگرم در هکتار)	بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	درصد اسانس	اسانس (کیلوگرم در هکتار)
	Plant height (cm)	Umbels per plant	Seeds per Umbels	1000 seed weight (g)	Seeds yield (kg.ha ⁻¹)	Biological yield (kg.ha ⁻¹)	Essential oil percentage	Essential oil yield (kg.ha ⁻¹)
60	97.67 a	40.89 a	150.88 a	1.60 a	1074.44 a	5105.23 a	3.69 b	39.63a
90	96 a	39.44 a	147.33 a	1.62 a	1023.23 a	5019.66 a	3.53 b	36.12 b
120	86.89 b	34.22 b	142.11 a	1.54 a	812.22 b	4289.40 b	4.63 a	37.60 ab
150	79 c	32.67 b	115.22 b	1.33 b	764.44 b	4136.11 b	4.93 a	37.68 ab
180	68.56 d	26.89 c	93.67 c	1.21 b	551.11 c	2781.36 c	2.96 c	16.31 c

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند. Means with different letters in each column according to Duncan test are significant at the 5% level.

کاهش در اجزای عملکرد گیاه شود، منجر به کاهش عملکرد نهایی دانه خواهد شد (Koocheki et al., 2011; Laribi et al., 2009). حیدری و همکاران (Heidari et al., 2012) در تحقیقی بر روی گیاه آنیسون دریافتند که تعداد چتر در بوته و تعداد دانه در چتر با افزایش فاصله دور آبیاری به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2011) در همیشه‌بهار و پالیزدار و همکاران (Palizdar et al., 2013) در گلرنگ نیز گزارش کردند که افزایش دور آبیاری از ۶۰ به ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک سبب کاهش تعداد طبق و تعداد دانه در طبق می‌شود.

نتایج تحقیقات مختلف نشان داده که تنش خشکی می‌تواند از طریق کاهش منبع فتوسنتزی گیاه و مخزن (اجزای عملکرد) و آفت فعالیت آنزیم‌های مؤثر بر این فرآیند بر هر یک از اجزای تشکیل‌دهنده عملکرد تأثیر داشته باشد و در نهایت منجر به تغییر در عملکرد تولیدی در گیاهان شود (Seghatoleslami et al., 2011; Rezaei-Chiyaneh et al., 2012). تعداد چتر و تعداد دانه در چتر در حقیقت ظرفیت مخزن را تعیین می‌کند، هر چه تعداد چتر و تعداد دانه بیشتر باشد، گیاه دارای مخازن بزرگ‌تری برای دریافت مواد فتوسنتزی تولید شده است و افزایش این صفات منجر به افزایش عملکرد خواهد شد؛ بنابراین، هر عاملی که از طریق نقصان در فراهم شدن نهاده‌های فتوسنتزی باعث

تأثیر تیمارهای آبیاری و زمان برداشت بر عملکرد بیولوژیکی از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($p \geq 0.01$). بیشترین عملکرد بیولوژیکی (۵۱۰۵ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و کمترین مقدار آن (۲۷۸۱ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به دست آمد؛ یعنی افزایش فاصله آبیاری از ۶۰ میلی‌متر تبخیر به ۱۸۰ میلی‌متر سبب کاهش ۴۵ درصدی عملکرد بیولوژیکی گردید (جدول ۱). در بین زمان‌های برداشت، برداشت در مرحله خمیری (۴۶۳۲ کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد بیولوژیکی و برداشت در مرحله رسیدگی کامل دانه‌ها (۳۸۶۲ کیلوگرم در هکتار) کمترین عملکرد بیولوژیکی را تولید کردند (جدول ۲).

کمبود آب قابل‌جذب در گیاه منجر به افزایش انرژی مصرفی گیاه جهت بالا بردن غلظت شیره سلولی و تغییر در مسیرهای تنفسی و فعال شدن مسیر پنتوز فسفات، افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه و در نتیجه کاهش سطح فتوسنتز کننده، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش قابلیت تبادل گازی روزنه‌ها، کاهش آگیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل که سبب محدود شدن فتوسنتز شده و در نهایت عملکرد نهایی گیاه را کاهش می‌دهد (Bettaieb et al., 2009; Hopkins, 1993; Munns, 1993; Laribi et al., 2009; Rezaei Chiyaneh et al., 2012). رضایی چیانه و همکاران (2012) گزارش کردند که با کاهش مقدار آب آبیاری، اجزای عملکرد و نهایتاً عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. میر شکاری و فرح‌وش (2011) (Mirshekari and Farahvash) در مطالعه‌ی دیگر روی گیاه رازیانه نشان دادند که با افزایش سطح آبیاری از ۹۰ میلی‌متر به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک از عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری کاسته شد. سلطانی گردفرامرزی و همکاران (Soltani Gerdafamarzi et al., 2011) در بابونه، رضاپور و همکاران (Rezapour et al., 2011) در سیاه‌دانه، مددی (Madadi-Bonab, 2011) در شوید نیز مشاهده کرد که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌-دار عملکرد گیاهان مذکور شده است.

درصد اسانس دانه زنیان به‌طور معنی‌داری ($p \geq 0.01$) تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و زمان برداشت قرار گرفت. کمترین درصد اسانس (۲/۹۶ درصد) در دانه‌های حاصل از تیمار آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و

تأثیر تیمارهای آبیاری و زمان برداشت بر وزن هزار دانه معنی‌دار ($p \geq 0.01$) شد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین (۱/۶۰ گرم) و کمترین وزن هزار دانه (۱/۲۱ گرم) به ترتیب به تیمارهای ۶۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر تعلق داشت. به‌طوری‌که مقدار وزن هزار دانه تحت تأثیر تیمار ۱۸۰ نسبت به تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک حدود ۲۴ درصد کاهش نشان داد، اما بین تیمارهای ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). در بین زمان‌های برداشت، برداشت در مرحله خمیری با میانگین ۱/۵۴ گرم بیشترین و مرحله شیری دانه‌ها با میانگین ۱/۳۹ گرم کمترین وزن هزار دانه را دارا بودند (جدول ۳). در شرایط کمبود آب به دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره رویشی و زایشی (دوره پر شدن دانه‌ها) و اثرات منفی تنش کم‌آبی بر فتوسنتز جاری و کاهش ذخیره مواد فتوسنتزی قبل از مرحله گلدهی در اندام‌های رویشی منجر به کاهش مواد منتقل‌شده به دانه و در نهایت کاهش وزن هزار دانه می‌شود. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011) در اسفرزه، سلیمانی و همکاران (Soleymani et al., 2011) در کلزای پاییزه، و آقایی و احسان زاده (Agaei and Ehsanzadeh, 2011) در کدوی تخم کاغذی نیز گزارش کردند که وزن هزار دانه تحت تنش کم خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

تیمارهای آبیاری و زمان برداشت اثر معنی‌داری ($p \geq 0.01$) بر عملکرد دانه نشان دادند. بیشترین میزان عملکرد دانه (۱۰۷۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و کمترین آن (۵۵۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به دست آمد. با افزایش فاصله آبیاری از ۶۰ به ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر حدود ۴۸ درصد تولید عملکرد دانه کاهش یافت. بین تیمارهای ۶۰ با ۹۰ و تیمارهای ۱۲۰ با ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱). در بین زمان‌های برداشت، برداشت در مرحله خمیری (۹۳۱ کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد دانه و برداشت در مرحله رسیدگی کامل دانه‌ها (۷۹۰ کیلوگرم در هکتار) کمترین عملکرد دانه را تولید کردند. از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین زمان برداشت در مرحله رسیدگی کامل با مرحله شیری دانه‌ها وجود نداشت (جدول ۲).

($p \geq 0.01$) را نشان دادند. بیشترین عملکرد اسانس (۳۹/۶۳) کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری پس از ۶۰ و کمترین مقدار آن (۱۶/۳۱) کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک حاصل شد. بین تیمارهای آبیاری پس از ۶۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک از نظر عملکرد اسانس اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). در بین زمان‌های برداشت، برداشت در مرحله خمیری (۴۰/۱۳) کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد اسانس و برداشت در مرحله شیری دانه‌ها (۲۹/۱۶) کیلوگرم در هکتار) کمترین عملکرد اسانس را تولید کردند (جدول ۲).

بیشترین مقدار آن (۴/۹۳ درصد) در تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به دست آمد. با افزایش فاصله آبیاری از ۶۰ میلی‌متر به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، درصد اسانس افزایش و در فواصل زیادتر آبیاری (آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک) به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد (جدول ۱). در بین زمان‌های برداشت، برداشت در مرحله خمیری دانه بیشترین درصد اسانس دانه (۴/۳۵ درصد) را نسبت به مراحل شیری (۳/۵۹ درصد) و رسیدگی کامل دانه‌ها (۳/۵۹ درصد) تولید کرد (جدول ۲).

تیمارهای آبیاری و زمان برداشت از نظر عملکرد اسانس اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های صفات مورد مطالعه تحت تأثیر زمان برداشت در گیاه زنیان

Table 2. Mean comparison of study traits affected by harvesting time in the plant *Carum copticum* L.

زمان برداشت	تعداد چتر	وزن هزار	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	درصد	عملکرد اسانس
Harvesting time	در بوته	دانه (گرم)	(کیلوگرم در هکتار)	(کیلوگرم در هکتار)	اسانس	(کیلوگرم در هکتار)
	Umbels per plant	Seed weight (g)	Seeds yield (kg.ha ⁻¹)	Biological yield (kg.ha ⁻¹)	Essential oil percentage	essential oil yield (kg.ha ⁻¹)
شیری	31 b	1.39 b	813.33 b	4303.50 a	3.59 b	29.16 b
Milky						
خمیری	36.47 a	1.54 a	931 a	4632.62 a	4.35 a	40.13 a
Pasty						
رسیدگی کامل	36.93 a	1.47 ab	790.67 b	3862.96 b	3.91 b	31 b
Full ripening						

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

Means with different letters in each column according to Duncan test are significant at the 5% level

که بتواند پتانسیل آب سلولی را کاهش دهد. این ترکیبات برای گیاه هزینه‌بر بوده و گیاه این هزینه را از کاهش عملکرد کل یا دانه جبران می‌کند (Munns, 1993). رضاپور و همکاران (Rezapour et al., 2011) در سیاه‌دانه، رضائی چپانه (Rezaei Chiyaneh et al., 2012) در رازیانه، آیسو و همکاران (Eiasu et al., 2009) در گیاه شمعدانی معطر گزارش کردند که با افزایش شدت تنش درصد اسانس به‌طور معنی‌دار افزایش یافته است. ربی و همکاران (Rebey et al., 2012) در مطالعه اثر تنش خشکی (بدون تنش، تنش متوسط و تنش شدید) بر روی زیره سبز نشان دادند که گیاهان تحت تنش متوسط نسبت

نتیجه تحقیقات مختلف عموماً نشان داده که تشکیل و تجمع اسانس در شرایط کم‌آبی عموماً افزایش می‌یابد و این افزایش اسانس را تحت شرایط تنش خشکی نتیجه نوعی مکانیسم دفاعی و سازگاری بیوشیمیایی به شرایط محیطی نسبت دادند (Omidbaigi, 2009; Petropoulos et al., 2008)؛ اما نکته‌ای که باید مورد اشاره قرار گیرد این است که همیشه همراه با بالا رفتن میزان تنش، درصد اسانس نمی‌تواند افزایش یابد. چراکه در تنش‌های بسیار شدید گیاه بیشتر مواد فتوسنتزی خود را صرف تولید ترکیبات تنظیم‌کننده‌های اسمزی از جمله پرولین، گلیسین-بتائین و ترکیبات قندی همانند ساکارز، فروکتوز و فروکتان می‌کند

نشان داد که دانه‌های شوید در مرحله شیری، بیشترین درصد و عملکرد اسانس را داشته و باگذشت زمان از درصد عملکرد اسانس آن‌ها کاسته می‌شود. بر اساس گزارش رضائی چپانه (Rezaei-Chiyaneh, 2011)، بیشترین درصد اسانس رازیانه در اواسط پر شدن دانه حادث شد و با پیشرفت نمو بذری روی گیاه مادری میزان اسانس به‌طور میانگین حدود ۲۵ درصد کاهش یافت.

نتیجه‌گیری

بررسی سطوح مختلف تیمارهای آبیاری حکایت از تأثیر منفی کمبود رطوبت خاک بر صفات مورد مطالعه در تحقیق حاضر دارد؛ اما اختلافات به وجود آمده بین سطوح مختلف تنش کم‌آبی نشان‌دهنده قدرت سازگاری این گیاه با شرایط خشکی است. چراکه در شرایط تنش ملایم رطوبتی عملکرد و اجزای عملکرد زنیان کاهش چشمگیری را نشان ندادند؛ اما آنچه مسلم است با افزایش فاصله دور آبیاری از ۶۰ به ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر رشد اندام‌های هوایی، عملکرد دانه و اسانس به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. به‌طورکلی از نتایج این آزمایش چنین استنباط می‌شود، از آنجایی‌که تیمار آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر نسبت به تیمار آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک از نظر تولید دانه اختلاف معنی‌داری نداشت و زمان برداشت در مرحله خمیری عملکرد بالاتری را نشان داد. می‌توان، تیمار آبیاری ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و زمان برداشت در مرحله خمیری را جهت کاشت در منطقه و سایر مناطق مشابه توصیه نمود.

به دو تیمار بدون تنش (شاهد) و تنش شدید از درصد اسانس بالاتری برخوردار بودند که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد. کاهش عملکرد اسانس در نتیجه کاهش رطوبت خاک ممکن است ناشی از اثر زیان‌بار تنش آبی بر رشد و اندام رویشی گیاه باشد. چون عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و عملکرد گیاه می‌باشد. گزارش شده، تنش کم‌آبی عملکرد اسانس را در گیاهان شمعدانی معطر (Eiasu Ekrena et al., 2012; Motsa et al., 2006)، ریحان (et al., 2012; Rezaei-Chiyaneh, 2011) و رازیانه (al., 2012; Mirshekari et al., 2011) کاهش داده است.

از آنجایی‌که میزان اسانس و ترکیبات تشکیل‌دهنده آن در طول دوره نمو دانه‌ها در حال تغییر است (Telci et al., 2009)، شناخت مرحله‌ای از رسیدگی بذر که از بالاترین اسانس و ترکیبات مهم برخوردار باشد، می‌تواند بسیار مهم تلقی شود (Bernath and Mihalik, 2001). نتایج تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که تولید اسانس در فعال‌ترین بخش در حال رشد صورت می‌گیرد و در طی دوره‌های بعدی و مراحل آخر رشد، تشکیل و تولید اسانس به حدی نیست که از دست دادن اسانس را از طریق مصرف، انتقال و تلفات تبخیری جبران نماید (Zehtab Salmasi et al., 2007; Sefidkon, 2003). تلسی و همکاران (Telci et al., 2006) در دانه‌های گشنیز نشان دادند که میزان تجمع اسانس در مراحل اولیه پر شدن دانه نسبت به مراحل آخر رسیدگی بیشتر است و در مراحل آخر دوره رسیدگی میزان اسانس به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. زهتاب سلماسی (Zehtab Salmasi et al., 2003) در آنیسون مشاهده نمود که بالاترین مقدار اسانس در مرحله مومی شدن دانه‌ها به دست می‌آید. مددی بناب (Madadi-Bonab, 2011)

منابع

- Agaei, A.H., Ehsanzadeh, P., 2011. Effect of irrigation regimes and nitrogen on the yield and some physiological parameters medicinal plant Cucurbita pepo. Iranian Journal of Horticultural Sciences. 4(3), 291-299. [In Persian with English summary].
- Alizadeh, A., Tavooosi, M., Enanloo, M., Naseri-Mahalati, M., 2006. Evaluation of irrigation treatments on yield and yield components of cumin. Iranian Journal of Crop Sciences. 1, 35-42. [In Persian with English summary].
- Bernath J., Mihalik, E., 2001. Regularities of the essential oil accumulation in developing fruits of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and its histological background. In: World Conference on Medicinal and Aromatic Plants, Budapest, Hungary, 8-11,
- Bettaieb I., Zakhama N., Aidi-Wannes N., Kchouk M.E., Marzouk, B., 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. Scientia Horticulturae. 120, 271-275.

- Eiasu B.K., Steyn J.M., Soundy, P., 2009. Rose-scented geranium (*Pelargonium capitatum* × *Pelargonium radens*) growth and essential oil yield response to different soil water depletion regimes. *Agricultural Water Management*. 96, 991–1000.
- Eiasu, B. K., Steyn, J. M., Soundy, P., 2012. Physiomorphological response of rose-scented geranium (*Pelargonium* spp.) to irrigation frequency. *South African Journal of Botany*. 78, 96–103.
- Ekrena, S., Sonmez, C., Ozcakal, E., Kurttas, Y. S. K., Bayram, E., Gurgulu, H., 2012. The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agricultural water management*. 109, 155–161.
- Ghasemi Siani, E., Fallah, S., Tadayyon, A., 2011. Study on yield and seed quality of *Plantago ovata* Forssk under different nitrogen treatments and deficit irrigation. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 27(3), 517-528. [In Persian with English summary].
- Golldani, M., Rezvani, P., 2005. Effects of different drought levels and planting date on yield and yield components of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Mashhad. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 2(2), 1-12. [In Persian with English summary].
- Heidari, N., Pouryousef, M., Tavakkoli, A., Saba, J., 2012. Effect of drought stress and harvesting date on yield and essential oil production of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 28(1), 121-130. [In Persian with English summary].
- Hopkins, W. G., 1995. *Introduction to Plant Physiology*. John Wiley and Sons, Inc. New York, USA, 464p.
- Jamshidi, E., Ghalavand, A., Sefidkon, F., Goltaph, E.M., 2012. Effects of different nutrition systems (organic and chemical) on quantitative and qualitative characteristics of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under water deficit stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 28(2), 309-322. [In Persian with English summary].
- Khajeh, M., Yamini Y., Sefidkon F., Bahramifar, N., 2004. Comparison of essential oil composition of *Carum copticum* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. *Food Chemistry*. 86, 587-591.
- Koocheki, A., Mokhtari, V., Taherabadi, S.h., Kalantari, S., 2011. The Effect of Water Stress on Yield, Yield Components and Quality Characteristics of *Plantago ovata* and *Plantago Psyllium*. *Journal of Water and Soil*. 25(3), 656-664. [In Persian with English summary].
- Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A., Brahim, M., 2009. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oils and fatty acids composition. *Industrial Crops and Products*. 30, 372-379.
- Madadi- Bonab, S., 2011. Effect of irrigation treatments and nitrogen fertilizer on yield and essential oil of dill (*Anethum graveolens* L.). Msc. thesis, Department of Plant Eco-Physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz. [In Persian with English summary].
- Majnoon Hosseini, N., Davazdah-Emami, S., 2007. *Crops and the Production of Medicinal Plants and Spices*. Tehran University Publications. 300p. [In Persian].
- Mirshekari, B., Farahvash, F., 2011. Management of irrigation and nitrogen fertilizing in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) as a medicinal plant under semi-arid conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 27(4), 541-550. [In Persian with English summary].
- Mosavi- Nik, M., 2012. Effect of different levels of sulfur fertilization on yield and quality of medicinal plants of *Plantago psyllium*. *Journal of Agroecology*. 4(2), 170-182. [In Persian with English summary].
- Motsa, N.M., Soundy, P., Steyn, J.M., Learmonth, R.A., Mojela, N., Teubes, C., 2006. Plant shoot age and temperature effects on essential oil yield and oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* sp.) grown in South Africa. *Journal of Essential Oil Research*. 18, 106–110.
- Mousavi, S.G.R., Seghatoleslami, M.J., Ansarina, E., Javadi, H., 2011. The effect of water deficit stress and nitrogen fertilizer on yield and water use efficiency of *Calendula officinalis* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 28 (3), 493-508. [In Persian with English summary].
- Munns, R., 1993. Physiological process limiting plant growth in saline soil: some dogmass

- and hypotheses. *Plant Cell and Environment*. 16, 15-24.
- Norozphour, G., Rezvani-Mogadam, P., 2006. Effect of irrigation intervals and plant density on yield and essential oil of black seed beads (*Nigella sativa* L.). *Journal of Pajouhesh – VA- Sazandegi (in Agronomy and Horticulture)*. 73, 133-138. [In Persian with English summary].
- Omidbaigi, R., 2009. *Production and Processing of Medicinal Plants*. (Volume I). Fifth edition, Publishing Astan Quds Razavi. 347p. [In Persian].
- Omidbaigi, R., Mahmoodi sourestani, M., 2010. Effect of Water Stress on Morphological Traits, Essential Oil Content and Yield of Anise Hyssop (*Agastache foeniculum* [Pursh] Kuntze). *Iranian Journal of Horticultural Sciences*. 41(2), 153-161. [In Persian with English Summary].
- Palizdar, M., Delkhosh, B., Shiranirad, A.H., Noormohammadi, G.h., 2013. Investigation on effects of irrigation regimes and potassium content on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 28(4), 628-645. [In Persian with English Summary].
- Pessarkli, M., 1999. *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker. New York Inc, 697 p.
- Petropoulos, S. A., Daferera, D., Polissiou, M.G. Passam, H. C., 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. *Scientia Horticulturae*. 115, 393-397.
- Rebey B. I., Jabri-Karoui, I., Hamrouni-Sellami, I., Bourgou, S., Limam, F., Marzouk, B., 2012. Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. *Industrial Crops and Products*. 36, 238–245.
- Rezaei- Chiyaneh, E., 2012. Effects of different irrigation treatments on essential oil accumulation, its composition and some eco-physiological traits in Fennel (*Foeniculum vulgare*). Ph.D. thesis Department of Plant of Eco-physiological, Faculty of Agriculture, university of Tabriz. [In Persian with English summary].
- Rezaei Chiyaneh, E., Zehtab Salmasi, S., Ghassemi Golezani, K., delazar, A., 2012. Effect of irrigation treatments on yield and yield components of three fennel (*Foeniculum vulgare* L.) landraces. *Journal of sustainable agriculture and production science*. 22(4), 58-70. [In Persian with English summary].
- Rezapor, A.R., Heidari, M., Galavil, M., Ramrodi, M., 2011. Effect of water stress and different amounts of sulfur fertilizer on grain yield, grain yield components and osmotic adjustment in *Nigella sativa* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 27(3), 384-396. [In Persian with English summary].
- Sefidkon, F., 2007. *Chemical and Industrial Preparation of Essential Oils*. Publications Zavsh Tehran. 256p. [In Persian].
- Seghatoleslami, M.J., Mosavi, S.G., Barzegaran, T., 2011. Effect of irrigation levels and planting date on yield and water use efficiency of *Hibiscus sabdariffa* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 29(1), 144-155. [In Persian with English summary].
- Soleymani, A., Moradi, M., Naranjani, L., 2011. Effects of the irrigation cut-off time in different growth stages on grain and oil yield components of autumn's canola cultivars in Isfahan region. *Journal of Water and Soil*. 25(3), 426-435. [In Persian with English summary].
- Soltani Gerdfaramarzi, M.K., Omidi, H., Habibi, H., Lebaschy, M.H., Zarezadeh, A., 2011. The effects of glycine betaine and drought stress on yield, yield components and essential oil in German chamomile genotypes in Yazd region. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 27(2), 279-289. [In Persian with English summary].
- Telci, I., Bayram, E., Avci, B., 2006. Changes in yields, essential oil and linalool contents of *Coriandrum sativum* varieties (var. vulgare Alef. and var. microcarpum DC.) harvested at different development stages. *European Journal of Horticultural Science*. 71, 267–271.
- Telci, I., Demirtas, I., Sahin, A., 2009. Variation in plant properties and essential oil composition of sweet fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) fruits during stages of maturity. *Industrial Crops and Products*. 30: 126-130
- Zehtab Salmasi, S., Javanshir, A.,omidbaigi, R., Alyari, H., Ghassemi Golezani, K., 2003. Eco-physiological effects of irrigation and

sowing date on growth, yield and herb anise
(*Pimpinella anisum*), Journal of sustainable

agriculture and production science. 4, 37-49.
[In Persian with English summary].