

تأثیر سیستم‌های مختلف تغذیه بر صفات کمی و کیفی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare Mill.*) تحت تأثیر تنش کم‌آبی

احسان جمشیدی^۱، امیر قلاوند^{۲*}، فاطمه سفیدکن^۳ و ابراهیم محمدی گل‌تپه^۴

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، پست الکترونیک: amir19521331@yahoo.com

۳- استاد، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

۴- استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۸۹

تاریخ اصلاح نهایی: دی ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۸۹

چکیده

به منظور بررسی سیستم‌های مختلف تغذیه بر صفات کمی و کیفی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare Mill.*) در شرایط تنش رطوبتی، آزمایشی مزرعه‌ای در سال ۱۳۸۸ به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی تربیت مدرس واقع در پیکان‌شهر اجرا گردید. عامل اصلی شامل ۳ رژیم آبیاری (آبیاری پس از مصرف ۴۰٪ رطوبت قابل استفاده خاک (C1)، (به‌عنوان شاهد)، آبیاری پس از مصرف ۶۰٪ رطوبت قابل استفاده خاک (C2) و آبیاری پس از مصرف ۸۰٪ رطوبت قابل استفاده از خاک (C3)) و عامل فرعی شامل سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای (۱۰ تن کود دامی، ۱۰ تن کمپوست مصرف شده قارچ، ۵ تن کمپوست مصرف شده قارچ همراه با ۵ تن کود دامی، ۹۰ کیلوگرم در هکتار و کود شیمیایی نیتروژنه) بود. در این بررسی نتایج نشان داد که اگرچه تنش کم‌آبی باعث افزایش درصد اسانس می‌شود، اما با این حال در اثر تنش کم‌آبی عملکرد دانه و عملکرد اسانس به شدت کاهش یافت. همچنین نتایج بیانگر معنی‌دار بودن اثر سیستم‌های مختلف تغذیه بر عملکرد دانه، عملکرد اسانس و میزان فنکون در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف کمپوست مصرف شده قارچ در شرایط مطلوب آبیاری بیشترین عملکرد اسانس را به میزان ۳۸/۱ کیلوگرم در هکتار تولید کرد. این نتیجه با توجه به بیشتر بودن عملکرد دانه (۱۲۹۸/۸ کیلوگرم در هکتار) در همین تیمار مورد تأیید قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: رازیانه (*Foeniculum vulgare Mill.*)، سیستم‌های مختلف تغذیه، تنش کم‌آبی، درصد اسانس، عملکرد اسانس، آنتول.

مقدمه

تمدن امروزی می‌باشد (Ramesh & Okigbo, 2008).

رازیانه (*Foeniculum vulgare Mill.*) از قدیمیترین گیاهان ادویه ای است. مردم یونان و روم باستان خواص دارویی رازیانه را می‌دانستند و از آن برای درمان برخی از بیماریها

استفاده از گیاهان دارویی به منظور استخراج عصاره‌های آنها برای تولید دارو و جایگزین کردن آنها به جای داروهای شیمیایی برای حفظ سلامتی انسان‌ها از مهمترین نیازهای

عملکرد در گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis*) و نعناع (*Menta piperita* L.) (Delfine et al., 2005)، پونه مکزیکی (*Lippia berlandieri* Schauer.) (Dunford & Vasquez, 2005)، ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (Khalid, 2006)، مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) (Bettaieb et al., 2009) و جعفری (*Petroselinum crispum* Mill.) (Petropoulos et al., 2008) می‌شود.

محققان در تحقیقات خود نشان دادند که تنش‌های کم‌آبی باعث افزایش محتوی روغن در گلرنگ (*Bupleurum chinense*) (Hamrouni et al., 2001) (Zhu et al., 2008)؛ مریم‌گلی (Bettaieb et al., 2007) و (*Lupinus albus*) (Boschin et al., 2008) می‌شود. دیگر محققان در تحقیقات خود نشان دادند که تنش محیطی زنده و غیرزنده باعث افزایش سطوح متابولیت‌های ثانویه در گیاهان می‌شود (Sangwan et al., 2001). محققان در تحقیقات خود در مورد اثر تنش آبی بر برخی از ارقام گیاه *hawthorn* نشان دادند که تنش کم‌آبی باعث افزایش سطوح پلی‌فنول‌ها در رقم *Crataegus laevigata* و *C. monogyna* شدند (Kirakosyan et al., 2004).

مصرف کودهای آلی منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، افزایش فعالیت میکروبی، حاصل‌خیزی خاک، پایداری در تولیدات کشاورزی، حفظ محیط زیست، و سلامتی جامعه خواهد شد (Wu et al., 2005). بقایای بر جای مانده از محیط کشت قارچ در کارخانه‌های تولید قارچ‌های خوراکی را کمپوست مصرف شده قارچ می‌گویند که پس از استفاده از این کمپوست در تولید قارچ، ضایعات بر جای مانده از این کمپوست به علت دارا بودن N. P. K. و همچنین به علت داشتن

استفاده می‌کردند. رازیانه به‌طور وسیعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک که از مهمترین خصوصیات این مناطق داشتن خاک‌های با غلظت بالایی از نمک می‌باشد رشد می‌کند (Qasim et al., 2003؛ Ashraf & Akhtar, 2004) و به دلیل اهمیت اقتصادی و کاربرد مهم رازیانه در صنایع داروسازی جزء یکی از مهمترین گیاهان دارویی جهان محسوب می‌شود (Susplugas et al., 1991).

اسانس رازیانه از بیش از سی نوع ترکیب‌های ترپنی یا ترپنوئیدی تشکیل شده‌است. مهمترین این ترکیب‌ها عبارتند از آنتول، فنکون، لیمونن و متیل‌کاوایکول (Hornok, 1992). آنتول یکی از اجزای اصلی اسانس در دانه رازیانه می‌باشد که فعالیت ضدسرطانی از خود نشان می‌دهد (Anand et al., 2008).

به‌طور کلی مهمترین منبع تغییرپذیر در تولید ماده خشک و عملکرد گیاهان زراعی وجود آب می‌باشد؛ میزان کارایی مصرف آب به‌طور غیرمستقیم تحت تأثیر مصرف نیتروژن از طریق تأثیر بر رشد و توسعه کانوپی گیاه قرار می‌گیرد (Gregory et al., 2000). آب یکی از مهمترین عوامل محیطی است که تأثیر عمده‌ای بر رشد، نمو و مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد (Zhua et al., 2009). محققان در تحقیقات خود نشان دادند که تنش‌های محیطی باعث افزایش سطوح متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی می‌شود (Zobayed et al., 2004؛ Kirakosyan et al., 2004)؛ (Zobayed et al., 2007).

Laribia و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقات خود نشان دادند که تنش کم‌آبی به‌طور معنی‌داری باعث کاهش عملکرد دانه در زیره سیاه (*Carum carvi* L.) می‌شود. دیگر محققان در تحقیقات خود بر روی گیاهان دارویی نشان دادند که تنش کم‌آبی باعث کاهش شدید

تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس واقع در کیلومتر ۱۶ تهران- کرج، به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. عوامل مورد مطالعه شامل سه سطح آبیاری؛ آبیاری پس از مصرف ۴۰٪ رطوبت قابل استفاده خاک (آبیاری مطلوب)، آبیاری پس از مصرف ۶۰٪ رطوبت قابل استفاده خاک (تنش متوسط) و آبیاری پس از مصرف ۸۰٪ رطوبت قابل استفاده از خاک (تنش شدید) به‌عنوان عامل اصلی و تیمار تغذیه ای در ۴ سطح شامل: ۱۰ تن کود دامی، ۱۰ تن کمپوست مصرف شده قارچ، ۵ تن کمپوست مصرف شده قارچ همراه با ۵ تن کود دامی و ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی نیتروژنه به‌عنوان عوامل فرعی بودند. قبل از انجام آزمایش به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش نمونه‌ای مرکب از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری خاک مزرعه تهیه شد که نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۱ ارائه گردیده‌است.

قدرت بیشتر در جذب آب نسبت به دیگر مواد آلی و داشتن اسپور قارچ می‌توان از آنها برای افزایش حاصل‌خیزی خاک در کشاورزی استفاده کرد (Stewart et al., 1998).

با توجه به این‌که مطالعات انجام شده در مورد گیاهان دارویی گویای آنست که استفاده از کشاورزی پایدار به‌دلیل تطابق با شرایط طبیعی و اصالت کیفیت محصول بهترین شرایط را برای تولید این گیاهان فراهم می‌آورد و حداکثر ماده مؤثره در چنین شرایطی تولید می‌گردد. به همین دلیل رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت سیستم‌های کشاورزی پایدار و بکارگیری روشهای مدیریتی آنها می‌باشد.

مواد و روشها

به‌منظور بررسی تأثیر سیستم‌های مختلف تغذیه بر صفات کمی و کیفی گیاه دارویی رازیانه در شرایط تنش کم‌آبی، آزمایشی مزرعه‌ای در سال ۱۳۸۸ در مزرعه‌ی

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق (cm)	درصد شن	درصد لای	درصد رس	بافت	درصد مواد خشتی شونده
۰-۳۰	۶۲	۲۰	۱۸	لوم شنی	۵/۲
درصد حجمی رطوبت در F.C	درصد حجمی رطوبت در C.E.W	درصد رطوبت قابل دسترس A.W	وزن مخصوص ظاهری (g/cm ³)	واکنش گل اشباع	درصد مواد آلی
۲۳	۱۰	۱۳	۱/۴۹	۷/۵	۱/۴۶
درصد نیتروژن کل	فسفر قابل جذب (p.p.m)	پتاسیم قابل جذب (p.p.m)	آهن (mg/kg)	روی (mg/kg)	مس (mg/kg)
۰/۰۹	۱۲ >	۳۵۰ >	۷/۲	۱	۰/۷

رطوبت‌زدایی آب آن توسط سولفات سدیم خشک، محاسبه گردید (سفیدکن، ۱۳۸۰؛ Kapoor *et al.*, 2004). بعد از تعیین بازده اسانس، عملکرد آن نیز به کمک حاصل ضرب عملکرد دانه و بازده اسانس بدست آمد (سفیدکن، ۱۳۸۰؛ اکبری‌نیا، ۱۳۸۲؛ شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۸۱). برای تجزیه نمونه‌های اسانس و اندازه‌گیری دقیق ترکیب‌های موجود در آن از دستگاه کروماتوگراف گازی (GC) استفاده شد. طیف‌های بدست‌آمده با مقایسه طیف‌های جرمی ترکیب‌های استاندارد شناسایی شدند و بعد با استفاده از محاسبه شاخص‌های بازداري و با تزریق هیدروکربن‌های نرمال مورد تأیید قرار گرفتند. درصد نسبی هر یک از ترکیب‌ها هم با توجه به سطح زیر منحنی آن در طیف کروماتوگراف حاصل از GC با روش Area Normalization بدست آمد (سفیدکن، ۱۳۸۰). در نهایت داده‌های جمع‌آوری شده توسط نرم‌افزار SAS و MSTATc مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵٪ انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که تنش کم آبی بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده بجز میزان متیل‌کاوایکول معنی‌دار بود، در حالی‌که سیستم‌های مختلف تغذیه بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل سیستم تغذیه در تنش کم آبی بر عملکرد دانه، عملکرد اسانس و میزان فنکون در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۲).

پس از آماده‌سازی زمین، بذرها را رازیانه در ۱۸ فروردین ماه کشت گردید، برای انجام کاشت بر روی پشته‌ها شیارهایی به عمق ۲ سانتی‌متر به وسیله فوکا حفر گردید و ۳ بذر با فاصله مشخص بر حسب تراکم تعیین شده (۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار) قرار گرفت و روی آنها با خاک پوشانده شد (هر کرت آزمایشی دارای ۵ خط به طول ۴ متر بود). به منظور تعیین دقیق زمان آبیاری از دستگاه تعیین اندازه‌گیری رطوبت خاک (TDR, Trime-FM, German) که درصد حجمی رطوبت خاک را در عمق مورد نظر (۴۰ سانتی‌متر) تعیین می‌کند، استفاده شد. به منظور آبیاری یکنواخت واحدهای آزمایشی از یک شبکه لوله‌کشی پلی‌اتیلنی و برای اندازه‌گیری مقدار آب مصرفی از یک کنتور حجمی استفاده شد. واحدهای آزمایشی تا مرحله ی تشکیل ابتدایی اندام‌های زایشی به طور یکنواخت و پس از تخلیه ۴۰٪ رطوبت قابل استفاده خاک آبیاری شده و بعد از آن تیمارهای متفاوت آبیاری اعمال شدند. پس از رسیدگی فیزیولوژیک (اوایل مهرماه)، محصول کلیه کرت‌های آزمایشی از مساحت دو مترمربع با دست برداشت شد و پس از جدا کردن دانه‌ها از چتر، عملکرد دانه (با رطوبت ۱۴٪) محاسبه شد. در این تحقیق صفات مختلف رازیانه شامل درصد اسانس، عملکرد اسانس، میزان آنتول، فنکون، متیل‌کاوایکول و لیمونن در اسانس مورد بررسی قرار گرفت.

به منظور تعیین مقدار اسانس در دانه، از هر کرت آزمایشی یک نمونه ۵۰ گرمی تهیه کرده که بعد از آسیاب نمودن به مدت ۳ ساعت با استفاده از روش تقطیر با آب به وسیله دستگاه Clevenger، اسانس‌گیری بعمل آمد. بازده اسانس (درصد) نیز پس از

جدول ۲- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) برای صفات کمی و کیفی گیاه دارویی رازیانه

تحت تأثیر تنش کم آبی و سیستم‌های مختلف تغذیه

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	درصد اسانس	عملکرد اسانس	آنتول	فنکون	لیمونن	متیل کاویکول
تکرار	۲	۷۰۵/۹ ***	۰/۲۸۴ ***	۱/۰۷ ***	۳/۰۶ ns	۰/۱۴ ns	۲/۶۱ ns	۰/۴۷ *
تنش کم آبی	۲	۲۴۵۸۳/۷ ***	۰/۸۶۵ ***	۱۴/۴۷ ***	۱۱/۰۱ ***	۱/۷۳ *	۱۷/۹۳ ***	۰/۱۶۳ ns
خطای اول	۴	۷۷/۶	۰/۱۳۸	۰/۱۱	۰/۵۹۶	۰/۳۳	۱/۲۸	۰/۰۹۳
سیستم تغذیه	۳	۲۴۲۶/۹ ***	۰/۲۶۷ ***	۲/۸۷ ***	۵۰/۷ ***	۷/۷ ***	۵/۳۲ *	۰/۴۸ ***
تنش کم آبی × سیستم تغذیه	۶	۸۱۲/۱ ***	۰/۰۱۸ ns	۰/۵۱ ***	۲/۵ ns	۹/۶ ***	۲/۵۷ ns	۰/۱۰۹ ns
خطای دوم	۱۸	۲۴/۳	۰/۰۰۹	۰/۰۳۳	۱/۰۹	۰/۴۲	۱/۳	۰/۱۳۷

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

عملکرد دانه

با توجه به نتایج بدست آمده جدول مقایسه میانگین‌ها، مشاهده شد که در اثر تنش کم آبی عملکرد دانه بشدت کاهش می‌یابد، به طوری که عملکرد دانه در شرایط تنش متوسط و شدید نسبت به حالت مطلوب آبیاری ۵۱٪ و ۶۵٪ کاهش یافت (جدول ۳). مقایسه میانگین سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای نشان داد که کمترین و بیشترین عملکرد دانه به ترتیب از تیمار کود دامی و تیمار تغذیه با کمپوست قارچ بدست آمد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل سیستم‌های مختلف تغذیه با تنش رطوبتی نشان داد که در شرایط مطلوب آبیاری بیشترین عملکرد دانه در اثر تغذیه با کود شیمیایی نیتروژنه بدست آمد. بین این سیستم تغذیه‌ای با بقیه سیستم‌های تغذیه‌ای از نظر عملکرد دانه اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده شد، اما زمانی که تنش کم آبی اعمال شد مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سیستم‌های تغذیه با مواد آلی نسبت به سیستم تغذیه با کود شیمیایی عملکرد دانه بیشتر است؛ به طوری که حتی در شرایط تنش رطوبتی شدید عملکرد دانه در سیستم

تغذیه‌ای با کمپوست قارچ و تلفیق کمپوست قارچ با کود دامی بیشتر از تیمار کود شیمیایی در شرایط تنش متوسط بود (جدول ۴).

درصد اسانس

نتایج حاصل از این تحقیق نشان‌دهنده تأثیر مثبت تنش کم آبی بر میزان اسانس دانه می‌باشد، به طوری که مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌داری بین تنش متوسط (آبیاری پس از مصرف ۶۰٪ رطوبت قابل استفاده خاک) با آبیاری مطلوب (آبیاری پس از مصرف ۴۰٪ رطوبت قابل استفاده خاک) از نظر درصد اسانس در دانه بود. با این حال نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش کم آبی تا حدی می‌تواند باعث افزایش درصد اسانس در دانه شود، به طوری که بین تنش متوسط (آبیاری پس از مصرف ۶۰٪ رطوبت قابل استفاده خاک) و تنش شدید (آبیاری پس از مصرف ۸۰٪ رطوبت قابل استفاده خاک) از نظر درصد اسانس در دانه اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد، با این حال بیشترین و کمترین

نظر درصد اسانس اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴).

مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی با سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای نشان داد که در تنش متوسط (آبیاری پس از مصرف ۶۰٪ رطوبت قابل استفاده خاک) اگرچه بیشترین درصد اسانس در دانه در اثر کاربرد کمپوست مصرف شده قارچ بدست آمد، ولی در شرایط تنش متوسط بین کاربرد مواد آلی مختلف از نظر درصد اسانس در دانه اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین نتایج این آزمایش هر چند بیانگر عدم اختلاف آماری معنی‌داری بین کود دامی و تیمار تلفیق در شرایط تنش متوسط با کود شیمیایی بود؛ با این حال بین کمپوست مصرف شده قارچ با تیمار کود شیمیایی از نظر درصد اسانس دانه در شرایط تنش متوسط اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴).

همچنین مقایسه میانگین اثر متقابل عوامل مورد مطالعه در شرایط تنش شدید نشان داد که بیشترین و کمترین درصد اسانس در دانه نیز در اثر کاربرد مواد آلی و تیمار کود شیمیایی حاصل شد (جدول ۴).

عملکرد اسانس

نتایج حاصل از این تحقیق نشان دهنده اثر منفی تنش کم‌آبی بر عملکرد اسانس است و عملکرد اسانس در تیمار تنش کم‌آبی متوسط و تنش کم‌آبی شدید به ترتیب به میزان ۴۳/۶۱٪ و ۵۷/۸۸٪ نسبت به شرایط مطلوب آبیاری کاهش یافت. همچنین مقایسه میانگین‌ها داده‌ها بیانگر اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارهای مختلف تنش کم‌آبی از نظر عملکرد اسانس می‌باشد (جدول ۳).

درصد اسانس به ترتیب در تیمار تنش کم‌آبی شدید (آبیاری پس از مصرف ۸۰٪ رطوبت قابل استفاده خاک) و آبیاری مطلوب (آبیاری پس از مصرف ۴۰٪ رطوبت قابل استفاده خاک) حاصل گردید (جدول ۳).

گرچه مقایسه میانگین داده‌ها مبین اختلاف آماری معنی‌دار بین کمپوست مصرف شده قارچ با کود دامی از نظر درصد اسانس است، ولی بین تیمار کود دامی با تلفیق کود دامی با کمپوست مصرف شده قارچ و کمپوست مصرف شده قارچ با تلفیق کمپوست مصرف شده قارچ و کود دامی از نظر درصد اسانس اختلاف آماری معنی‌داری از نظر درصد اسانس دانه وجود نداشت (جدول ۳).

همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای کود آلی با تیمار شیمیایی از نظر درصد اسانس در دانه اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد، به طوری که بیشترین و کمترین درصد اسانس به ترتیب در اثر کاربرد کمپوست مصرف شده قارچ و تیمار کود شیمیایی حاصل گردید (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی با سیستم مختلف تغذیه نشان داد که در شرایط مطلوب آبیاری (آبیاری پس از مصرف ۴۰٪ رطوبت قابل استفاده خاک) بیشترین درصد اسانس دانه در تیمار کمپوست مصرف شده قارچ بدست آمد. اما بین تیمار کمپوست مصرف شده قارچ با کود دامی و تیمار کود شیمیایی از نظر درصد اسانس در شرایط مطلوب آبیاری اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت، هر چند که در این شرایط بین تیمار کود دامی با تیمار تلفیق (کود دامی + کمپوست مصرف شده قارچ) و تیمار کمپوست مصرف شده قارچ با تیمار تلفیق (کود دامی + کمپوست مصرف شده قارچ) از

+ کود دامی) و تیمار کود شیمیایی از نظر عملکرد اسانس اختلاف آماری معنی داری وجود دارد (جدول ۳). اگر چه نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد اسانس در اثر کاربرد کود دامی بیشتر از کود شیمیایی است، با این حال بین این دو تیمار از نظر عملکرد اسانس اختلاف آماری معنی داری وجود ندارد (جدول ۳).

مقایسه میانگین سیستم‌های مختلف تغذیه نشان داد که اگر چه بیشترین عملکرد اسانس در اثر کاربرد کمپوست مصرف شده قارچ بدست آمد، با این حال بین تیمار کمپوست مصرف شده قارچ با تیمار تلفیق (کمپوست مصرف شده قارچ + کود دامی) از نظر عملکرد اسانس اختلاف آماری معنی داری وجود ندارد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین تیمار تلفیق (کمپوست مصرف شده قارچ

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای و تنش کم‌آبی از نظر صفات مختلف در گیاه دارویی رازیانه به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪

تیمارها	عملکرد (گرم در مترمربع)	درصد اسانس	عملکرد اسانس (گرم در مترمربع)	آنتول (%)	فنکون (%)	لیمونن (%)	متیل کایکول (%)
تنش کم‌آبی							
آبیاری مطلوب	۱۱۸/۶ a	۲/۶۸ b	۳/۲۱ a	۷۰/۰۱ b	۹/۱۰ b	۱۲/۴۴ a	۳/۰۶ a
تنش متوسط	۵۸/۱ b	۳/۰۸ a	۱/۸۱ b	۷۱/۳۸ a	۹/۷۸ a	۱۱/۱۶ b	۳/۱۹ a
تنش شدید	۴۱/۹ c	۳/۱۲ a	۱/۳۲ c	۷۱/۶۱ a	۹/۸۰ a	۱۱/۱۹ b	۳/۲۷ a
مواد آلی							
کود دامی	۷۵/۷۵ c	۳/۰۱ b	۲/۲۱ b	۷۰/۸۷ b	۸/۸۶ b	۱۱/۷۴ ab	۲/۹۹ ab
کمپوست قارچ	۸۴/۸۴ a	۳/۱۴ a	۲/۶۲ a	۷۳/۳۱ a	۸/۳۹ b	۱۰/۷۶ bc	۳/۲۲ abc
کمپوست قارچ + کود دامی	۸۱/۳۷ ab	۳/۰۹ ab	۲/۴۸ a	۷۲/۶۱ a	۹/۱۲ b	۱۱/۱۸ b	۳/۳۵ ab
کود نیتروژن (شیمیایی)	۷۸/۱۹ bc	۲/۸۳ c	۲/۰۸ b	۶۷/۱۷ c	۱۰/۵۸ a	۱۲/۱۰ a	۳/۴۳ a

میانگین‌های دارای حرف یکسان در هر ستون برای هر عامل، اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ با هم ندارند (آزمون دانکن).

میزان آنتول در اسانس

با وقوع تنش کم‌آبی میزان آنتول در گیاه افزایش یافت، به طوری که مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین تیمار آبیاری مطلوب (آبیاری پس از مصرف ۴۰٪ رطوبت قابل استفاده خاک) و تیمار تنش کم‌آبی متوسط (آبیاری پس از مصرف ۶۰٪ رطوبت قابل استفاده خاک) از نظر میزان آنتول در اسانس اختلاف آماری معنی داری وجود دارد. همچنین مقایسه میانگین‌ها با وجود افزایش میزان آنتول

در اسانس در اثر تنش کم‌آبی بیانگر عدم معنی دار بودن تیمار تنش کم‌آبی متوسط با تنش شدید خشکی از نظر میزان آنتول در اسانس بود (جدول ۳). به طور کلی در اثر تنش کم‌آبی میزان آنتول در اسانس در تنش متوسط و شدید به ترتیب به میزان ۱/۹۶٪ و ۲/۲۹٪ نسبت به تیمار آبیاری مطلوب افزایش یافت (جدول ۳).

معنی‌دار بین تنش متوسط با تنش شدید خشکی از نظر میزان فنکون در اسانس بود (جدول ۳).

مقایسه میانگین سیستم‌های مختلف تغذیه نشان داد که کمترین و بیشترین میزان فنکون در اسانس به ترتیب در اثر کاربرد کمپوست مصرف شده قارچ و کود شیمیایی نیتروژنه بدست آمد. بین تمامی تیمارهای مواد آلی (کمپوست مصرف شده قارچ، کود دامی و تلفیق کمپوست مصرف شده قارچ با کود دامی) و کود شیمیایی نیتروژنه از نظر میزان فنکون در اسانس اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثر متقابل سیستم‌های مختلف تغذیه با تنش رطوبتی نشان داد که در تیمارهای مختلف آبیاری بیشترین میزان فنکون در اسانس مربوط به تیمار تغذیه با کود شیمیایی می‌باشد (جدول ۴).

میزان لیمون در اسانس

به‌طور کلی نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان لیمون در اسانس در اثر آبیاری مطلوب بدست آمد، به‌طوری که بین تیمار آبیاری مطلوب و دیگر تیمارهای تنش از نظر میزان لیمون در اسانس اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد، ولی بین تیمار تنش کم‌آبی متوسط و تیمار تنش خشکی شدید از نظر میزان لیمون در اسانس اختلاف آماری معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۳).

به‌طور کلی مقایسه میانگین سیستم‌های مختلف تغذیه ای نشان داد که بیشترین و کمترین میزان لیمون در اسانس به ترتیب در اثر کاربرد کود شیمیایی نیتروژنه و کمپوست مصرف شده قارچ بدست آمد. بین تیمار تلفیق (کمپوست مصرف شده قارچ + کود دامی) و کمپوست مصرف شده قارچ با تیمار کود شیمیایی از نظر میزان

مقایسه میانگین سیستم‌های مختلف تغذیه نشان داد که بیشترین میزان آنتول در اسانس در اثر تغذیه با کمپوست قارچ بدست آمد، با این حال بین تیمار کمپوست مصرف شده قارچ با تیمار تلفیق (کمپوست مصرف شده قارچ + کود دامی) از نظر میزان آنتول در اسانس اختلاف آماری معنی‌داری وجود ندارد. همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین تیمار کود دامی با تیمار کود شیمیایی و دیگر تیمارهای کود آلی از نظر میزان آنتول در اسانس اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد. میزان آنتول در اسانس در تیمار کمپوست مصرف شده قارچ، تلفیق مواد آلی و تیمار کود دامی به ترتیب به میزان ۹/۱۴، ۸/۰۹ و ۵/۵۱ درصد نسبت به تیمار کود شیمیایی افزایش داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل سیستم‌های مختلف تغذیه با تنش کم‌آبی نشان داد که در تمام تیمارهای آبیاری بین تمام سیستم‌های تغذیه‌ای با تیمار کود شیمیایی از نظر میزان آنتول در اسانس اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد. در شرایط مختلف آبیاری بیشترین میزان آنتول در اسانس در اثر کاربرد کمپوست مصرف شده قارچ و کمترین میزان آنتول در تیمار کود شیمیایی نیتروژنه بدست آمد (جدول ۴).

میزان فنکون در اسانس

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با اعمال تنش کم‌آبی میزان فنکون در اسانس افزایش می‌یابد. بین تیمار آبیاری مطلوب با تنش متوسط از نظر میزان فنکون در اسانس اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد. همچنین نتایج این آزمایش بیانگر آن بود که هر چه تنش کم‌آبی افزایش یابد به همان اندازه میزان فنکون در اسانس افزایش نمی‌یابد، به‌طوری که مقایسه میانگین‌ها مبین عدم اختلاف آماری

میزان رطوبت خاک، عملکرد دانه و عملکرد اسانس کاهش یافته است. تأثیر تنش آبی در کاهش رشد و عملکرد توسط Letchamo و همکاران (۱۹۹۴) در آویشن، Misra و Srivastava (۲۰۰۰) در نعناع، لباسچی و شریفی عاشورآبادی (۱۳۸۳) در اسفرزه، بومادران، مریم گلی، همیشه بهار و بابونه، اکبری نیا و همکاران (۱۳۸۴) در سیاه دانه نیز گزارش گردیده است. دیگر محققان در تحقیقات خود بر روی گیاهان دارویی نشان دادند که تنش کم آبی باعث کاهش شدید عملکرد در گیاه رزماری و نعناع (Delfine et al., 2005)، پونه مکزیک (Khalid, 2006)، ریحان (Dunford & Vasquez, 2005)، مریم گلی (Bettaieb et al., 2009) و جعفری (Petrooulos et al., 2008) می شود.

می توان افزایش در عملکرد دانه در تیمارهای تغذیه با مواد آلی را ناشی از بهبود ساختمان خاک دانه، هدایت هیدرولیکی، تراکم و افزایش مقاومت خاک در برابر فرسایش های بادی و آبی موجب افزایش نفوذپذیری خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک دانست که با نتایج تحقیقات سایر محققان مشابه می باشد (Aggelides & Londra, 2000; Albiach et al., 2001). همچنین افزایش در در سیستم تغذیه با کمپوست قارچ نسبت به تغذیه با کود دامی را می توان به قدرت بیشتر این ماده در جذب آب، داشتن اسپور قارچ و توانایی بیشتر در نگهداری عناصر غذایی دانست. زیرا دیگر محققان در تحقیقات خود نشان دادند که استفاده از این مواد به دلیل تغییر شرایط فیزیکی، شیمیایی و خصوصیات میکروبی و بیولوژیکی محیط کشت و همچنین تنظیم pH و افزایش معنی دار در ظرفیت نگهداری آب در محیط کشت می باشد (Stewart et al., 1998; Han, 2002).

لیمون در اسانس اختلاف آماری معنی داری وجود دارد (جدول ۳). هر چند بین تیمارهای مختلف مواد آلی از نظر میزان لیمون در اسانس اختلاف آماری معنی داری وجود ندارد، با این حال در بین تیمارهای مواد آلی بیشترین میزان لیمون در اسانس در اثر کاربرد کود دامی بدست آمد. بین تیمار کود دامی با کود شیمیایی از نظر میزان لیمون در اسانس اختلاف آماری معنی داری وجود ندارد (جدول ۳).

میزان متیل کایکول در اسانس

اگر چه با افزایش میزان تنش کم آبی میزان متیل کایکول در اسانس افزایش یافت، با این حال نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که بین رژیم آبیاری از نظر میزان متیل کایکول در اسانس اختلاف آماری معنی داری وجود ندارد (جدول ۳). به طور کلی مقایسه میانگین سیستم های مختلف تغذیه ای نشان داد که بیشترین و کمترین میزان متیل کایکول در اسانس به ترتیب در اثر کاربرد کود شیمیایی نیتروژنه و کود دامی بدست آمد. بین سیستم های مختلف تغذیه ای از نظر میزان متیل کایکول در اسانس اختلاف معنی داری وجود ندارد (جدول ۳). هر چند که بین سیستم های مختلف تغذیه ای و رژیم های مختلف آبیاری از نظر میزان متیل کایکول در اسانس اختلاف معنی داری وجود ندارد، با این حال بیشترین میزان متیل کایکول در اسانس (۳/۷۱٪) در شرایط تنش کم آبی شدید و کاربرد کود شیمیایی نیتروژنه و کمترین میزان متیل کایکول در اسانس (۲/۸۰٪) در شرایط مطلوب آبیاری و کاربرد کود دامی بدست آمد (جدول ۳).

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش آبی بر صفات کمی و کیفی گیاه رازیانه اثر داشته است، به طوری که با کاهش

تأثیر سیستم‌های مختلف تغذیه بر صفات ...

متقابل سیستم‌های مختلف تغذیه و تنش کم‌آبی بر صفات مختلف در گیاه دارویی رازیانه به روش دانکن در سطح احتمال ۰.۵٪

متیل‌کاویکول (%)	لیمون (%)	فنون (%)	آنتول (%)	عملکرد اسانس (گرم در مترمربع)	درصد اسانس	عملکرد (گرم در مترمربع)
۲/۸۰ b	۱۳/۸۱ a	۸/۹۳ de	۶۹/۸۳ d	۳/۳۵ b	۲/۷۳ e	۱۲۲/۹۷ b
۳/۱۷ ab	۱۱/۸۲ a-d	۷/۴۶ ef	۷۳/۰۵ a	۳/۸۱ a	۲/۹۳ d	۱۲۹/۸۸ b
۳/۱۷ ab	۱۰/۹۵ bcd	۸/۵۹ e	۷۲/۴۶ abc	۳/۶۹ a	۲/۹۳ d	۱۲۶/۷۰ b
۳/۱۹ ab	۱۳/۹۱ a	۸/۶۷ e	۶۴/۶۳ f	۳/۶۹ a	۲/۴۶ f	۱۵۰/۵۰ a
۳/۲۴ ab	۱۰/۳۷ bcd	۸/۵۸ e	۷۱/۵۹ abc	۱/۹۳ de	۳/۱۴ abc	۶۱/۲۷ d
۳/۰۵ ab	۱۰/۰۲ cd	۷/۲۱ f	۷۳/۵۲ a	۲/۳۷ c	۳/۲۳ a	۷۳/۰۴ c
۳/۴۳ ab	۱۰/۷۹ bcd	۱۰/۴۱ bc	۷۲/۶۸ ab	۲/۱۳ cd	۳/۱۶ abc	۶۷/۱۵ cd
۳/۳۸ ab	۹/۸۶ d	۱۳/۰۳ a	۶۸/۲۲ e	۱/۴۸ f	۳/۰۱ cd	۴۹/۳۴ ef
۲/۹۴ b	۱۱/۰۳ bcd	۸/۵۸ ef	۷۱/۶۷ abc	۱/۳۶ fg	۳/۱۷ abc	۴۳/۰۱ fg
۳/۴۵ ab	۱۰/۴۳ bcd	۱۰/۵۱ bc	۷۳/۳۴ a	۱/۶۸ ef	۳/۲۶ a	۵۱/۶۱ e
۳/۴۵ ab	۹/۸۱ d	۱۰/۳۸ bc	۷۲/۶۸ ab	۱/۶۱ ef	۳/۲۰ ab	۵۰/۲۵ ef
۳/۷۱ a	۱۲/۵۵ a	۱۱/۰۵ b	۶۸/۶۷ e	۱/۰۶ gh	۳/۰۴ cd	۳۴/۷۲ hg

سطح احتمال ۰.۵٪ با هم ندارند (آزمون دانکن).

دانه در درصد اسانس حاصل می‌شود پس می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد اسانس رابطه بیشتری با عملکرد دانه دارد تا درصد اسانس دانه. نتایج تحقیقات دیگر محققان نیز با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد. آنها در تحقیقات خود نشان دادند که تنش کم‌آبی با وجود افزایش درصد اسانس گیاه باعث کاهش عملکرد اسانس در گیاه می‌شود (Zhu et al., 2008؛ Sangwan et al., 2001؛ Bettaieb et al., 2009).

میزان آنتول بیشتر در اسانس رازیانه، مبین کیفیت مطلوب اسانس این گیاه دارویی است (Gross et al., 2002؛ Khan et al., 1992). به‌طور کلی نتایج این تحقیق بیانگر افزایش میزان آنتول در اسانس در اثر تنش کم‌آبی و همچنین افزایش میزان آنتول در اثر کاربرد مواد آلی می‌باشد. می‌توان افزایش میزان آنتول در اسانس را در اثر تنش کم‌آبی با توجه به افزایش سطوح متابولیت‌های ثانویه و نتایج تحقیقات دیگر محققان توصیف کرد. محققان در تحقیقات خود در مورد اثر تنش آبی بر برخی از ارقام گیاه *hawthorn* نشان دادند که تنش کم‌آبی باعث افزایش سطوح پلی‌فنول‌ها در رقم *Crataegus laevigata* و *C. monogyna* شدند (Kirakosyan et al., 2004). به‌نظر می‌رسد که کاربرد مواد آلی از طریق تأثیر بر جذب مناسب عناصر غذایی و بهره‌گیری مطلوب عوامل رشدی توسط رازیانه، موجب افزایش میزان آنتول در اسانس شود. دیگر محققان در تحقیقات خود نشان دادند که کاربرد مواد آلی از طریق فراهم بودن بهتر مواد غذایی و افزایش فعالیت‌های میکروبی خاک می‌تواند موجب افزایش میزان آنتول در اسانس گیاه دارویی رازیانه شود (Arancon et al., 2005). یافته‌های Anwar و همکاران (۲۰۰۵) نیز با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. آنها در

به‌طور کلی افزایش میزان اسانس در گیاه در اثر تنش کم‌آبی را می‌توان یکی از پاسخهای گیاه به شرایط تنش کم‌آبی دانست. نتایج تحقیقات دیگر محققان نیز مبین افزایش سطوح متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی در اثر تنش کم‌آبی می‌باشد (Sangwan et al., 2001).

همچنین یافته‌های دیگر محققان با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. آنها در تحقیقات خود افزایش سطوح متابولیت‌های ثانویه در اثر تنش کم‌آبی را نتیجه پاسخ گیاه به تنش عنوان کردند. محققان نشان دادند که تنش‌های محیطی باعث افزایش محتوی اسانس در گلرنگ (*Bupleurum chinense*)، در گیاه دارویی (Hamrouni et al., 2001)، در گیاه دارویی مریم‌گلی (Bettaieb et al., 2009) و در گیاه *Lupinus albus* (Boschin et al., 2008) می‌شود. در تفسیر نتیجه حاصل از بهبود میزان اسانس در اثر مصرف مواد آلی، می‌توان اظهار داشت که از آنجایی که اسانس‌ها ترکیب‌هایی ترپنوئیدی بوده که واحدهای سازنده آنها (ایزوپرنوئید) مانند ایزوپنتنیل‌پیروفسفات (IPP) و دی‌متیل‌آلیل‌پیروفسفات، (DMAPP) نیاز مبرم به NADPH و ATP دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد، از این رو استفاده از مواد آلی می‌تواند از طریق بهبود فسفر و تا حدودی دیگر عناصر غذایی مانند نیتروژن توسط ریشه رازیانه، موجب افزایش اسانس این گیاه دارویی شده باشد.

اگر چه با افزایش تنش کم‌آبی محتوی اسانس دانه افزایش یافت، ولی نتایج این تحقیق گویای کاهش عملکرد اسانس در اثر اعمال تنش کم‌آبی می‌باشد. با توجه به اینکه عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب عملکرد

تشکیل‌دهنده اسانس ایجاد می‌کند، سبب کاهش در بعضی از ترکیب‌های اسانس نیز می‌شود (اکبری‌نیا، ۱۳۸۲؛ Freitas et al., 2006؛ Anwar et al., 2005؛ Copetta et al., 2004) و گیاه دارویی رازیانه نیز از این حیث مستثنی نیست (شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۸۱؛ Kapoor et al., 2004).

نتایج این تحقیق به‌طور واضح کاهش میزان لیمونن و فنکون در اسانس را در اثر کاربرد مواد آلی نشان داد. تحقیقاتی هم که توسط Marotti و همکاران (۱۹۹۳) زمینه کاربرد کودهای شیمیایی بر روی ترکیب‌های موجود در اسانس رازیانه انجام گرفت، مشخص نمود که یک رابطه همبستگی منفی بین میزان سه ترکیب آنتول، فنکون و لیمونن در اسانس وجود دارد. از این رو، در مطالعه حاضر نیز با توجه به کاهشی که در میزان آنتول تیمار کود شیمیایی ملاحظه شد، انتظار افزایش میزان فنکون و لیمونن در اسانس آنها غیرقابل پیش‌بینی بود.

منابع مورد استفاده

- اکبری‌نیا، ا.، ۱۳۸۲. بررسی عملکرد و ماده مؤثره زنیان در سیستم‌های کشاورزی متداول، ارگانیک و تلفیقی. رساله دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.
- اکبری‌نیا، ا.، خسروی‌فرد، م.، شریفی عاشورآبادی، ا. و باباخانلو، پ.، ۱۳۸۴. تأثیر دور آبیاری بر عملکرد و خصوصیات زراعی گیاه دارویی سیاه‌دانه. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۱(۱): ۷۴-۶۵.
- سفیدکن، ف.، ۱۳۸۰. بررسی کمی و کیفی اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) در مراحل مختلف رشد. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر، ۱۰: ۱۰۴-۸۵.
- شریفی عاشورآبادی، ا.، امین، غ.ر.، میرزا، م. و رضوانی، م.، ۱۳۸۱. تأثیر سیستم‌های تغذیه گیاه (شیمیایی، تلفیقی و ارگانیک) بر

پژوهش خود نشان دادند که مصرف مواد آلی، برتری بارزی از نظر کیفیت اسانس در گیاه دارویی ریحان نسبت به تیمار کود شیمیایی داشت، به‌طوری که مقادیر لینالول و متیل‌کاوایکول موجود در اسانس به نحو محسوسی بیشتر بود.

به‌نظر می‌رسد که کاربرد مواد آلی از طریق بهبود میزان آنتول در اسانس رازیانه، سبب کاهش میزان فنکون و لیمونن نسبت به تیمار کود شیمیایی شده‌است. یافته‌های Anwar و همکاران (۲۰۰۵) نیز با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. آنها در پژوهش خود نشان دادند که مصرف مواد آلی، باعث کاهش معنی‌دار برخی از ترکیب‌های موجود در اسانس ریحان در مقایسه با تیمار شاهد (کود شیمیایی) شد. نتایج برخی تحقیقات نیز بیانگر آنست که مصرف کودهای زیستی و آلی موجب تقلیل میزان فنکون در اسانس رازیانه می‌شود (شریفی عاشورآبادی و همکاران، ۱۳۸۱؛ Kapoor et al., 2004). نتایج تحقیقات Marotti و همکاران (۱۹۹۳) حکایت از آن دارد که مصرف کودهای شیمیایی بر روی میزان فنکون موجود در اسانس رازیانه مؤثر می‌باشد و می‌تواند باعث افزایش میزان آن شود. همچنین درباره تأیید تقلیل میزان لیمونن در اسانس رازیانه در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست نیز Anwar و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهشی مشاهده کردند که کاربرد مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست بر روی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس تأثیر می‌گذارد، به‌طوری که مصرف ۵ تن ورمی‌کمپوست، موجب کاهش بارز برخی از اجزاء اسانس ریحان شد. در بسیاری از پژوهش‌های مرتبط با کشاورزی پایدار مشاهده می‌شود که مصرف کودهای زیستی و آلی در گیاهان دارویی اسانس‌دار ضمن افزایشی که در برخی از اجزاء

- Dunford, N.T. and Vasquez, 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: 20-22.
- Freitas, M.S.M., Martins, M.A. and Vieira, E.I.J.C., 2004. Yield and quality of essential oils of *Mentha arvensis* in response to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 39(9): 887-894.
- Gregory, P.J., Simmonds, L.P. and Pilbeam, C.J., 2000. Soil type, climatic regime, and the response of water use efficiency to crop management. *Agronomy Journal*, 92(5): 814-820.
- Gross, M., Friedman, J., Dudai, N., Larkov, O., Cohen, Y., Bar, E., Ravid, U., Putievsky, E. and Lewinsohn, E., 2002. Biosynthesis of estragole and t-anethole in bitter fennel (*Foeniculum vulgare* Mill. var. *vulgare*) chemotypes. Changes in SAM: phenylpropene O-methyltransferase activities during development. *Plant Science*, 163(5): 1047-1053.
- Hamrouni, I., Salah, H.B. and Marzouk, B., 2001. Effects of water-deficit on lipids of safflower aerial parts. *Phytochemistry*, 58(2): 277-280.
- Han, X.Y., 2002. The study on long-term fertilizer test in China and other countries. *Journal of Western Chongqing University*, 15(1): 14-17.
- Hornok, L., 1992. Cultivation and Processing of Medicinal Plants. Academic Publ. Budapest, 338p.
- 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, K.A., 2006. Influence of water stress on growth, essential oil, and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp.). *International Agrophysics*, 20(4), 289-296.
- Khan, M.M.A., Samiullah, S.H.A. and Afridi, M.M.R.K., 1992. Yield and quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in relation to basal and foliar application of nitrogen and phosphorus. *Journal of Plant Nutrition*, 15(11): 2505-2515.
- Kirakosyan, A., Kaufman, P., Warber, S., Zick, S., Aaronson, K., Bolling, S. and Chang, S.C., 2004. Applied environmental stresses to enhance the levels of polyphenolics in leaves of hawthorn plants. *Physiologia Plantarum*, 121(2): 182-186.
- Laribi, B., Kouki, K., Mougou, A. and Marzouk, B., 2010. Fatty acid and essential oil composition of three Tunisian caraway (*Carum carvi* L.) seed ecotypes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(3): 391-396.
- Letchamo, W., Marquard, R., Holzl, J. and Gosselin, A., 1994. Effects of water supply and light intensity
- کیفیت گیاه دارویی رازیانه. مجله پژوهش و سازندگی، ۱۵(۳-۴): ۵۶: ۷۸-۹۰.
- لباسچی، م.ح. و شریفی عاشورآبادی، ا.، ۱۳۸۳. شاخص‌های رشد برخی گونه‌های گیاهان دارویی در شرایط مختلف تنش خشکی. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۰(۳): ۲۶۱-۲۴۹.
- Aggelides, S.M. and Londra, P.A., 2000. Effect of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties. *Bioresource Technology*, 71(3): 253-259.
- Albiach, R., Canet, R., Pomares, F. and Ingelmo, F., 2001. Organic matter components and aggregate stability after the application of different amendments to a horticultural soil. *Bioresource Technology*, 76(2): 125-129.
- Anand, P., Kunnumakara, A.B., Sundaram, C., Harikumar, K.B., Tharakan, S.T., Lai, O.S., Sung, B. and Aggarwal, B.B., 2008. Cancer is a preventable disease that requires major lifestyle changes. *Pharmaceutical Research*, 25(9): 2097-2116.
- Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A. and Khanuja, S.P.S., 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36(13-14): 1737-1746.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Metzger, J.D. and Lucht, C., 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia*. 49(4): 297-306.
- Ashraf, M. and Akhtar, N., 2004. Influence of salt stress on growth, ion accumulation and seed oil content in sweet fennel. *Biologia Plantarum*, 48(3): 461-464.
- Bettaieb, I., Zakhama, N., Aidi Wannes, W., Kchouk, M.E. and Marzouk, B., 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. *Scientia Horticulturae*, 120(2): 271-275.
- Boschini, G., D'Agostina, A., Annicchiarico, P. and Arnoldi, A., 2008. Effect of genotype and environment on fatty acid composition of *Lupinus albus* L. seed. *Food Chemistry*, 108(2): 600-606.
- Copetta, A., Lingua, G. and Berta, G., 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. *Genovese*. *Mycorrhiza*, 16(7): 485-494.
- Delfine, S., Loreto, F., Pinelli, P., Tognetti, R. and Alvino, A., 2005. Isoprenoids content and photosynthetic limitations in rosemary and spearmint plants under water stress. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106(2-3): 243-252.

- Foeniculum vulgare*. *Plantes Medicinales et Phytotherapie*, 25(4): 163-169.
- Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C. and Wong, M.H., 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P. and K. solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*, 125: 155-166.
 - Zhu, Z.B., Liang, Z.S., Han, R.L. and Dong, J.E., 2008. Growth and saikosaponin production of the medicinal herb *Bupleurum chinense* DC. under different levels of nitrogen and phosphorus. *Industrial Crops and Products*, 29(1): 96-101.
 - Zhu, Z.B., Liang, Z.S., Wei, X.R. and Mao, J.C., 2007. Study on nitrogen, phosphorus and organic manure fertilization recommendation of *Bupleurum chinense* DC. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 13(1): 167-170.
 - Zhua, Z., Lianga, Z., Hana, R. and Wang, X., 2009. Impact of fertilization on drought response in the medicinal herb *Bupleurum chinense* DC.: Growth and saikosaponin production. *Industrial Crops and Products*, 29(2-3): 629-633.
 - Zobayed, S.M.A., Afreen, F. and Kozai, T., 2005. Temperature stress can alter the photosynthetic efficiency and secondary metabolite concentrations in St. John's wort. *Plant physiology and biochemistry*, 43(10-11): 977-984.
 - Zobayed, S.M.A., Afreen, F. and Kozai, T., 2007. Phytochemical and physiological changes in the leaves of St. John's wort plants under a water stress condition. *Environmental and Experimental Botany*, 59(2): 109-116.
 - on growth and essential oil of two *Thymus vulgaris* selections. *Angewandte Botanik*, 68: 83-88.
 - Marotti, M., Dellacecca, V., Piccaglia, R. and Glovanelli, E., 1993. Agronomic and chemical evaluation of three varieties of *Foeniculum vulgare* Mill. *Acta Horticulture*, 331: 63-69.
 - Misra, A. and Srivastava, N.K., 2000. Influence of water stress on Japanese mint. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*, 7: 51-58.
 - 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*, 15(4): 393-397.
 - Qasim, M., Ashraf, M., Ashraf, M.Y., Rehman, S.U. and Rha, E.S., 2003. Salt-induced changes in two canola cultivars differing in salt tolerance. *Biologia Plantarum*, 46(4): 629-632.
 - Ramesh. P. and Okigbo, R.N., 2008. Effects of plants and medicinal plant combinations as anti-infectives. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2(7): 130-135.
 - Sangwan, N.S., Farooqi, A.H.A., Shabih, F. and Sangwan, R.S., 2001. Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34: 3-21.
 - Stewart, D.P.C., Cameron, K.C. and Cornforth, I.S., 1998. Inorganic-N release from spent mushroom compost under laboratory and field condition. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(13): 1689-1699.
 - Susplugas, P., Mongold, J.J., Carnat, A.P., Camillieri, S., Masse, J.P., Taillade, C. and Serrano, J.J., 1991. Diuretic properties of a lyophilized extract of root of

Effects of different nutrition systems (organic and chemical) on quantitative and qualitative characteristics of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under water deficit stress

E. Jamshidi¹, A. Ghalavand^{2*}, F. Sefidkon³ and E.M. Goltaph⁴

1- PhD Student, Faculty of Agriculture, Tarbiat modares University, Tehran, Iran

2*- Corresponding author, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

E-mail: amir19521331@yahoo.com

3- Research Institute of Forests and Rangeland, Tehran, Iran

4- Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: October 2010

Revised: December 2011

Accepted: February 2011

Abstract

In order to study the effects of different nutrition systems (Organic and Chemical) on quantitative and qualitative characteristics of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under water deficit stress, an experiment was conducted as split plot in a randomized complete block design with three replications at the field station of Tarbiat Modares University in Peykan Shahr during cropping season of 2009. In this study, the main plots were three irrigation regime levels (Soil water content of 40% as the control treatment (C1), 60% (C2) and 80% (C3)) and sub-plots were different nutrition systems (10 ton/ha cattle manure, 10 ton/ha spent mushroom compost, 5 ton/ha cattle manure + 5 tan/ha spent mushroom compost and chemical fertilizer). Although the result showed that water deficit stress caused an increase in essential oil percentage, grain yield and essential oil yield decreased extremely under water deficit stress. The results showed that different nutrition systems significantly affected grain yield, essential oil yield and fenchone ($p \leq 0.01$). Mean comparisons showed that using mushroom compost in favorable irrigation condition resulted in maximum essential oil yield (31.8 Kg.ha⁻¹). This result was confirmed as the higher grain yield (1289.8 Kg.ha⁻¹) obtained in the same treatment.

Key words: Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.), different nutrition systems, water deficit stress, essential oil percentage, essential oil yield, anethole.