

اثرات تنش خشکی و کود دامی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عملکرد *Thymus daenensis* Celak و *Thymus vulgaris* L.

مهديه عسکری^{۱*}، محمدعلی بهدانی^۲، سهیل پارسا^۳، مجید جامی الاحمدی^۴ و سهراب محمودی^۴

۱- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

پست الکترونیک: Mahdiye.askary@yahoo.com

۲- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۴- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۶

تاریخ اصلاح نهایی: شهریور ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۶

چکیده

به منظور ارزیابی اثرات تنش خشکی و کود دامی بر برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی دو گونه گیاه دارویی *Thymus vulgaris* L. و *Thymus daenensis* Celak آویشن دناپی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در دو سال زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح رطوبتی (۱۰۰، ۶۷ و ۳۳ درصد ظرفیت زراعی)، گونه‌های آویشن (دناپی و باغی) و کود دامی (صفر و ۳۰ تن در هکتار) بودند. تنش خشکی در هر دو سال زراعی موجب کاهش صفات هدایت روزنه‌ای، محتوی نسبی آب، میزان کلروفیل a و b و عملکرد کمی و کیفی گردید، ضمن آنکه میزان کاروتنوئید تحت تأثیر تنش افزایش یافت. هر چند در شرایط تنش خشکی عملکرد کمی و کیفی در گونه‌های آویشن کاهش پیدا کرد اما کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی شد. همچنین در بین دو گونه مورد آزمایش، گونه آویشن دناپی محتوی نسبی آب و عملکرد کمی و کیفی (اسانس) بیشتری را در هر دو سال زراعی نسبت به گونه آویشن باغی داشت. با توجه به این نتایج می‌توان بیان کرد که گونه آویشن دناپی می‌تواند رشد موفقیت‌آمیزی در مناطق اقلیمی خشک و نیمه‌خشک داشته باشد و برای کاشت در این مناطق توصیه می‌گردد. همچنین نتایج این آزمایش نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین دو سال زراعی بود و در سال دوم میزان عملکرد کمی و کیفی در هر دو گونه مورد مطالعه افزایش پیدا کرد.

واژه‌های کلیدی: آویشن (*Thymus*)، اسانس، کود دامی، هدایت روزنه‌ای.

مقدمه

دارویی است و اهمیت دارویی آنها به دلیل اسانس موجود در آنها می‌باشد (Sharafzadeh & Zare, 2011). آویشن گیاهی معطر و دارویی از خانواده نعنائیان است که دارای

خانواده نعنائیان (Lamiaceae) از متنوع‌ترین و گسترده‌ترین خانواده گیاهی در بخش مطالعات گیاهان

شدن روزنه‌ها می‌گردد (Sharafzadeh & Zare, 2011). یکی از صدمات مهم دیگری که در شرایط تنش خشکی ایجاد می‌شود تخریب مولکول کلروفیل و به دنبال آن کاهش عملکرد کمی و کیفی است، همچنین به دنبال این تخریب، گیاه رنگی دیده می‌شود که دلیل آن افزایش رنگیزه‌های محافظ مانند کاروتنوئید و آنتوسیانین می‌باشد (Zhang *et al.*, 2010). همچنین محتوی کلروفیل برگ‌ها یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌باشد و از آنجایی که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار مقدار کلروفیل می‌گردد، بنابراین از این طریق در کاهش عملکرد گیاه تأثیرگذار است (Ahmadi & Ceioceмарdeh, 2004).

همچنین یکی دیگر از اثرات منفی تنش خشکی بر هم زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاهان می‌باشد و از این طریق باعث اختلال در رشد گیاهان می‌گردد که با تأمین عناصر مورد نیاز از طریق خاک می‌توان وضعیت رشد را در این شرایط تا حدی بهبود بخشید (Grattan & Grieve, 1999). به طور کلی استفاده از کودهای دامی اهمیت زیادی در حفظ ساختمان، فعالیت بیولوژیک، ظرفیت تبادل و نگهداری آب و در نهایت اصلاح ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک دارد و همچنین عناصر ضروری موجود در کودهای دامی در سطوح کافی برای تکمیل چرخه رشد گیاهان مورد نیاز بوده و تأثیر مهمی بر بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی دارد (Warman & Termeer, 2005). کود دامی باعث افزایش خلل و فرج خاک و موجب رشد و گسترش بیشتر ریشه گیاهان در خاک شده و جذب آب و عناصر غذایی در گیاه را بهبود می‌بخشد و بر اثر تغذیه مناسب گیاه، رشد و فتوسنتز آن افزایش می‌یابد، در نتیجه عملکرد کمی و کیفی گیاهان را بالا می‌برد (Blaise *et al.*, 2005). در آزمایش بررسی اثر تنش خشکی و کود دامی گزارش شد که مصرف کود دامی اثرات تنش خشکی را بهبود بخشیده و منجر به افزایش عملکرد ماده خشک و عملکرد اسانس گیاه مریم‌گلی نسبت به شرایط تنش خشکی بدون استفاده از کود دامی شده، که می‌تواند به دلیل اثرات مثبت کود دامی در

اثرات ضد میکروبی، ضد قارچی و آنتی‌اکسیدان قوی می‌باشد که در نقاط مختلف جهان به‌عنوان دمنوش، طعم‌دهنده غذایی (ادویه و چاشنی) و داروی گیاهی استفاده فراوانی دارد و به دلیل دارا بودن بازده بالای اسانس و ترکیب‌های فنلی ارزشمند مخصوصاً تیمول و کارواکرول بسیار مورد توجه می‌باشد (Safaei-Ghomi *et al.*, 2009). آویشن باغی با نام علمی (*Thymus vulgaris* L.) و آویشن دناپی با نام علمی (*Thymus daenensis* Celak) دو گونه دارویی این خانواده می‌باشند که در ایران مصارف دارویی فراوانی دارند (Ghasemi Pirbalouti *et al.*, 2013).

میزان و کیفیت ترکیب‌های دارویی و ضروری موجود در گیاهان دارویی که تعیین کننده عملکرد کمی و کیفی این گیاهان می‌باشد، تحت تأثیر توسط عوامل محیطی مانند دما، شدت نور و در دسترس بودن آب قرار می‌گیرد (Kleinawachter *et al.*, 2014). در بین عوامل کاهنده عملکرد کمی و کیفی، تنش خشکی به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان و تولید محصولات گیاهی در بیشتر زمین‌های کشاورزی دنیا است (Jaleel *et al.*, 2008).

گزارش شده که اولین پاسخ همه گیاهان به کمبود آب، بستن روزنه‌ها به منظور کاهش هدررفت آب از طریق تعرق می‌باشد (Mahajan & Tuteja, 2005). به طور کلی روزنه‌ها از جمله عوامل مهم در از دست دادن آب گیاه می‌باشند، به طوری که در شرایط تنش خشکی گیاهان با بستن روزنه‌ها اتلاف آب را کاهش می‌دهند (Koocheki *et al.*, 2008). Fateh و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی بر روی جو گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی هدایت روزنه‌ای کاهش پیدا می‌کند. به طور کلی بسته شدن روزنه‌ها به‌عنوان یک پاسخ سازشی می‌باشد و گیاه از این طریق موجب حفظ و نگهداری آب در شرایط کم‌آبی و حفظ جزئی محتوی نسبی آب می‌گردد (Fischer *et al.*, 1998). محتوی نسبی آب برگ بیشتر باعث افزایش میزان فتوسنتز و در نتیجه، افزایش عملکرد کمی و کیفی در شرایط تنش می‌شود و از این طریق تا حدودی باعث جبران کاهش فتوسنتز تحت تأثیر بسته

آویشن در مرحله گلدهی کامل انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه، ۵۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل: سطوح رطوبتی در سه سطح (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی به‌عنوان شاهد، ۶۷٪ و ۳۳٪ ظرفیت زراعی)، کود دامی در دو سطح (صفر و ۳۰ تن در هکتار کود دامی) و دو گونه آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) و آویشن دناپی (*Thymus daenensis*) بودند که به‌صورت تصادفی در داخل کرت‌ها قرار گرفتند. هر بلوک شامل ۱۲ کرت و هر کرت شامل ۴ خط کاشت به طول ۴ متر و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله نشاءها روی خط کاشت ۴۰ سانتی‌متر بود. قبل از تهیه بستر کاشت، نمونه‌برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی انجام شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل شده و میزان شاخص‌های مورد نیاز اندازه‌گیری شدند (جدول ۱).

بهبود خواص فیزیکی خاک و بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه باشد (Govahi, 2015). همچنین کود دامی در خاک ضمن تأمین رطوبت، امکان آماده‌سازی بستر زمین را برای رشد بهتر ریشه فراهم کرده و به‌دلیل تأمین عناصر غذایی ازجمله نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی گیاه و در نهایت باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی می‌گردد (Ahmadi & Ceioceмарdeh, 2004). در همین رابطه نیز گزارش شده که عناصر ضروری موجود در کودهای دامی در سطوح کافی برای تکمیل چرخه رشد گیاهان مورد نیاز بوده و باعث بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان می‌گردد (Warman & Termeer, 2005). همچنین کودهای دامی با افزایش مواد آلی خاک موجب افزایش درصد خلل و فرج خاک و در نهایت رشد و گسترش بیشتر ریشه گیاهان در خاک شده که جذب آب در گیاه را بهبود می‌بخشند و باعث کاهش اثرات تنش خشکی می‌شوند (Blaise et al., 2005).

از آنجایی که گیاهان طی دوره رشد با تنش‌های متعدد محیطی ازجمله تنش خشکی مواجه می‌شوند مطالعه آثار تنش خشکی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه در انتخاب ارقام مقاوم به خشکی و همچنین ذخیره و مصرف کارآمد آب، مؤثر خواهد بود. به همین دلیل این مطالعه با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کود دامی بر خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی دو گونه

جدول ۱- تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک

SP	FC	درصد ماده آلی	Ec (dS/m)	pH	ازت قابل دسترس (%)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	چگالی ظاهری	چگالی بافت	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	عمق (cm)
۳۲	۱۷	۰/۲۹	۵/۲	۸/۱۶	۰/۰۳	۲۵۰	۱۲	۱/۵	لوم	۵۰	۳۸	۱۲	۰-۳۰

انجام شد. یک هفته بعد از کاشت عملیات واکاری برای نشاءهایی که خشک شده بودند، انجام گردید. مبارزه با علف‌های هرز در طول فصل رشد در چندین مرحله به‌صورت وجین دستی انجام شد. پس از استقرار گیاه اعمال تدریجی

عملیات کاشت با استفاده از نشاءهایی به طول ۱۰ تا ۱۲ سانتی‌متر که از مؤسسه پاکان بذرافشان تهیه شده بود در خردادماه ۱۳۹۴ انجام شد. بلافاصله پس از کاشت هر کرت، عملیات آبیاری انجام و آبیاری دوم به فاصله سه روز بعد

اندازه‌گیری شد (SW). پس از آن نمونه در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شده و توزین شد (DW). محتوای نسبی آب برگ از رابطه زیر محاسبه گردید (Gunes et al., 2008).

$$RWC = \frac{(FW - DW)}{(SW - DW)} \times 100$$

رنگیزه‌های فتوسنتزی

۰/۱ گرم برگ به دقت توزین و در هاون چینی با استفاده از نیتروژن مایع خرد گردید. سپس با افزودن ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. عصاره جدا شده حاصل از سانتریفیوژ در داخل لوله آزمایش ریخته شد. پس از آن جذب محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۷ و ۶۶۳ نانومتر اندازه‌گیری شد. از استون ۸۰٪ نیز به‌عنوان محلول شاهد برای تنظیم صفر جذب نوری اسپکتروفتومتر استفاده شد. اندازه‌گیری کلروفیل a و b و کاروتنوئید در مرحله گلدهی کامل انجام شد. واحد اندازه‌گیری میلی‌گرم در میلی‌لیتر عصاره گیاهی بود (Lichtenthder, 1987).

$$Cha = 11.75 A663 - 2.79 A647$$

$$Chb = 21.5A647 - 5.7 A663$$

$$C(X + C) = \frac{(1000 A470 - 1.82Ca - 85.02 Cb)}{198}$$

برداشت گردید و پس از خشک کردن نمونه‌ها در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، وزن خشک کل هر نمونه اندازه‌گیری شد.

میزان اسانس (عملکرد کیفی)

مقدار اسانس با روش تقطیر با آب و با دستگاه کلونجر تعیین گردید. به این منظور از سرشاخه‌های گلدار تازه

تنش خشکی آغاز گردید. برای اعمال تنش، ابتدا سیستم آبیاری قطره‌ای در مزرعه احداث شد. آنگاه برای هر بوته در هر کرت قطره‌چکانی در نظر گرفته شد. آب ورودی به کرت‌ها به‌وسیله شیرهای تعبیه شده، کنترل گردید و حجم آب آبیاری برای هریک از تیمارها نیز توسط کنتور حجمی تعبیه شده کنترل شد. زمان انجام آبیاری با نمونه‌گیری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک به‌وسیله اگر (Oger) و تعیین رطوبت وزنی خاک با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A انجام گردید.

روش‌های نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات مورد بررسی هدایت روزنه‌ای

هدایت روزنه‌ای به روش Moradi و Abdelbagi (۲۰۰۷) و با دستگاه پرومتر انجام شد.

محتوی نسبی آب

از هر بوته ۰/۱ گرم از برگ با استفاده از ترازوی دیجیتال توزین شد (FW). سپس هر نمونه در داخل پتری‌دیش‌ها قرار داده شده و به‌مقدار ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آنها اضافه و به‌مدت ۲۴ ساعت در محل تاریک قرار داده شدند تا کاملاً اشباع شوند. سپس نمونه‌ها را از آب مقطر خارج و خشک کرده و وزن اشباع آنها

در رابطه‌های فوق Cha کلروفیل a ، Chb کلروفیل b ، C $(X+C)$ میزان کاروتنوئیدها و A میزان جذب در طول موج‌های مختلف است.

وزن خشک کل (عملکرد کمی)

در مرحله نمونه‌برداری (مرحله گلدهی کامل)، با رعایت حذف اثرات حاشیه‌ای تعداد ۳ بوته از خطوط کاشت

هر دو گونه مورد مطالعه بیشترین هدایت روزنه‌ای مربوط به تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی بود، به طوری که بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای از گونه باغی در تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی بدست آمد که با تیمارهای ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی گونه دناپی با کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی و تیمار ۶۷٪ ظرفیت زراعی گونه باغی و کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی تفاوت معنی‌داری از نظر آماری نداشت و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای از گونه دناپی در تیمار ۳۳٪ ظرفیت زراعی و عدم کاربرد کود دامی بدست آمد که با تیمار ۶۷٪ ظرفیت زراعی، گونه دناپی و عدم کاربرد کود دامی و تیمار ۶۷٪ و ۳۳٪ ظرفیت زراعی، گونه آویشن باغی و عدم کاربرد کود دامی تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (شکل ۱- الف).

در این آزمایش بین دو گونه از نظر هدایت روزنه‌ای تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به طوری که گونه باغی میزان هدایت روزنه‌ای بیشتری را نسبت به گونه دناپی دارا بود. اگرچه بسته شدن روزنه‌ها می‌تواند موجب کاهش تبادل گاز فتوسنتزی و کاهش ورود CO_2 به داخل برگ و بعد کاهش فتوسنتز گردد، اما بسته بودن روزنه به‌عنوان یک پاسخ سازشی موجب حفظ و نگهداری آب در شرایط کم‌آبی می‌شود. بنابراین می‌توان بیان کرد که گونه دناپی با بسته‌تر نگه داشتن روزنه باعث کاهش تعرق و هدررفت آب از گیاه شده، در نتیجه این گونه میزان آب بیشتری را در برگ‌ها و بافت‌های خود نگه داشته است.

اثر اصلی سال نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین سال‌های زراعی بود و در سال دوم زراعی میزان هدایت روزنه‌ای بیشتر از سال اول زراعی بود و افزایش هدایت روزنه‌ای در سال دوم نسبت به سال اول زراعی ۲۵/۴۵٪ بود (شکل ۱- ب). در سال دوم زراعی به دلیل اینکه اثرات تنش رطوبتی به دلایل بهبود وضعیت خاک، بهبود وضعیت سیستم ریشه‌ای گیاه و بالاتر رفتن مقاومت گیاه کاهش پیدا کرده، بنابراین میزان باز شدن روزنه‌ها و هدایت روزنه‌ای در سال دوم آزمایش بیشتر از سال اول می‌باشد.

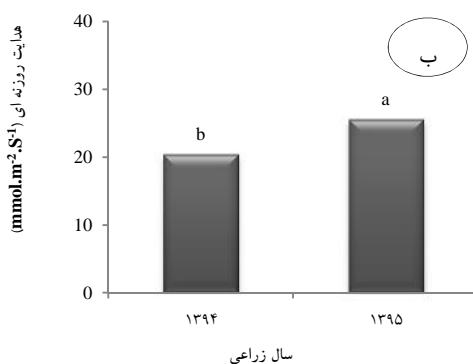
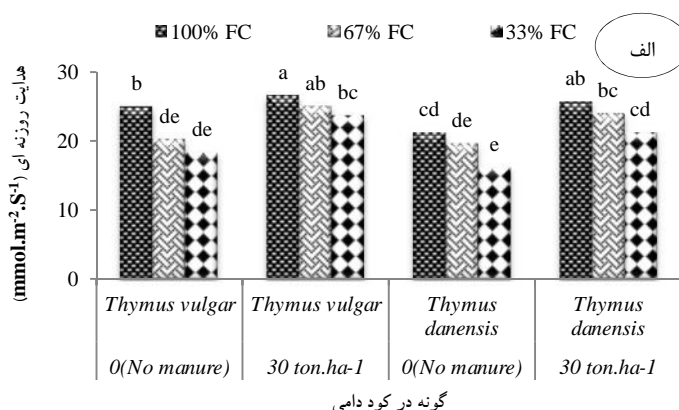
استفاده شد. زمان اسانس‌گیری برای تمامی نمونه‌ها یکسان و به مدت ۲ ساعت بود. بعد از اسانس‌گیری عملیات آب‌گیری از اسانس با استفاده از نمک سولفات سدیم انجام شد و در پایان ضمن تعیین وزن اسانس خالص مقدار آن بر حسب وزن اسانس به وزن تر نمونه گیاهی (w/w) محاسبه شد (Safaei-Ghomi et al., 2009).

در پایان صفات اندازه‌گیری شده مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و تجزیه مرکب سال‌های آزمایش انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم شکل‌ها از نرم‌افزارهای SAS (V9.1) و Excel استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج

هدایت روزنه‌ای

نتایج تجزیه واریانس دو سال زراعی نشان‌دهنده اثر معنی‌دار سال، تنش رطوبتی، گونه و کود دامی در سطح احتمال ۱٪ بر روی هدایت روزنه‌ای بود و در بین اثرات متقابل دوگانه، سه‌گانه و چهارگانه فقط اثر متقابل سه‌گانه تنش رطوبتی در گونه در کود دامی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش رطوبتی در گونه در کود دامی نشان داد که با کاهش سطوح رطوبتی خاک در هر دو گونه مورد آزمایش هدایت روزنه‌ای کاهش پیدا کرد، اما کود دامی بکار برده شده اثرات بهبودی داشته و باعث کاهش اثرات تنش رطوبتی شده و در هر دو گونه مورد آزمایش با کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی میزان هدایت روزنه‌ای افزایش پیدا کرد (شکل ۱- الف). به‌طور کلی با رسیدن رطوبت خاک از سطح ۱۰۰٪ به ۳۳٪ ظرفیت زراعی، کاهش میزان هدایت روزنه‌ای در گونه باغی در شرایط عدم کاربرد و کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی به ترتیب برابر ۳۶/۵۹٪ و ۱۲/۲۳٪ و در گونه دناپی در شرایط عدم کاربرد و کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی به ترتیب برابر ۳۱/۱۳٪ و ۲۰/۹۸٪ بود (شکل ۱- الف). در

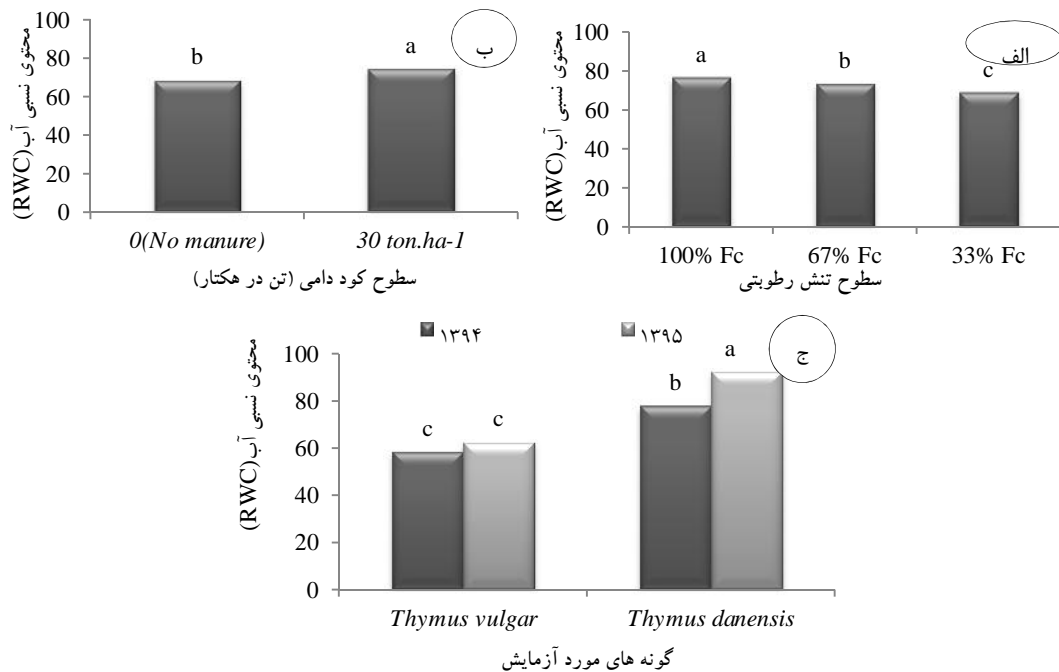


شکل ۱- اثر متقابل تنش رطوبتی در گونه در کود دامی (الف) و اثر اصلی سال (ب) بر روی هدایت روزانه‌ای (ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند).

محتوی نسبی آب

(شکل ۲- ب). همچنین نتایج تجزیه مرکب سال در گونه نشان داد که بین دو سال زراعی و دو گونه مورد آزمایش تفاوت معنی‌داری وجود دارد و بیشترین محتوی نسبی آب از گونه آویشن دناپی در سال دوم زراعی بدست آمد و افزایش محتوی نسبی آب در سال دوم زراعی نسبت به سال اول زراعی در گونه دناپی ۱۷/۶٪ و در گونه باغی ۶/۹۷٪ بود (شکل ۲- ج). گونه دناپی رشد و گسترش جانبی بیشتری را در هر دو سال داشت و می‌توان بیان کرد که این گونه با توجه به استقرار سریع‌تر در سال اول و رشد زودتر در سال دوم، سیستم ریشه‌ای توسعه یافته‌تری را داشته و همین دلیل باعث جذب آب بیشتر و محتوی نسبی بیشتر آب در این گونه شده است.

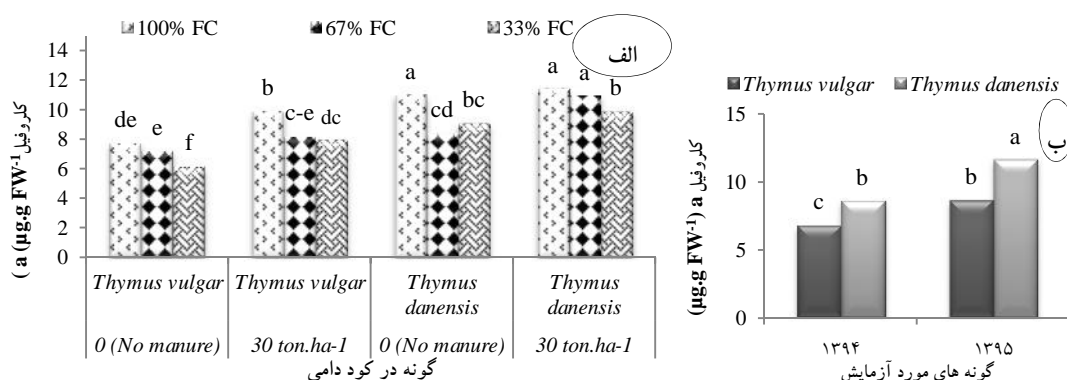
نتایج تجزیه مرکب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثرات اصلی سال، تنش رطوبتی، گونه و کود دامی و معنی‌دار بودن اثر متقابل سال در گونه بر روی محتوی نسبی آب می‌باشد و بقیه اثرات متقابل دوگانه، سه‌گانه و چهارگانه معنی‌دار نشد (جدول ۲). تنش رطوبتی باعث کاهش محتوی نسبی آب گردید، به طوری که محتوی نسبی آب در تیمار ۳۳٪ ظرفیت زراعی نسبت به شاهد (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی) ۹/۹٪ کاهش یافت (شکل ۲- الف). همچنین بین سطوح کود دامی اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت و با کاربرد کود دامی محتوی نسبی آب نسبت به عدم کاربرد کود دامی افزایش پیدا کرد



شکل ۲- اثرات اصلی تنش رطوبتی (الف) و کود دامی (ب) و اثر متقابل سال در گونه (ج) بر روی محتوی نسبی آب (بر حسب درصد) ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل a نتایج مقایسه میانگین نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثرات اصلی سال، تنش رطوبتی، گونه و کود دامی و اثرات متقابل تنش رطوبتی در گونه در کود دامی و اثر سال در گونه در سطح احتمال ۱٪ بر روی میزان کلروفیل a می‌باشد (جدول ۲). مقایسه میانگین متقابل تنش رطوبتی در گونه در کود دامی نشان داد که بین سطوح تنش رطوبتی، گونه‌های مورد آزمایش و سطوح کود دامی تفاوت معنی‌داری وجود دارد و با کاهش رطوبت خاک از ۱۰۰٪ به ۳۳٪ ظرفیت زراعی میزان کلروفیل a در هر دو گونه مورد آزمایش کاهش پیدا کرد، اما در مقابل کود دامی بکار برده شده اثر بهبودی داشته و باعث کاهش اثرات تنش رطوبتی در هر دو گونه مورد آزمایش گردید. کاهش کلروفیل a برای گونه دناپی در شرایط عدم کاربرد و کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی به ترتیب ۲۱/۴٪ و ۱۵/۷۸٪ و برای گونه باغی در شرایط عدم کاربرد و کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی به ترتیب ۲۶/۳۹٪ و ۲۴/۸٪ بود (شکل ۳- الف). بیشترین میزان کلروفیل a از گونه آویشن دناپی در سطح ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی بدست آمد که از نظر آماری با میزان کلروفیل همین گونه در تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و عدم کاربرد کود دامی و تیمار ۶۷٪ ظرفیت زراعی و کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی تفاوت معنی‌داری از نظر آماری نداشت و در مقابل کمترین میزان کلروفیل a از تیمار ۳۳٪ ظرفیت زراعی، گونه آویشن باغی و عدم کاربرد کود دامی بدست آمد (شکل ۳- الف). همچنین اثر متقابل سال در گونه نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار بین دو سال زراعی بود و میزان کلروفیل a در هر دو گونه مورد آزمایش در سال دوم افزایش پیدا کرد و بیشترین میزان کلروفیل a از گونه آویشن دناپی در سال دوم زراعی و کمترین میزان از گونه آویشن باغی در سال اول زراعی بدست آمد و افزایش میزان کلروفیل a در سال دوم زراعی نسبت به سال اول در گونه آویشن دناپی ۳۵٪ و در گونه آویشن باغی ۲۶/۹٪ بود (شکل ۳- ب).

نتایج مقایسه میانگین نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثرات اصلی سال، تنش رطوبتی، گونه و کود دامی و اثرات متقابل تنش رطوبتی در گونه در کود دامی و اثر سال در گونه در سطح احتمال ۱٪ بر روی میزان کلروفیل a می‌باشد (جدول ۲). مقایسه میانگین متقابل تنش رطوبتی در گونه در کود دامی نشان داد که بین سطوح تنش رطوبتی، گونه‌های مورد آزمایش و سطوح کود دامی تفاوت معنی‌داری وجود دارد و با کاهش رطوبت خاک از ۱۰۰٪ به ۳۳٪ ظرفیت زراعی میزان کلروفیل a در هر دو گونه مورد آزمایش کاهش پیدا کرد، اما در مقابل کود دامی بکار برده شده اثر بهبودی داشته و باعث کاهش اثرات تنش رطوبتی در هر دو گونه مورد آزمایش گردید. کاهش کلروفیل a برای گونه دناپی در شرایط عدم کاربرد و کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی به ترتیب ۲۱/۴٪ و ۱۵/۷۸٪ و برای گونه باغی در شرایط عدم کاربرد و کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی به ترتیب ۲۶/۳۹٪ و ۲۴/۸٪ بود (شکل ۳- الف). بیشترین میزان کلروفیل a از گونه آویشن دناپی در سطح ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی بدست آمد که از نظر آماری با میزان کلروفیل همین گونه در تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و عدم کاربرد کود دامی و تیمار ۶۷٪ ظرفیت زراعی و کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی تفاوت معنی‌داری نداشت و در مقابل کمترین میزان کلروفیل a از تیمار ۳۳٪ ظرفیت زراعی، گونه آویشن باغی و عدم کاربرد کود دامی بدست آمد (شکل ۳- الف). همچنین اثر متقابل سال در گونه نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار بین دو سال زراعی بود و میزان کلروفیل a در هر دو گونه مورد آزمایش در سال دوم افزایش پیدا کرد و بیشترین میزان کلروفیل a از گونه آویشن دناپی در سال دوم زراعی و کمترین میزان از گونه آویشن باغی در سال اول زراعی بدست آمد و افزایش میزان کلروفیل a در سال دوم زراعی نسبت به سال اول در گونه آویشن دناپی ۳۵٪ و در گونه آویشن باغی ۲۶/۹٪ بود (شکل ۳- ب).

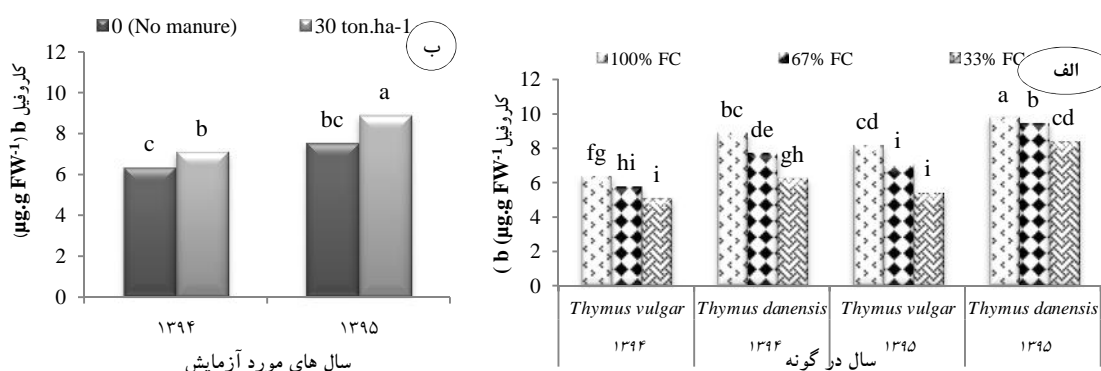


شکل ۳- اثر متقابل تنش رطوبتی در گونه در کود دامی (الف) و اثر متقابل سال در گونه، بر روی میزان کلروفیل a (ب) (ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند).

پیدا کرد و بیشترین میزان کلروفیل b از گونه آویشن دناپی در تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و از سال دوم زراعی بدست آمد و کمترین میزان کلروفیل b از گونه آویشن باغی در تیمار ۳۳٪ ظرفیت زراعی و از سال اول زراعی بدست آمد که با میزان کلروفیل b همین گونه در تیمار ۳۳ در سال دوم زراعی و تیمار ۶۷٪ ظرفیت زراعی در سال اول زراعی تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (شکل ۴- الف). همچنین اثر متقابل سال در کود دامی نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار بین سطوح کود دامی بوده و کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی در هر دو سال زراعی باعث افزایش میزان کلروفیل b شده است اما بیشترین میزان این صفت در سال دوم زراعی بوده است (شکل ۴- ب).

کلروفیل b

این صفت در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر اثرات اصلی سال، سطوح مختلف تنش رطوبتی، گونه و کود دامی قرار گرفت. در بین اثرات متقابل هم اثر گونه در کود دامی، سال در گونه، سال در کود دامی و اثر متقابل سه‌گانه سال در تنش رطوبتی در گونه در سطح احتمال ۱٪ بر روی این صفت معنی‌دار شدند اما بقیه اثرات متقابل معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین سال در تنش رطوبتی در گونه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین سطوح تنش رطوبتی و گونه‌های مورد آزمایش در هر دو سال زراعی بود (شکل ۴- الف). با کاهش میزان رطوبت خاک میزان کلروفیل b در هر دو گونه مورد آزمایش و در هر دو سال زراعی کاهش

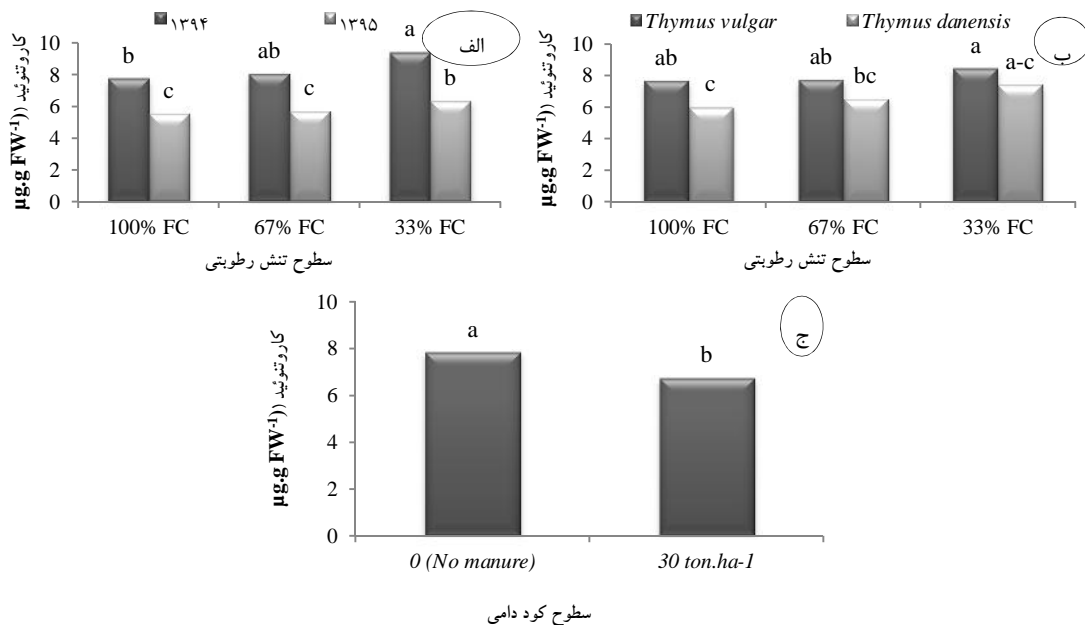


شکل ۴- اثر متقابل سال در تنش رطوبتی در گونه (الف) و اثر متقابل سال در کود دامی، بر روی میزان کلروفیل b (ب) (ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند).

کاروتنوئید

تجزیه مرکب دو سال آزمایش نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار سال، گونه و کود دامی در سطح احتمال ۱٪ و اثر تنش رطوبتی، اثر متقابل تنش رطوبتی در گونه و سال در تنش رطوبتی در سطح احتمال ۵٪ بر روی میزان کاروتنوئید می‌باشد (جدول ۲). مقایسه میانگین سال در تنش رطوبتی نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین سطوح تنش رطوبتی در دو سال زراعی می‌باشد و در هر دو سال زراعی با کاهش میزان رطوبت خاک، میزان کاروتنوئید افزایش پیدا کرد، اما در سال دوم زراعی میزان کاروتنوئید نسبت به سال اول کاهش پیدا کرد. بیشترین میزان کاروتنوئید از تیمار ۳۳٪ ظرفیت زراعی و سال اول زراعی بدست آمد و کمترین میزان از تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و سال دوم زراعی و سال دوم اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. به‌طور کلی با رسیدن رطوبت خاک از ۱۰۰٪ به ۳۳٪ ظرفیت زراعی میزان کاروتنوئید در سال اول و دوم زراعی به ترتیب ۲۱/۹٪ و ۱۵/۱۴٪ افزایش

پیدا کرد (شکل ۵- الف). همچنین اثر متقابل تنش رطوبتی در گونه نشان داد که با کاهش رطوبت خاک در هر دو گونه مورد مطالعه میزان کاروتنوئید افزایش پیدا کرد اما گونه آویشن باغی میزان کاروتنوئید بیشتری داشت. بیشترین و کمترین میزان کاروتنوئید به ترتیب از تیمارهای ۳۳٪ ظرفیت زراعی و گونه آویشن باغی و تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و گونه آویشن دناپی بدست آمد (شکل ۵- ب). اثر اصلی کود دامی نیز نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین سطوح کود دامی بوده و با کاربرد کود دامی میزان کاروتنوئید کاهش پیدا کرد (شکل ۵- ج). در شرایط کاربرد کود دامی به دلیل بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و فراهمی بیشتر آب و مواد غذایی برای گیاه اثرات تنش رطوبتی کاهش پیدا کرده، بنابراین گیاه میزان کلروفیل بیشتری را داشته و انرژی کمتری برای تولید کاروتنوئید که رنگیزه محافظتی بوده صرف کرده است و همین می‌تواند دلیل کاروتنوئید کمتر گونه‌ها در شرایط کاربرد کود دامی باشد.



شکل ۵- اثر متقابل سال در تنش رطوبتی (الف)، اثر تنش رطوبتی در گونه (ب)

و اثر اصلی کود دامی بر روی میزان کاروتنوئید (ج)

(ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند).

جدول ۲- مقادیر میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس مرکب صفات هدایت روزنه‌ای، محتوی نسبی آب، کلروفیل a و b، کاروتنوئید در شرایط تنش خشکی و کاربرد کود دامی

منابع تغییرات	درجه آزادی	هدایت روزنه‌ای	محتوی نسبی آب	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید
تکرار	۲	۱۰۴/۲۸**	۲۲/۲۲ns	۲/۰۵*	۰/۲۶ns	۰/۵ns
سال	۱	۹۲۵/۷۱**	۱۵۴۴/۵**	۱۰۵/۴۳**	۴۰/۳۵**	۸۶/۷۷**
سال × تکرار	۲	۲/۴۶	۵۶/۹۱	۰/۰۳	۲/۶۹	۴/۹۳
تنش رطوبتی	۲	۱۵۵/۷۲**	۳۴۸/۷۵**	۲۳/۵۸**	۳۲/۳۲**	۳/۳۲*
گونه	۱	۵۲/۱۰**	۱۰۹۰۲/۸۱**	۱۰۱/۵۴**	۸۹/۸۵**	۳۰/۴۹**
کود دامی	۱	۴۷۶/۷۳**	۱۷۴/۴۶**	۳۱/۶۸**	۱۹/۸۹**	۲۱/۱۸**
تنش رطوبتی × گونه	۲	۳/۸۹ns	۱/۸۳ns	۰/۹۶ns	۰/۲۴ns	۴/۸۸*
تنش رطوبتی × کود دامی	۲	۱/۷۲ns	۲۰/۷ns	۰/۹۸ns	۰/۰۴۵ns	۰/۱۵ns
گونه × کود دامی	۱	۰/۹۷ns	۲۳/۰۶ns	۰/۱۲ns	۱/۶۴**	۱/۲۸ns
تنش رطوبتی × گونه × کود دامی	۲	۳۳/۱۶**	۲/۹۶ns	۴/۱۹**	۰/۱۶ns	۰/۳۱ns
سال × تنش رطوبتی	۲	۳/۴۶ns	۰/۷ns	۰/۴ns	۰/۴۱ns	۱۸/۶۵**
سال × گونه	۱	۴/۱۳ns	۴۸۷/۵۷**	۶/۲۳**	۳/۲۲**	۱/۶۴ns
سال × کود دامی	۱	۱۱/۸۹ns	۲/۴۱ns	۰/۵۶ns	۱/۵۷**	۰/۰۲ns
سال × تنش رطوبتی × گونه	۲	۰/۱ns	۹/۵ns	۰/۰۱۹ns	۱/۰۷*	۲/۴۹ns
سال × تنش رطوبتی × کود دامی	۲	۰/۰۵۴ns	۲/۰۲ns	۰/۰۲۳ns	۰/۰۴ns	۰/۴۳ns
سال × گونه × کود دامی	۱	۰/۰۰۱۹ns	۲۳/۷۶ns	۰/۰۰۱۳ns	۰/۵۵ns	۰/۴۸ns
سال × تنش رطوبتی × گونه × کود دامی	۲	۰/۸۵ns	۳/۵۸ns	۰/۰۸ns	۰/۰۷۷ns	۰/۰۱ns
خطای باقیمانده	۴۴	۴/۷۵	۱۳/۹۲	۰/۳۶	۰/۲۱	۰/۹۶
ضریب تغییرات		۹/۵۵	۵/۱۵	۶/۷۸	۶/۲۴	۱۳/۵۵

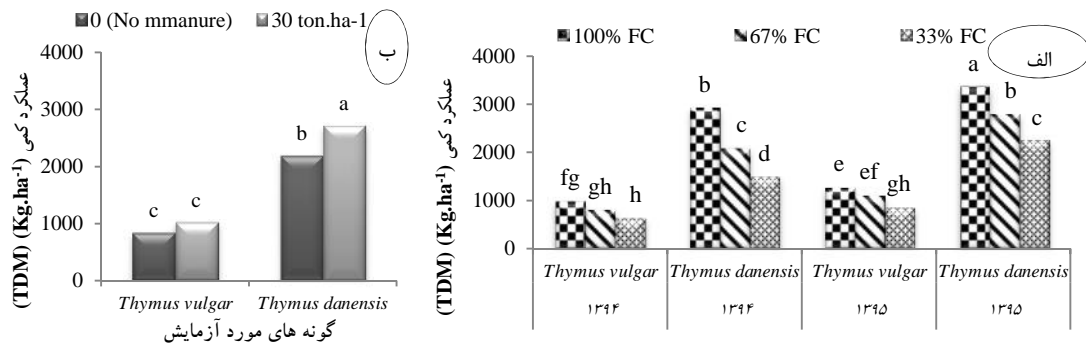
ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ هستند.

عملکرد کمی (وزن خشک اندام‌های هوایی)

نتایج تجزیه مرکب دو سال، بیانگر اثر معنی‌دار تیمارهای سال، تنش رطوبتی، گونه، کود دامی، تنش رطوبتی در گونه، گونه در کود دامی، سال در گونه و سال در تنش رطوبتی در گونه بر روی عملکرد کمی می‌باشد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل سال در تنش رطوبتی در گونه نشان داد که با کاهش سطوح رطوبتی عملکرد کمی در هر دو گونه مورد آزمایش و

در هر دو سال زراعی کاهش پیدا کرد و بین دو سال زراعی و دو گونه مورد آزمایش تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به طوری که گونه آویشن دنیایی میزان عملکرد بالاتری را نسبت به گونه آویشن باغی در هر دو سال زراعی دارا بود و بیشترین عملکرد کمی از گونه آویشن دنیایی در تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و از سال دوم زراعی و کمترین از گونه آویشن باغی در تیمار ۳۳٪ ظرفیت زراعی و سال اول زراعی بدست آمد. همچنین

پایداری عملکرد بیشتری برخوردار بوده است. در گونه باغی همان طور که در نتایج قابل مشاهده است، اگرچه در سال دوم زراعی عملکرد بیشتری را داشت اما با سال اول تفاوت معنی داری از نظر آماری نداشت ولی تفاوت بین دو سال زراعی در گونه دنایی کاملاً مشهود است. همچنین اثر معنی دار گونه در کود دامی نشان داد که با کاربرد کود دامی عملکرد کمی در هر دو گونه مورد آزمایش نسبت به شرایط عدم کاربرد کود دامی افزایش پیدا کرد که درصد افزایش عملکرد کمی در شرایط کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی نسبت به عدم کاربرد کود در گونه دنایی و باغی به ترتیب برابر ۱/۲۴٪ و ۵/۲۱٪ بود و تیمار کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی و گونه آویشن دنایی بالاترین میزان عملکرد کمی را داشت (شکل ۶-ب).



شکل ۶- اثرات متقابل سال در تنش رطوبتی در گونه (الف) و اثر گونه در کود دامی بر روی میزان عملکرد کمی (وزن خشک کل) (ب) (ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند).

عملکرد اسانس، مقایسه میانگین سال در تنش رطوبتی نشان داد که در هر دو سال زراعی بین سطوح تنش رطوبتی تفاوت معنی‌داری وجود دارد و بیشترین میزان عملکرد اسانس از تیمار ۶۷٪ ظرفیت زراعی و از سال دوم زراعی و کمترین میزان از ۳۳٪ ظرفیت زراعی و سال اول زراعی بدست آمد (شکل ۷-الف). در مورد بازده اسانس نیز بیشترین میزان از گونه آویشن دنایی در سطح ۶۷٪ ظرفیت زراعی بدست آمد که با بازده اسانس این

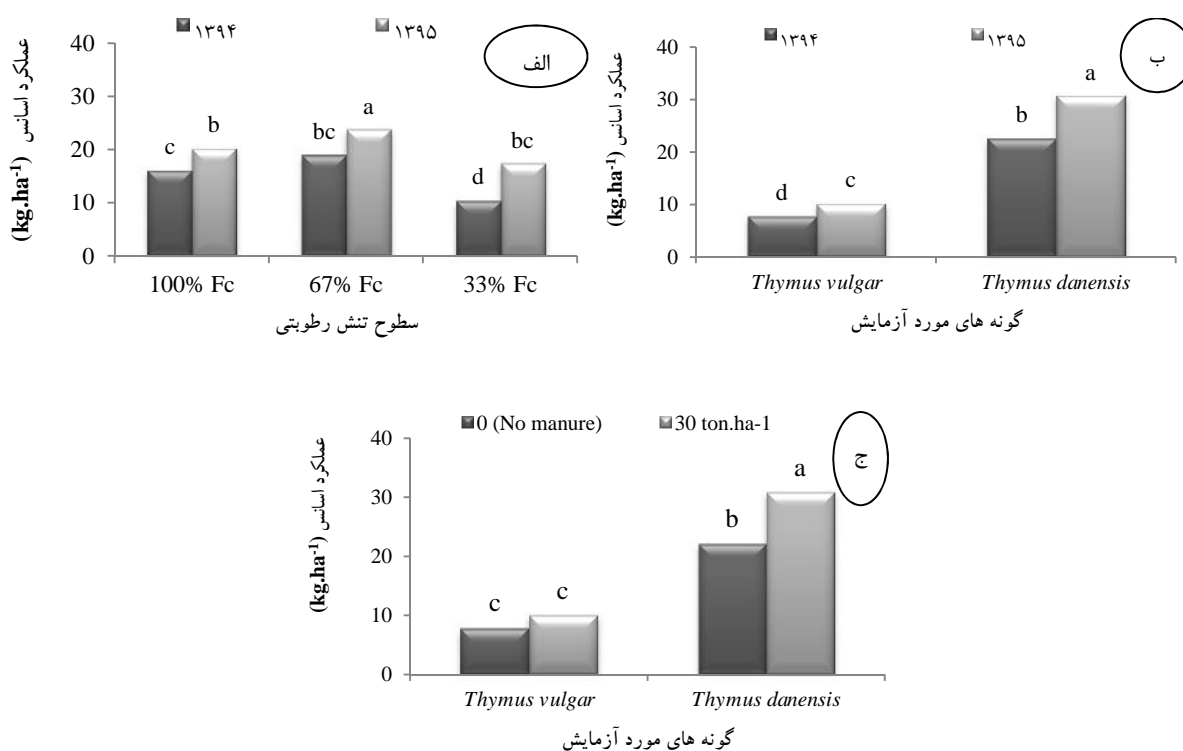
میزان عملکرد در هر دو گونه مورد آزمایش و در تمامی سطوح تنش خشکی در سال دوم زراعی بیشتر از سال اول بود و در هر دو گونه مورد آزمایش افزایش عملکرد در سال دوم زراعی ۱/۳ برابر سال اول زراعی می‌باشد (شکل ۶-الف). همچنین نتایج نشان داد که میزان کاهش عملکرد کمی برای گونه باغی در سال اول زراعی از شرایط شاهد به ۳۳٪ ظرفیت ۳۵/۵۶٪ و در سال دوم زراعی ۳۳/۴۲٪ بوده است اما این میزان کاهش برای گونه دنایی در سال اول زراعی ۴۹/۰۹٪ و در سال دوم زراعی ۳۲/۹۷٪ بوده است که نشان‌دهنده تولید ماده خشک بیشتر و آسیب‌پذیری کمتر گونه دنایی در سال دوم زراعی می‌باشد. همچنین این گونه در سال دوم استقرار بهتری را داشت و رشد دوباره در سال دوم زراعی در این گونه بیشتر و سریع‌تر از گونه باغی بود، به همین دلیل این گونه در سال دوم زراعی از شاخص

عملکرد کیفی (اسانس)

نتایج مقایسه میانگین تجزیه مرکب دو سال زراعی نشان‌دهنده اثر معنی‌دار سال، تنش رطوبتی، گونه، کود دامی و اثرات متقابل تنش رطوبتی در گونه، گونه در کود دامی، سال در تنش رطوبتی و سال در گونه در سطح احتمال ۱٪ بر روی عملکرد اسانس می‌باشد و در مورد درصد اسانس فقط اثرات اصلی سال، تنش رطوبتی، گونه و کود دامی معنی‌دار گردید (جدول ۳). در مورد میزان

در آویشن دناپی ۲/۹ برابر آویشن باغی و در سال دوم زراعی ۳/۰۵ برابر بود (شکل ۷-ب). در بین دو سال زراعی، سال دوم زراعی نیز درصد اسانس بالاتری را داشت (جدول ۴). اثر متقابل گونه در کود دامی نیز نشان داد که با کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی عملکرد اسانس در هر دو گونه مورد آزمایش افزایش پیدا کرد اما گونه آویشن دناپی بر گونه آویشن باغی برتری داشت (شکل ۷-ج). البته بازده اسانس نیز با کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی افزایش پیدا کرد (جدول ۴).

گونه در سطح ۳۳٪ ظرفیت زراعی و بازده اسانس گونه آویشن باغی در سطح ۶۷٪ زراعی تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۴). همچنین مقایسه میانگین سال در گونه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین دو سال زراعی و دو گونه مورد آزمایش بود و در هر دو سال زراعی گونه آویشن دناپی عملکرد اسانس بالاتری را نسبت به گونه آویشن باغی داشت و بیشترین عملکرد اسانس ($30/53 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) از گونه آویشن دناپی در سال دوم زراعی بدست آمد. در سال اول زراعی میزان اسانس



شکل ۷- اثرات متقابل سال در گونه (الف)، سال در تنش رطوبتی (ب) و گونه در کود دامی (ج) بر روی عملکرد اسانس (برحسب کیلوگرم در هکتار) (ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند).

جدول ۳- مقادیر میانگین مربعات تجزیه واریانس مرکب عملکرد کمی، درصد اسانس و عملکرد کیفی (میزان اسانس بر حسب کیلوگرم در هکتار)

عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار)	درصد اسانس (%)	عملکرد کمی (کیلوگرم در هکتار)	درجه آزادی	منابع تغییرات
۳۸/۴۹**	۰/۱۹**	۳۶۷۰۹۲/۹۲**	۲	تکرار
۵۰۰/۲۷**	۰/۵۷**	۳۴۷۹۷۵۰/۰۸**	۱	سال
۰/۹۲	۰/۰۴۹	۱۰۲۰۸۲/۵۶	۲	سال × تکرار
۳۳۸/۴۸**	۰/۹۵**	۴۰۸۱۷۸۳/۲۷**	۲	تنش رطوبتی
۵۶۱۶/۷۲**	۰/۱۶**	۴۳۲۳۷۳۰۶/۵۳**	۱	گونه
۵۰۵/۹۸**	۰/۳۲**	۱۳۷۲۷۶۸/۹۲**	۱	کود دامی
۵۶/۳۸**	۰/۰۹۴*	۱۱۶۶۹۷۴/۹۲**	۲	تنش رطوبتی × گونه
۱/۲۷ns	۰/۰۰۵ns	۲۸۹۶/۴۶ns	۲	تنش رطوبتی × کود دامی
۱۷۷/۱۷**	۰/۰۷۵ns	۱۷۳۱۵۴/۹۷**	۱	گونه × کود دامی
۱/۱۷ns	۰/۰۰۱ns	۱۰۱۵۸/۳۱ns	۲	تنش رطوبتی × گونه × کود دامی
۱۳/۱۷*	۰/۰۴۲ns	۲۵۶۶۱/۴۳ns	۲	سال × تنش رطوبتی
۱۴۷/۲۹**	۰/۰۲۴ns	۶۹۲۲۴۴/۰۳**	۱	سال × گونه
۱/۳۱ns	۰/۰۵ns	۴۸۹۰۷/۲۶ns	۱	سال × کود دامی
۴/۵۹ns	۰/۰۱۸ns	۶۵۱۴۶/۷۵*	۲	سال × تنش رطوبتی × گونه
۰/۱۲ns	۰/۰۰۲۳ns	۲۰۵/۵۷ns	۲	سال × تنش رطوبتی × کود دامی
۴/۵۰ns	۰/۰۲۱ns	۴۰۹/۴۳ns	۱	سال × گونه × کود دامی
۰/۷۲ns	۰/۰۱ns	۳۳۳۳/۰۱ns	۲	سال × تنش رطوبتی × گونه × کود دامی
۳/۹۸	۰/۰۱۹	۱۷۳۰۴/۱۸	۴۴	خطای باقیمانده
۱۱/۳۲	۱۳/۴۲	۷/۷		ضریب تغییرات

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

بحث

(۲۰۰۱) بر روی گیاه لوبیا مطابقت دارد. بسته شدن روزنه باعث کاهش ورود CO₂ به داخل برگ و کاهش فتوسنتز می‌گردد و به همین دلیل عامل محدودکننده فتوسنتز در شرایط تنش، عامل روزنه‌ای بوده است (Fateh et al., 2012). همچنین در شرایط تنش خشکی محتوی نسبی آب برگ گیاه کاهش پیدا می‌کند (Sharafzadeh & Zare, 2011).

بسته شدن روزنه‌ها واکنش اولیه گیاه به خشکی است که هدایت روزنه‌ای و میزان فتوسنتز را کاهش می‌دهد (James & William, 1998). Souza و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که تنش خشکی هدایت روزنه‌ای را در گیاه آفتابگردان به میزان ۵۵٪ کاهش داد که با نتایج Alyari و همکاران

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد کمی، درصد اسانس و عملکرد اسانس در سطوح مختلف تنش رطوبتی، سال، گونه و کود دامی

عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار)	درصد اسانس	عملکرد کمی (کیلوگرم در هکتار)	تیمار
تنش خشکی			
۱۷/۹۸ b	۰/۸۴ c	۲۱۱۸/۵۱ a	٪۱۰۰
۲۱/۲ a	۱/۲۷ a	۱۶۶۱/۷۹ b	٪۶۷
۱۳/۷۱ c	۱/۰۵ b	۱۲۹۵/۳۵ c	٪۳۳
سال			
۱۴/۹۹ b	۰/۹۴ b	۱۴۷۲/۰۴ b	۱۳۹۴
۲۰/۲۷ a	۱/۱۱ a	۱۹۱۱/۷۲ a	۱۳۹۵
گونه			
۸/۸ b	۰/۹۸ b	۹۱۶/۹۵ b	<i>Thymus vulgaris</i>
۲۶/۴۶ a	۱/۰۷ a	۲۴۶۶/۸۱ a	<i>Thymus daenensis</i>
کود دامی			
۱۴/۹۸ b	۰/۹۶ b	۱۵۵۳/۸ b	عدم کاربرد کود
۲۰/۲۸ a	۱/۰۹ a	۱۸۲۹/۹۶ a	۳۰ تن در هکتار

عملکرد را بالا گزارش کردند، بنابراین گونه‌هایی که توان حفظ آب در بافت‌های خود را داشته باشند، تحمل به تنش بیشتر و عملکرد بیشتری دارند. دلیل دیگر کاهش عملکرد گیاه تحت شرایط تنش خشکی کاهش کلروفیل a و b می‌باشد و از آنجایی که نقش عمده کلروفیل‌ها در سرعت بخشیدن به واکنش‌های فتوسنتزی از جمله واکنش‌های نوری است از این طریق بر سطوح تولید گیاه تأثیرگذار است (Santos, 2004). همچنین Jaleel و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که رنگیزه‌های گیاهی مهمترین قسمت گیاه برای کسب نور و تولید محصول هستند و میزان هر دو کلروفیل وابسته به رطوبت خاک می‌باشد و با کاهش میزان رطوبت موجود در خاک، میزان کلروفیل موجود در گیاه کاهش پیدا می‌کند. Askary و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه بر روی گیاهان دارویی آویشن باغی و دناپی و Sharafzadeh و Zare

Sanchez-Rodriguez و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که محتوی نسبی آب برگ تعادل آب تأمین شده برای برگ و سرعت تعرق را بهتر از سایر اجزاء نشان می‌دهد، به همین دلیل آن را شاخص مناسبی برای نشان دادن وضعیت آبی برگ دانسته‌اند. محتوی نسبی آب برگ بیشتر باعث افزایش میزان فتوسنتز و در نتیجه افزایش عملکرد در شرایط تنش می‌شود (Farooq et al., 2009). کود دامی از طریق افزایش خلل و فرج خاک، موجب رشد و گسترش بیشتر ریشه گیاهان در خاک شده و جذب آب و عناصر غذایی را در گیاه بهبود می‌بخشد (Blaise et al., 2005) و همین بهبود سیستم ریشه‌ای تحت مصرف کود دامی می‌تواند دلیل افزایش محتوی نسبی آب نسبت به شرایط عدم کود دامی باشد. از سوی دیگر Quisenberry و Reitz (۱۹۸۷) در مطالعات خود همبستگی بین میزان نسبی آب برگ و

کربن شده و از این طریق باعث کاهش ماده تر و خشک گیاه می‌گردد.

همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین میزان عملکرد اسانس از تیمار ۶۷٪ ظرفیت زراعی و از سال دوم زراعی و کمترین میزان از ۳۳٪ ظرفیت زراعی و سال اول زراعی بدست آمد. نکته‌ای که باید به آن اشاره کرد این است که همیشه همراه با افزایش شدت تنش، میزان اسانس افزایش نمی‌یابد، زیرا در تنش‌های شدیدتر، گیاه بیشتر مواد فتوسنتزی خود را صرف تولید ترکیب‌های تنظیم‌کننده اسمزی از جمله پرولین، گلیسین-بتائین و ترکیب‌های قندی مانند ساکارز، فروکتوز و فروکتان‌ها می‌کند تا شرایط لازم برای ادامه حیات آن فراهم گردد (Munns, 1993). کاهش عملکرد اسانس در تنش‌های شدید می‌تواند در اثر کاهش رطوبت خاک و اثرات زیان‌آور تنش خشکی بر رشد و عملکرد پیکر رویشی گیاه باشد. Bahreininejad و همکاران (۲۰۱۳) در گیاه دارویی آویشن کرمانی و Eman و همکاران (۲۰۰۸) در آویشن باغی گزارش کردند که عملکرد اسانس تحت تأثیر بالاترین سطح تنش خشکی کاهش پیدا کرد ولی با افزایش از شرایط شاهد به حد متوسط تنش خشکی عملکرد اسانس افزایش پیدا کرده که با نتایج این تحقیق تطابق دارد. در بین دو سال زراعی، سال دوم زراعی میزان اسانس بالاتری را داشت و همچنین در این آزمایش عملکرد اسانس تحت تأثیر کاربرد کود دامی افزایش پیدا کرد که مطابق نتایج بدست آمده توسط Mahfou و Sharaf-Edin (۲۰۰۷) می‌باشد. به‌طور کلی کاربرد کود دامی علاوه بر بهبود عملکرد کمی، بر عملکرد کیفی گیاه نیز تأثیر مثبت دارد و کودهای دامی نیز با توجه به داشتن مزایای زیاد مانند نگهداری آب در خاک و داشتن مواد غذایی مقوی، میزان اسانس گیاه را از طریق افزایش رشد رویشی که بیشترین تأثیر را بر اسانس دارد، موجب می‌شود (Hussein et al., 2006).

آنچه که در این مطالعه مشخص است اینکه تنش رطوبتی در هر دو سال زراعی موجب کاهش عملکرد کمی و کیفی در هر دو گونه آویشن باغی و دناهی گردید اما در سال دوم

(۲۰۱۱) در مطالعه بر روی ریحان گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش کلروفیل a و b می‌گردد اما با کاربرد کود دامی میزان کلروفیل، به دلیل کاهش اثرات تنش رطوبتی از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و بهبود سیستم ریشه‌ای گیاه که منجر به جذب آب بیشتر نسبت به شرایط عدم کود می‌گردد، افزایش می‌یابد (Ghosh et al., 2004). همچنین گیاه در هنگام مواجه شدن با تنش خشکی برای از بین بردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن از خاصیت محافظتی کاروتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها بهره می‌گیرد (Farooq et al., 2009). کاروتنوئیدها رنگیزه‌های محافظتی بوده که گیاه را در برابر تنش فتواکسیداتیو محافظت می‌کنند و باعث محافظت کلروفیل در برابر اکسیداسیون نوری می‌شوند (Zhang et al., 2010). به‌طور کلی رفتار عمومی گیاهان در شرایط تنش، کاهش تولید وزن تر و خشک گیاه به دلیل کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاهش محتوی آب گیاه که منجر به بسته شدن روزنه‌ها شده و از این طریق باعث کاهش هدایت روزنه‌ای و کاهش تبادلات گازی و به تبع آنها کاهش فتوسنتز می‌گردد، می‌باشد (Bahreininejad et al., 2013). با کاهش رشد سلول تحت تنش خشکی، اندازه اندام‌های هوایی گیاه محدود شده و همین دلیل می‌تواند موجب کاهش وزن خشک تولید شده در گیاه گردد (Ashraf & Foolad, 2007). همان‌طور که بیان شد در شرایط تنش خشکی میزان کلروفیل موجود در گیاه کاهش پیدا کرده که منجر به کاهش فتوسنتز در گیاه می‌گردد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن کاهش پیدا می‌کند (Askary et al., 2007; Ashraf & Foolad, 2007). کاهش وزن تر و وزن خشک گیاه آویشن تحت تنش خشکی توسط Albouchi و همکاران (۲۰۰۳) گزارش شده و بیان کردند که این کاهش می‌تواند به دلیل کاهش میزان کلروفیل و یا بازدهی فتوسنتز باشد. همچنین Misra و Srivastava (۲۰۰۰) در تحقیقی بر روی گیاه نعناع ژاپنی مشاهده کردند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای و به تبع آن کاهش در سرعت تبادل گاز دی اکسید

تیمار کاربرد کود دامی بدست آمده است می‌توان بیان کرد که طی بروز تنش رطوبتی، کاربرد کود دامی تأثیر مثبتی بر گیاه آویشن داشته است و با توجه به این نتایج مصرف کودهای دامی در مدیریت منابع غذایی و رطوبتی و در شرایط تنش خشکی برای حصول عملکرد کمی و کیفی مطلوب قابل توصیه می‌باشد. همچنین نتایج این آزمایش نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین دو سال زراعی بود و در سال دوم میزان عملکرد کمی و کیفی در هر دو گونه مورد مطالعه افزایش پیدا کرد. این مسئله کاملاً منطقی به نظر می‌رسد، بدین دلیل که در سال اول، نشاءهای منتقل شده به زمین اصلی کاملاً مستقر نشده و گیاهان ضعیف بوده‌اند و با گذشت زمان در سال دوم زراعی رشد بهتری را نشان داده‌اند، همچنین در سال دوم به دلیل وضعیت بهبود یافته خاک بر اثر تغذیه مناسب گیاه در اثر کاربرد کود دامی که آزادسازی عناصر غذایی آن تدریجی بوده رشد و میزان فتوسنتز گیاه افزایش می‌یابد، در نتیجه عملکرد خشک اندام هوایی بالا می‌رود. در میان دو گونه مورد آزمایش، گونه دنیایی عملکرد کمی و کیفی (اسانس) بیشتری را نسبت به گونه آویشن باغی داشت. از سوی دیگر در این آزمایش محتوی کاروتنوئید و آنتوسیانین که هر دو رنگیزه محافظتی هستند، در گونه آویشن باغی بیشتر از گونه آویشن دنیایی بوده ولی از آنجایی که این گونه محتوی کلروفیل کمتری را داشته می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش رنگیزه‌های محافظتی انرژی بیشتری برای تحمل در برابر تنش و حفظ بقاء در این شرایط صرف کرده، بنابراین رشد رویشی، اندام‌زایی و گلدهی و در نهایت عملکرد کمی و کیفی کمتری را نسبت به گونه آویشن دنیایی داشته است. همچنین گونه آویشن دنیایی میزان هدایت روزنه‌ای بیشتری را نسبت به گونه آویشن باغی داشت. اگرچه بسته شدن روزنه‌ها می‌تواند موجب کاهش تبادلات گازی فتوسنتزی شود و باعث کاهش ورود CO_2 به داخل برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز گردد اما بسته بودن روزنه به‌عنوان یک پاسخ سازشی موجب حفظ و نگهداری آب در شرایط کم‌آبی می‌شود، بنابراین می‌توان بیان کرد که گونه دنیایی با بسته‌تر

زراعی به دلیل وضعیت بهبود یافته خاک و بر اثر تغذیه مناسب گیاه در اثر کاربرد کود دامی و همچنین در اثر استقرار کامل گیاه و بهبود سیستم ریشه‌ای گیاه، رشد و میزان فتوسنتز گیاه افزایش می‌یابد، در نتیجه عملکرد خشک اندام هوایی بالا می‌رود. همچنین به نظر می‌رسد طولانی‌تر بودن دوره رشد گیاه در سال دوم و استفاده از عناصر موجود در کود دامی در بیشتر بودن عملکرد گیاه نسبت به سال اول مؤثر بوده است. همچنین نتایج نشان داد که میزان کاهش عملکرد کمی برای گونه آویشن باغی در سال اول زراعی از شرایط شاهد به ۳۳٪ ظرفیت ۳۵/۵۶٪ و در سال دوم ۳۳/۴۲٪ بوده است و این کاهش برای گونه آویشن دنیایی در سال اول زراعی ۴۹/۰۹ و در سال دوم ۳۲/۹۷٪ بوده است که نشان‌دهنده تولید ماده خشک بیشتر و آسیب‌پذیری کمتر گونه آویشن دنیایی در سال دوم زراعی می‌باشد. همچنین این گونه در سال دوم استقرار بهتری را داشت و رشد دوباره در سال دوم زراعی در این گونه بیشتر و سریع‌تر از گونه آویشن باغی بود، به همین دلیل این گونه در سال دوم زراعی از شاخص پایداری عملکرد بیشتری برخوردار بوده است. با توجه به نتایج این آزمایش، می‌توان بیان کرد که گونه آویشن دنیایی به دلیل استقرار بهتر و زودتر نسبت به گونه آویشن باغی گسترش جانبی و میزان تولید ماده تر و خشک بیشتری را داشت و از این طریق عملکرد کمی و کیفی بالاتری را نسبت به گونه آویشن باغی دارا بود. به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت از آنجا که هدف نهایی از کشت گیاهان دارویی استفاده از اسانس و مواد مؤثره موجود در اسانس این گیاهان می‌باشد و به‌طور مسلم هر چه مقدار این مواد مؤثره و در واحد وزن گیاه بیشتر باشد از نظر اقتصادی نفع بیشتری حاصل خواهد شد، بنابراین بررسی و بدست آوردن بهترین شرایط محیط کشت که بتواند منجر به تولید گیاهی با بیشترین درصد اسانس گردد از مهمترین اهداف در تحقیقات مربوط به کشت گیاهان دارویی می‌باشد. هر چند با افزایش شدت تنش رطوبتی عملکرد کمی و کیفی در گونه‌های آویشن مورد مطالعه کاهش پیدا کرد اما از آنجایی که بالاترین مقدار عملکرد از

- نگه داشتن روزنه باعث کاهش تعرق و هدررفت آب از گیاه شده، در نتیجه این گونه میزان آب بیشتری را در برگ‌ها و بافت‌های خود نگه داشته است. با توجه به این نتایج می‌توان بیان کرد که گونه آویشن دناپی می‌تواند رشد موفقیت‌آمیزی در مناطق اقلیمی خشک و نیمه‌خشک داشته باشد و برای کاشت در این مناطق توصیه می‌گردد.
- منابع مورد استفاده**
- Eman, E.A., Hendawi, S.T., Ezz El Din, A. and Omer, E.A., 2008. Effect of soil type and irrigation intervals on plant growth, essential oil yield and constituents of *Thymus vulgaris* plant. American-Eurasian Journal Agriculture and Environment Science, 4(4): 443-450.
 - Farooq, M., Wahid. A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A., 2009. Plant drought stress effects: Mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 29: 185-212.
 - Fateh, H., Siosemardeh, A., Karimpoor, M. and Sharafi, S., 2012. Effect of drought stress on photosynthesis and physiological characteristics of barley. International Journal Farming and Allied Science, 1(2): 33-41.
 - Fischer, R.A., Rees, D., Sayer, K.D., Lu, Z.M., Candon, A.G. and Saavedra, A.L., 1998. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthesis rate and cooler canopies. Crop Science, 38: 1467-1475.
 - Ghasemi Pirbalouti, A., Hashemi, M. and Taherian Ghahfarokhi, F., 2013. Essential oil and chemical compositions of wild and cultivated *Thymus daenensis* Celak and *Thymus vulgaris* L. Industrial Crops and Products, 48: 43-48.
 - Ghosh, P.K., Ajay, K.K., Bandyopadhyay, M.C., Manna, K.G., Mandal, A.K. and Hati, K.M. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. Bioresource Technology, 95: 85-93.
 - Govahi, M., Ghalavand, A., Najafi, F. and Sorooshzade, A., 2015. Comparing different soil fertility systems in Sage (*Salvia officinalis*) under water deficiency. Industrial Crop and Products, 74: 20-27.
 - Grattan, S.R and Grieve, C.M., 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Science Horticulture, 78: 127-157.
 - Gunes, A., Inal, A., Adak, M.S., Bagci, E.G., Cicek, N. and Eraslan, F., 2008. Effect of drought stress implemented at pre- or post-anthesis stage on some physiological parameters as screening criteria in chickpea cultivars. Russian Journal of Plant Physiology, 55(1): 59-67.
 - Hussein, M.S., EL-Sherbeny, S.E., Khalil, M.Y., Naguib, N.Y. and Aly, S.M., 2006. Growth
 - Ahmadi, A. and Ceiocemardeh, A., 2004. Effect of drought stress on soluble carbohydrate, chlorophyll and Proline in four adopted wheat cultivars with various climate of Iran. Iranian Journal Agriculture Science, 35: 753-763.
 - Albouchi, A., Bejaoui, Z. and El-Aouni, M.H., 2003. Influence d'un stress hydrique moderate and several croissance de jeunes plants de *Casuarina glauca*. Sécheresse, 14: 137-142.
 - Alyari, H., Shekari, F., Shekari, F.B. and Khoii, F.R., 2001. Effect of osmotic potential on growth of bean. Acta Horticoltura, 644: 199-204.
 - Ashraf, M. and Foolad, M.R., 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany, 59: 206-216.
 - Askary, M., Behdani, M.A., Parsa, S., Jamialahmadi, M. and Mahmoodi, S., 2016. Assessment of changes in yield components, yield and some physiological traits of *Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* Celak under drought stress and application of manure. Environmental Stresses in Crop Science Journal, (Iranian, Accepted), Accepted for Publication.
 - Bahreininejad, B., Razmjoo, J. and Mirza, M., 2013. Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. International Journal of Plant Production, 7(1): 151-166.
 - Blaise, D., Singh, J.V., Bonde, A.N., Tekale, K.U. and Mayee, C.D., 2005. Effects of farmyard manure and fertilizers on yield, fiber quality and nutrient balance of rain fed cotton (*Gossypium hirsutum*). Bioresource Technology, 96: 345-349.

- seedling and reproductive stages in rice. *Annals of Botany*, 99(6): 1161-1173.
- Munns, R., 1993. Physiological process limiting plant growth in saline soil: some dogmass and hypotheses. *Plant Cell and Environment*, 16: 15-24.
 - Quisenberry, K.S. and Reitz, L.P., 1987. Wheat and Wheat Improvement. American Society of Agronomy, Incorporation, Madison, WI., US, 576p.
 - Safaei-Ghomi, J., Ebrahimabadi, A.H., Jafari-Bidgoli, Z. and Batooli, H., 2009. GC/MS analysis and in vitro antioxidant activity of essential oil and methanol extracts of *Thymus carmanicus* Jalas and its main constituent carvacrol. *Food Chemistry*, 115(4): 1528-1524.
 - Sanchez-Rodríguez, E., Rubio-Wilhelmi, M., Cervilla, L.M., Blasco, B., Rios, J.J., Rosales, M.A., Romero, L. and Ruiz, J.M., 2010. Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. *Plant Science*, 178: 30-40.
 - Santos, C., 2004. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Science Horticulture*, 103: 93-99.
 - Sharafzadeh, S. and Zare, M., 2011. Effect of drought stress on qualitative and quantitative characteristics of some medicinal plants from Lamiaceae family. *Advances in Environmental Biology*, 5(8): 2058-2062.
 - Souza, G.M., De Oliveira, R.F. and Cardoso, V.J.M., 2004. Temporal dynamics of conductance of plants under water deficit: can homeostasis be improved by more complex dynamics? *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(3): 423-431.
 - Warman, P.R. and Termeer, W.C., 2005. Evaluation of sewage sludge, septic waste and sludge compost applications to corn and forage: Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn and B content of crops and soils. *Bioresource Technology*, 96(9): 1029-1038.
 - Zhang, K.M., Yu, H.J., Shi, K., Zhou, Y.H., Yu, J.Q. and Xia, X.J., 2010. Photoprotective roles of anthocyanins in *Begonia semperflorens*. *Plant Science*, 179(3): 202-208.
 - characters and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* L. plant in relation to compost fertilizer and planting distance. *Science Horticulture (Amsterdam)*, 108(3): 322-331.
 - Jaleel, C.A., Sankar, B., Murali, P.V., Gomathinayagam, M., Lakshmanan, G.M.A. and Panneerselvam, R., 2008. Water deficit stress effects on reactive oxygen metabolism in *Catharanthus roseus* L. impact on ajmalicine accumulation. *Colloids Surfaces Biointerfaces*, 62: 105-111.
 - James, A.Z. and William, R.G., 1998. Leaf water relations and plant development of three freeman maple cultivars subjected to drought. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123: 371-375.
 - Kleinawachter, M., Paulsen, J., Bloem, E., Schnug, E. and Selmar, D., 2014. Moderate drought and signal transducer induced biosynthesis of relevant secondary metabolites in thyme (*Thymus vulgaris*), greatercelandine (*Chelidonium majus*) and parsley (*Petroselinum crispum*). *Industrial Crops and Products*, 64: 158-166.
 - Koocheki, A., Tabrizi, L. and Ghorbani, R., 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Iranian Journal Field Crops Research*, 6(1): 127-37.
 - Lichtenther, H.K., 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148: 350-382.
 - Mahajan, S. and Tuteja, N., 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444: 139-158.
 - Mahfouz, S.A. and Sharaf-Edin, M.A., 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *International Agrophysics*, 21(4): 361-366.
 - Misra, A. and Srivastava, N.K., 2000. Influence of water stress on Japanese mint. *Herbs, Spices and Medicinal Plants*, 7: 51-58.
 - Moradi, F. and Abdelbagi, M.I., 2007. Response of photosynthesis, chlorophyll fluorescence and ROS-scavenging systems to salt stress during

Effects of water stress and manure on stomatal conductance, relative water content, photosynthetic pigments and quantitative and qualitative yield of *Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* Celak

M. Askary^{1*}, M.A. Behdani², S. Parsa², M. Jamialahmadi² and S. Mahmoodi²

1*- Corresponding author, Ph.D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Birjand, Birjand, Iran
E-mail: Mahdiye.askary@yahoo.com

2- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

Received: April 2017

Revised: September 2017

Accepted: September 2017

Abstract

This research was aimed to evaluate the effects of drought and manure on some physiological characteristics and yield of *Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* Celak. The study was conducted as factorial based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications during crop years of 2015 and 2016 at the agriculture research farm of University of Birjand, Iran. Experimental factors were including: water stress at three levels (100%, 67% and 33% of field capacity), manure at two levels (30 tons.ha⁻¹ and no manure), and two thyme species (*Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* Celak). Water stress reduced stomatal conductance, relative water content (RWC), Chl a, b and quantitative and qualitative yield; however, carotenoids content was increased under water stress. Although the quantity and quality yield of the study species decreased under water stress condition, manure application at 30 tons per ha led to the increased quantity and quality yield of both species. *Thymus daenensis* had more relative water content and quantity and quality yield (oil) in both crop years as compared with *T. vulgaris*. According to the results, *T. daenensis* can grow successfully in arid and semi-arid regions and could be recommended. There was a significant difference between two crop years; in the 2nd year, the quantity and quality yield (essential oil yield) of both study species increased.

Keywords: *Thymus*, essential oil, manure, stomatal conductance.