Archive of SID

نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد سیزدهم، شماره ۴(۵۲)، زمستان ۱۳۹۸، صفحه ۵۳۴-۵۱۷

روابط بین صفات در اکوتیپ‌های آویشن دنایی (*Thymus daenensis* subsp. *daenensis*) تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی

مسعود گلستانی[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۱۱ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۳

چکیده

روابط بین صفات در اکوتیپ‌های آویشن دنایی، آزمایشی در دو محیط بدون تنش و واجد تنش خشکی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در شهرستان ابرکوه بررسی شد. برای تعیین روابط بین صفات از همبستگی ساده و برای تعیین صفات مؤثر و نیز میزان اثرات مستقیم و غیرمستقیم آنها بر وزن خشک اندام هوایی به‌ترتیب از رگرسیون گام‌به‌گام و تجزیه علیت و همچنین جهت یافتن عوامل پنهانی که باعث ایجاد همبستگی‌های خاصی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده می‌شوند، از تجزیه به عامل‌ها استفاده شد. ضرایب همبستگی بین صفات نشان داد که وزن‌تر و خشک اندام‌هوایی با بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین قطر تاج پوشش، سطح تاج پوشش، طول برگ، تعداد ساقه در بوته و عملکرد اسانس در هر دو شرایط آزمایش رابطه مثبت و معنی‌دار داشت. نتایج رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که در شرایط بدون تنش صفات سطح تاج پوشش، طول و عرض برگ، تعداد گل در گل‌آذین و تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی و در شرایط تنش‌خشکی صفات سطح تاج پوشش، طول و عرض برگ و تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی وارد معادله شدند. در تجزیه علیت در هر دو شرایط سطح تاج پوشش بیشترین اثر مستقیم و مثبت و عرض برگ اثر مستقیم و منفی بر وزن خشک اندام هوایی داشتند. با استفاده از تجزیه به عامل‌ها در هر دو شرایط سه عامل اصلی در مجموع حدود ۷۶٪ از تغییرات کل را توجیه کردند و صفات وزن تر و خشک اندام هوایی، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین قطر تاج پوشش، سطح تاج پوشش، طول برگ، تعداد ساقه در بوته و عملکرد اسانس از اجزای تشکیل‌دهنده این عوامل بودند.

واژگان کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، تجزیه علیت، رگرسیون گام‌به‌گام، همبستگی.

۱- استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. (نگارنده‌ی مسئول) ma_golestani@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در تیره نعناعیان (Lamiaceae) ۴۰۰۰ گونه گیاهی وجود دارد که در ۲۰۰ جنس جای داده شده‌اند. ۱۴ گونه آویشن معطر که متعلق به تیره نعناعیان هستند در ایران وجود دارند که چهار گونه آن انحصاری و بومی ایران است. یکی از این چهار گونه، آویشن دنایی (*Thymus daenensis* subsp. *daenensis*) است (Davazdahemami and Majnonhossini, 2008) که به‌صورت خودرو بیشتر در بخش‌های غربی و مرکزی ایران به‌ویژه رشته کوه‌های زاگرس می‌روید (Ghasemi Pirbaloti *et al.*, 2014). آویشن دنایی گیاهی پایا، پرساقه و به‌صورت بوته‌ای بالشتی، در بن و پایه چوبی است (Jamzad, 2010). خواص دارویی آویشن باعث شده است که این گونه در زمره گیاهان ارزشمند قرار گیرد. اسانس گل و برگ‌های آویشن دارای اثر ضد اسپاسم، ضدنفخ، ضدروماتیسم، ضد سیاتیک و ضد عفونی‌کننده قوی است (Stahl-biskup, 2002). معمولاً عمده‌ترین ترکیب‌های فنلی جنس آویشن تیمول و کارواکرول است. مقدار تیمول تا بیش از ۷۰٪ در گونه آویشن دنایی گزارش شده است (Nickavar *et al.*, 2005). تنش‌های غیرزنده از مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده تولیدات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشند که مقابله و یا کاهش اثر آنها به‌عنوان راهکاری مفید در جهت افزایش عملکرد گیاهان همواره مدنظر بوده است. در میان تنش‌های غیرزنده، کمبود آب یا تنش خشکی به‌عنوان مهم‌ترین محدودیت تولید محصول گیاهان زراعی در اکثر نقاط جهان شناخته شده است (Majer *et al.*, 2008).

امروزه به‌علت استفاده گسترده از داروهای گیاهی، بسیاری از گیاهان دارویی انحصاری با خطر انقراض مواجه شده است. از این‌رو توسعه روش‌های مناسب اهلی‌کردن و اصلاح این گیاهان و بررسی توده‌های بومی و یا اکوتیپ‌های آنها در شرایط تنش خشکی برای جلوگیری از نابودی عرصه‌های طبیعی امری ضروری به‌نظر می‌رسد (Omidbaygi, 2009). یکی از نکات مهم در اهلی کردن گیاهان شناخت جنبه‌های زیست‌شناسی رشد و نمو و درک صحیح شرایط بوم‌شناختی یا اکولوژیکی این گیاهان در رویشگاه‌های طبیعی، جهت حفاظت و پیش‌بینی واکنش آنها به شرایط زراعی می‌باشد. در اهلی‌سازی گیاهان دارویی میزان تطابق آنها با شرایط زراعی از طریق مقایسه گیاهان یک گونه در محیط‌های متفاوت ارزیابی می‌شود. بنابراین، در این فرایند توجه به ظرفیت‌های ژنتیکی و واکنش‌های زراعی و فیزیولوژیکی گیاه به محیط یا به عبارت بهتر جنبه‌های اگرواکولوژیکی و اکوفیزیولوژیکی گیاه، مهم به‌نظر می‌رسد (Balandari, 2011). بررسی خصوصیات مورفولوژیک و زراعی تعیین کننده عملکرد آویشن دنایی، از جمله روش‌های مناسب برای دست‌یابی به معیارهای انتخاب در جهت بهبود عملکرد و اصلاح و معرفی ارقام تجاری این گیاه دارویی باارزش می‌باشد.

توجه به صفات زراعی و مورفولوژیک به‌عنوان معیارهای غیرمستقیم انتخاب برای عملکرد به‌دلیل کم‌هزینه بودن و قابلیت آنها در گزینش مواد ژنتیکی در مراحل اولیه رشد گیاه به‌منظور مطالعه‌ی میزان تحمل بـه خشکی اهمیت دارد. استفاده از این صفات، توأم با به کارگیری روش‌های آنالیز آماری چندمتغیره مانند رگرسیون گام‌به‌گام، تجزیه‌ی علیت و تجزیه به عامل‌ها روش‌هایی مناسب برای غربال توده‌ها می‌باشد (Bahrami Najad and Papzan, 2006).

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد شاخساره بالا و میزان ماده مؤثره از اهداف اساسی در اصلاح گیاهان دارویی می‌باشد. علاوه بر این، سودمندی هر برنامه اصلاحی به میزان ارتباط بین عملکرد با سایر صفات و اهمیت نسبی هر یک از آنها بستگی دارد. ضرایب همبستگی میزان و نوع رابطه بین دو یا چند صفت را بدون در نظر گرفتن سایر صفات معین می‌کند و تصویر دقیقی از اهمیت نسبی هر جزء در تعیین عملکرد را ارایه نمی‌دهد. از جمله کاربردهای روش‌های تجزیه چندمتغیره توصیف روابط بین صفات، تعیین چگونگی اثر صفات مستقل بر صفت وابسته، تعیین هر صفت در تنوع کل و کاهش حجم متغیرها در قالب عوامل جدید می‌باشد (Ghaderi *et al.*, 2017). تجزیه علیت روش مناسبی برای تعیین سهم اثرات مستقیم و غیرمستقیم یک متغیر روی متغیر دیگر و بررسی روابط علت و معلولی آنها است، چرا که در بسیاری از پژوهش‌ها مشاهده شده که یک متغیر نه تنها دارای اثر مستقیم بر متغیر دیگر بوده، بلکه به‌طور غیرمستقیم از طریق سایر متغیرها بر آن اثر می‌گذارد (Rezaei and Soltani, 2008) و از این روش برای تعیین اهمیت صفات مؤثر در عملکرد استفاده می‌شود. یکی از اهداف تجزیه به عامل‌ها یافتن عوامل پنهانی است که باعث ایجاد همبستگی‌های خاصی بین متغیرهای اندازه‌گیری شده می‌شوند (Johnson and Wichern, 2007).

افلاکیان و همکاران (Aflakian *et al.*, 2012) در آویشن دنایی نشان دادند که عملکرد خشک بوته با بزرگ‌ترین قطر تاج پوشش و طول برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار و با عرض برگ همبستگی منفی و معنی‌دار دارد. پرویز پرشکوه و همکاران (Parvizparashkoh *et al.*, 2013) در بررسی ۲۴ اکوتیپ از جنس آویشن با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام نشان دادند که صفات طول بوته، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و تعداد روز بین اولین و ۵۰٪ گلدهی وارد مدل شدند. رضایی و همکاران (Razaei *et al.*, 2016) در بررسی ۲۲ جمعیت گونه‌های بومی جنس آویشن (*Thymus* sp.) به این نتیجه رسیدند که صفات تعداد ساقه در بوته و طول برگ وارد مدل رگرسیون گام‌به‌گام شدند و با استفاده از تجزیه به عامل‌ها نشان دادند که چهار عامل اصلی بیش از ۸۲/۰۹ درصد واریانس کل را بیان می‌کنند و این عوامل را به‌ترتیب عوامل زیست‌توده، میزان اسانس، ارتفاع و عملکرد خشک گیاه نامیدند. در بررسی انجام شده به‌وسیله هادیان و همکاران (Hadian *et al.*, 2016) در آویشن دنایی نشان داده شد که ۴۱ صفت مورفولوژیک به‌وسیله تجزیه به عامل‌ها به ۱۳ عامل اصلی کاهش می‌یابد. بیگدلو و همکاران (Bigdeloo *et al.*, 2013) در ارزیابی ۷۰ ژنوتیپ آویشن کرمانی با استفاده از روش تجزیه به عامل‌ها گزارش کردند که پنج عامل اصلی و مستقل توانستند مجموعاً ۹۸/۱۶ درصد کل واریانس را توجیه کنند.

با توجه به مطالب ذکر شده هدف از این تحقیق بررسی روابط بین صفات در تعدادی از اکوتیپ‌های آویشن دنایی و تعیین صفات مؤثر بر عملکرد به‌منظور دستیابی به معیارهایی برای انتخاب در جهت بهبود عملکرد این گیاه در برنامه‌های به‌نژادی مقاومت به خشکی با استفاده از روش‌های تجزیه آماری چندمتغیره بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی روابط بین صفات در تعدادی از اکوتیپ‌های آویشن دنایی، آزمایشی در سال زراعی ۹۷-۹۶ در شهرستان ابرکوه (طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض

www.SID.ir

Archive of SID

جغرافیایی ۳۱ درجه و ۷ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۵۰ متر) انجام گرفت. برای انجام آزمایش دو قطعه زمین مجزا و با فاصله ۳ متر از همدیگر در نظر گرفته شدند. در این قطعات، آزمایش مورد نظر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و ۱۲ اکوتیپ آویشن دنایی که به‌صورت تصادفی در کرت‌ها قرار گرفتند، انجام شد. بذور ۱۲ اکوتیپ به‌کار رفته در این آزمایش از استان‌های اصفهان (اصفهان، فریدن، فریدونشهر و سمیرم)، مرکزی (اراک ۱، اراک ۲ و شازند)، لرستان (خرم‌آباد ۱، خرم‌آباد ۲ و الیگودرز) و همدان (همدان و ملایر) جمع‌آوری گردید. بذرهای جمع‌آوری شده برای تولید نشا در گلخانه درون گلدان‌های یک‌بار مصرف و بستر کشت حاوی ۵۰ درصد ماسه بادی و ۵۰ درصد پیت کاشته شدند. نشاهای ۱۰-۵ سانتی‌متری پس از ۱۰ روز مقاوم‌سازی (کاهش آبیاری و قرار دادن آنها در بیرون گلخانه) به مزرعه انتقال داده شدند. هر واحد آزمایشی پس از حذف اثرات حاشیه‌ای شامل یک ردیف به طول ۱۰ متر بود. فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها از یکدیگر یک متر بود. در هر ردیف تعداد ۱۰ بوته کاشته شد. طرح‌ها فقط از نظر تیمار آبیاری (شرایط بدون تنش و تنش خشکی) با یکدیگر تفاوت داشتند و شرایط تنش خشکی پس از استقرار کامل گیاه اعمال گردید. در شرایط بدون تنش، آبیاری بر اساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر از زمان کاشت تا پایان دوره آبیاری و در شرایط تنش خشکی، آبیاری بر اساس ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر پس از استقرار کامل گیاهان انجام شد.

برای تعیین زمان اولین گلدهی و زمان ۵۰٪ گلدهی اکوتیپ‌ها، به‌صورت روزانه از محل مزرعه بازدید به‌عمل آمد و صفات تعداد روز تا اولین و ۵۰٪ گلدهی برای اکوتیپ‌های مختلف ثبت گردید. به‌منظور اندازه‌گیری صفات در این پژوهش و برای کاهش خطای اندازه‌گیری در مرحله ۵۰٪ گلدهی، با حذف اثرات حاشیه پنج نمونه تصادفی از هر کرت انتخاب و میانگین هر صفت به‌عنوان مقادیر آن صفت استفاده گردید. صفات مورد بررسی شامل صفات طول برگ، عرض برگ، ارتفاع بوته، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین قطر تاج پوشش، سطح تاج پوشش، تعداد ساقه در بوته، تعداد گل در گل‌آذین، تعداد روز تا اولین و ۵۰٪ گلدهی، وزن تر و خشک اندام هوایی، درصد و عملکرد اسانس بودند. برای تعیین سطح تاج پوشش ابتدا میانگین بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین قطر تاج پوشش هر اکوتیپ محاسبه گردید، مقدار حاصل به‌عنوان قطر دایره‌ای فرضی در نظر گرفته شد و با استفاده از فرمول محاسبه مساحت دایره مقدار تاج پوشش هر اکوتیپ محاسبه گردید. وزن خشک اندام هوایی بدین صورت محاسبه گردید که اندام هوایی بوته‌ها در زمان ۵۰٪ گلدهی برداشت شده و در سایه و در دمای ۴۰ درجه سلسیوس خشک شده و با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. برای اندازه‌گیری میزان اسانس، اندام هوایی گیاهان بعد از برداشت به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه برداشت شده کاملاً خشک گردید. پس از خشک شدن، ۱۰۰ گرم ماده خشک از هر یک از تیمارها خرد و آسیاب شد و سپس درون بالن ریخته شد و با دستگاه اسانس‌گیری کلونجر با روش تقطیر با آب به مدت ۳ ساعت، اسانس‌گیری انجام شد و سپس درصد حجمی اسانس اندازه‌گیری شد. عملکرد اسانس از طریق حاصل‌ضرب وزن خشک اندام هوایی در درصد اسانس به‌دست آمد. صفات طول و عرض

www.SID.ir

Archive of SID

برگ و ارتفاع بوته با استفاده از خط‌کش به سانتی‌متر، وزن تر و خشک اندام هوایی توسط ترازوی دیجیتال به گرم، سطح تاج پوشش با استفاده از محاسبات ریاضی به سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شدند.

به‌منظور بررسی وجود رابطه خطی بین متغیرهای مورد بررسی، ضرایب همبستگی کلیه صفات، محاسبه و معنی‌دار بودن آنها در هر شرایط آزمایشی بررسی گردید. برای برازش یک مدل توصیفی و تعیین صفات مؤثر بر وزن خشک اندام هوایی از روش رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد و صفاتی که نقش معنی‌دار بزرگ‌تری در توجیه وزن خشک اندام هوایی داشتند، در مدل باقی ماندند. جهت تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر وزن خشک اندام هوایی، روش تجزیه علیت به‌کار برده شد. از تجزیه به عامل‌ها برای گروه‌بندی صفات و درک روابط پنهانی بین آنها استفاده شد. در هر عامل اصلی و مستقل، ضرایب عاملی بیشتر از ۰/۶ معنی‌دار در نظر گرفته شدند. تجزیه واریانس مرکب صفات وزن خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس و مقایسه میانگین این دو صفت با آزمون دانکن انجام شد. به‌منظور انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای SPSS (نسخه ۲۳) و Minitab (نسخه ۱۷) استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

تجزیه واریانس مرکب صفات وزن خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس (جدول ۱) نشان داد که بین اکوتیپ‌ها و بین شرایط آزمایش تفاوت معنی‌دار ($p<0.01$) وجود داشت ولی برهمکنش تنش×اکوتیپ برای این دو صفت غیرمعنی‌دار بود. معنی‌دار شدن اثر اکوتیپ برای این دو صفت بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین اکوتیپ‌ها از نظر این دو صفت می‌باشد. با توجه به اینکه برهمکنش تنش×اکوتیپ برای این دو صفت غیرمعنی‌دار شد، از مقایسه میانگین اثرات اصلی اکوتیپ در تجزیه واریانس مرکب برای این دو صفت (جدول ۲) استفاده گردید. بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی در هر دو شرایط در اکوتیپ‌های خرم‌آباد ۱ (۹۰/۷۷ گرم) و خرم‌آباد ۲ (۸۲/۰۱ گرم) و کمترین آن در هر دو شرایط در اکوتیپ شازند (۳۲/۰۸ گرم) دیده شد (جدول ۲). اکوتیپ خرم‌آباد ۱ (۳/۷۷ گرم) و خرم‌آباد ۲ (۳/۸۸ گرم) بیشترین و اکوتیپ شازند (۱/۲۹ گرم) کمترین عملکرد اسانس را در هر دو شرایط به خود اختصاص دادند (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین می‌توان گفت که اکوتیپ‌های خرم‌آباد ۱ و خرم‌آباد ۲ برای وزن خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس بیشترین مقدار را در هر دو شرایط آزمایش داشتند، بنابراین اکوتیپ‌های خرم‌آباد ۱ و خرم‌آباد ۲ را می‌توان به‌عنوان اکوتیپ‌های متحمل به شرایط خشکی از نظر این دو صفت معرفی کرد و آنها را جهت کشت در شرایط کم‌آبیاری پیشنهاد نمود.

همبستگی بین صفات

نتایج همبستگی بین صفات در هر دو شرایط آزمایش در جدول ۳ نشان داده شده است. در شرایط بدون تنش بین وزن تر و خشک اندام هوایی با بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین قطر تاج پوشش، سطح تاج پوشش، طول برگ، تعداد ساقه در بوته و عملکرد اسانس رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳) که بیانگر این است که در گیاه آویشن دنایی در شرایط بدون تنش هرچه مقدار این صفات زیاد شود عملکرد این گیاه افزایش می‌یابد. در شرایط بدون تنش

www.SID.ir

Archive of SID

بین وزن تر و خشک اندام هوایی با عرض برگ رابطه منفی و معنی‌داری دیده شد (جدول ۳)، به‌طوری‌که، با کاهش عرض برگ عملکرد آویشن دنایی افزایش می‌یابد. چنین نتیجه‌ای در شرایط تنش خشکی هم مشاهده گردید (جدول ۳). بین وزن تر و خشک اندام هوایی با بقیه صفات در هر دو شرایط آزمایش همبستگی معنی‌دار مشاهده نگردید (جدول ۳). بنابراین، توجه به صفات بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین قطر تاج پوشش، سطح تاج پوشش، طول برگ و عرض برگ در برنامه‌های اصلاحی با هدف افزایش عملکرد در گیاه آویشن دنایی ضروری است. با افزایش سطح تاج پوشش، طول برگ و تعداد ساقه در بوته وزن خشک اندام هوایی افزایش می‌یابد. به‌طورکلی، وزن اندام هوایی با تراکم اندام‌های هوایی مثل تعداد ساقه و طول برگ رابطه مستقیم و با عرض برگ رابطه معکوس دارد، به‌طوری‌که هرچه طول برگ زیادتر باشد قطر تاج پوشش افزایش یافته و وزن خشک گیاه نیز بیشتر می‌شود. با توجه به تأثیر مثبت سطح تاج پوشش بر روی وزن خشک بهتر است جهت هدف اصلاحی افزایش عملکرد، سطح تاج پوشش افزایش یابد. نتایج مشابهی با این تحقیق در پژوهش‌های انجام شده توسط افلاکیان و همکاران (Aflakian *et al.*, 2012)، پرویزپرشکوه و همکاران (Parvizparashkoh *et al.*, 2013)، هادیان و همکاران (Hadian *et al.*, 2016) و رضایی و همکاران (Razaei *et al.*, 2016) در آویشن دنایی از نظر ارتباط بین عملکرد با صفاتی مانند سطح تاج پوشش، طول و عرض برگ، تعداد ساقه در بوته گزارش شده است. در هر دو شرایط آزمایش درصد اسانس با صفات فنولوژیک مانند تعداد روز تا اولین و ۵۰٪ گلدهی رابطه مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۳). در واقع هرچه این گیاه دیرتر به گل برود و دیررس‌تر باشد درصد اسانس آن نیز بیشتر می‌شود. مطالعه انجام شده توسط رضایی و همکاران (Razaei *et al.*, 2016) در آویشن دنایی چنین نتیجه‌ای را تأیید می‌کند. بین درصد اسانس با وزن تر و خشک اندام هوایی در هر دو شرایط آزمایش همبستگی وجود نداشت (جدول ۳). چنین نتیجه‌ای در مطالعه رضایی و همکاران (Razaei *et al.*, 2016) نیز مشاهده گردید.

رگرسیون گام‌به‌گام و تجزیه علیت

نتایج رگرسیون گام‌به‌گام در اکوتیپ‌های آویشن دنایی در شرایط بدون تنش نشان داد که صفات سطح تاج پوشش، طول و عرض برگ، تعداد گل در گل‌آذین و تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی در معادله نهایی رگرسیون قرار گرفتند و ۷۱/۳ درصد از کل تغییرات وزن خشک اندام هوایی را توجیه کردند (جدول ۴). صفت سطح تاج پوشش به تنهایی ۶۲/۲ درصد از کل تغییرات را به خود اختصاص داد و چهار صفت دیگر ۹/۱ درصد از تغییرات وزن خشک اندام هوایی را توجیه کردند (جدول ۴) که این موضوع بیانگر نقش بسیار مهم سطح تاج پوشش در صفت وابسته می‌باشد. پس در شرایط بدون تنش می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات موجود در اکوتیپ‌ها برای سایر صفات به جز صفات وارد شده در رگرسیون گام‌به‌گام کمتر بوده و لذا این متغیرها وارد مدل نشدند چرا که رگرسیون گام‌به‌گام متغیرهای برآورد کننده را بر مبنای میزان تأثیرگذاری بر تنوع متغیر تابع وارد می‌کند و بنابراین این صفات این مشخصه را نداشتند. با توجه به نتایج حاصل از رگرسیون گام‌به‌گام می‌توان بیان کرد که صفات زراعی مانند سطح تاج پوشش، طول و عرض برگ در شرایط

www.SID.ir

Archive of SID

بدون تنش تأثیر بیشتری بر روی وزن خشک اندام هوایی گیاه آویشن دنایی دارند.

نتایج رگرسیون گام‌به‌گام در شرایط تنش خشکی نشان داد که صفات سطح تاج پوشش، طول و عرض برگ و تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی وارد معادله نهایی رگرسیون شدند که در کل این چهار صفت ۶۹/۸ درصد از تغییرات وزن خشک اندام هوایی را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). نکته مهم در مقایسه شرایط بدون تنش و تنش خشکی این است که صفات سطح تاج پوشش، طول و عرض برگ و تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی مشترک می‌باشند و صفت تعداد گل در گل‌آذین تنها در شرایط بدون تنش وارد مدل شد و بنابراین می‌توان گفت که این صفت به‌صورت خاص در شرایط بدون تنش تأثیرگذار می‌باشد. با توجه به این‌که در هر دو شرایط آزمایش صفات سطح تاج پوشش، طول و عرض برگ و تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی وارد مدل شده‌اند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که این صفات پایدارترین صفات در توجیه وزن خشک اندام هوایی در آویشن دنایی به‌حساب می‌آیند.

در پژوهش انجام شده توسط رضایی و همکاران (Razaei *et al.*, 2016) بر روی ۲۲ جمعیت گونه‌های بومی از جنس آویشن (*Thymus* sp.) چنین نتیجه‌گیری شد که در تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام صفات تعداد ساقه در بوته و طول برگ وارد مدل شدند که در مجموع ۶۰ درصد از تغییرات مربوط به وزن خشک را توجیه کردند (Razaei *et al.*, 2016). پرویزپرشکوه و همکاران (Parvizparashkoh *et al.*, 2013) در بررسی ۲۴ اکوتیپ از جنس آویشن نشان دادند که متغیرهای طول بوته، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و تعداد روز بین اولین و ۵۰٪ گلدهی چهار متغیری بودند که بر اساس نتایج حاصل از رگرسیون گام‌به‌گام تغییرات مربوط به متغیر عملکرد بوته را توجیه می‌نمایند. این نتایج تاحدودی با مطالعه حاضر مطابقت داشتند.

پس از تعیین اصلی‌ترین صفات مؤثر بر وزن خشک اندام هوایی با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام، میزان اثرات مستقیم و غیرمستقیم هر یک از صفات با استفاده از تجزیه علیت در هر دو شرایط آزمایش برآورد گردید و نتایج این تجزیه در جدول ۵ آورده شده است. نتایج تجزیه علیت در شرایط بدون تنش نشان داد که سطح تاج‌پوشش بیشترین اثر مستقیم و مثبت (۰/۵۲۸) را بر وزن خشک اندام هوایی داشت و اثر غیرمستقیم آن از طریق عرض برگ و طول برگ به‌ترتیب ۰/۱۵ و ۰/۱۳ بود (جدول ۵). عرض برگ اثر مستقیم و منفی (۰/۲۶-) بر وزن خشک اندام هوایی داشت و اثر غیرمستقیم این صفت از طریق سطح تاج‌پوشش ۰/۳۲- بود و اثر غیرمستقیم آن از طریق سایر صفات ناچیز بود (جدول ۵). طول برگ اثر مستقیم و مثبت (۰/۲۰۳) بر وزن خشک اندام هوایی داشت و اثر غیرمستقیم آن از طریق سطح تاج‌پوشش و عرض برگ به‌ترتیب برابر ۰/۳۵ و ۰/۱۱ بود و سایر اثرات غیرمستقیم آن ناچیز بود (جدول ۵). اثر مستقیم تعداد گل در گل‌آذین و تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی و اثرات غیرمستقیم آنها از طریق سایر صفات بر وزن خشک اندام هوایی ناچیز بود (جدول ۵) و بنابراین این دو صفت در شرایط بدون تنش از اهمیت کمتری در انتخاب اکوتیپ‌های آویشن دنایی برخوردار هستند. بر اساس نتایج تجزیه علیت در شرایط بدون تنش می‌توان صفات سطح تاج پوشش، طول و عرض برگ را به‌عنوان یکی از شاخص‌های انتخاب در آویشن دنایی پیشنهاد نمود به‌طوری‌که سطح تاج

www.SID.ir

Archive of SID

پوشش و طول برگ تأثیر مثبت و عرض برگ تأثیر منفی بر روی وزن خشک اندام هوایی دارند.

در شرایط تنش خشکی نیز سطح تاج پوشش بیشترین اثر مستقیم و مثبت (۰/۵۵۹) را بر وزن خشک اندام هوایی داشت و اثر غیرمستقیم آن از طریق طول و عرض برگ یکسان (۰/۱۱) بود (جدول ۵). عرض برگ اثر مستقیم و منفی (۰/۳۳-) بر وزن خشک اندام هوایی داشت و اثر غیرمستقیم این صفت از طریق سطح تاج پوشش ۰/۱۸- بود و سایر اثرات غیرمستقیم این صفت کم بود (جدول ۵). طول برگ اثر مستقیم و مثبت (۰/۲) بر وزن خشک اندام هوایی داشت و اثر غیرمستقیم آن از طریق سطح تاج‌پوشش و عرض برگ به‌ترتیب برابر ۰/۳۳ و ۰/۱۹ بود (جدول ۵). اثر مستقیم تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی و اثرات غیرمستقیم آن از طریق سایر صفات بر وزن خشک اندام هوایی کم بود (جدول ۵). با توجه به نتایج تجزیه علیت در شرایط تنش خشکی مشابه شرایط بدون تنش می‌توان صفات سطح تاج پوشش، طول برگ و عرض برگ را به‌عنوان صفات مؤثر بر وزن خشک اندام هوایی در آویشن دنایی معرفی نمود. نتایج تجزیه علیت صفات مؤثر بر عملکرد زیست توده در شنبلیله نشان داد که صفات تیپ رشد بوته و تاریخ رسیدگی دانه دارای اثر مستقیم بر عملکرد زیست توده در شرایط تنش خشکی می‌باشند، بطوری‌که اثر مستقیم و مثبت تیپ رشد بوته بیشتر از تاریخ رسیدن بود (Sadeghzade Ahari *et al.*, 2017).

تجزیه به عامل‌ها

نتایج مربوط به تجزیه به عامل‌ها در شرایط بدون تنش و تنش خشکی اکوتیپ‌های مورد بررسی در جدول ۶ آورده شده است. لازم به‌ذکر است که در تحقیق حاضر آزمون اسفریستی بارتلت در هر دو شرایط آزمایش معنی‌دار شد که بیانگر کافی بودن مقادیر همبستگی متغیرهای اولیه برای تجزیه به عامل‌ها می‌باشد. با در نظر گرفتن ریشه‌های بزرگ‌تر از یک در این تحقیق در هر دو شرایط آزمایش سه عامل اصلی شناسایی شدند که در شرایط بدون تنش این سه عامل ۷۶/۷۷ درصد و در شرایط تنش خشکی ۷۶/۱ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین کردند (جدول ۶). در هر عامل اصلی ضرایب عاملی بزرگ‌تر از ۰/۶ صرف‌نظر از علامت مربوطه معنی‌دار در نظر گرفته شدند. در شرایط بدون تنش عامل اول که بیشترین حجم از تغییرات داده‌ها (۴۹/۵۲ درصد) را تبیین کرد دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات وزن تر و خشک اندام هوایی، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین قطر تاج پوشش، سطح تاج پوشش، طول برگ، تعداد ساقه در بوته و عملکرد اسانس و دارای ضریب منفی و بزرگ با عرض برگ بود (جدول ۶). بنابراین، این عامل را می‌توان عامل عملکرد معرفی کرد. اگر گزینش بر اساس عامل اول صورت بگیرد بیشترین تأثیر را بر روی صفات مذکور با علامت مثبت خواهد داشت و اکوتیپ‌های برگزیده دارای عملکرد بالایی خواهند بود؛ پس گزینش بر اساس این عامل هدف اصلی اصلاح‌گران است. عامل دوم که ۱۹/۵۸ درصد از تغییرات را تبیین کرد دارای ضرایب مثبت و بزرگ برای صفات تعداد روز تا اولین و ۵۰٪ گلدهی، تعداد گل در گل‌آذین و درصد اسانس بود (جدول ۶). انتخاب بر اساس این عامل منجر به ایجاد گیاهانی با درصد اسانس و تعداد گل زیاد خواهد شد و بنابراین این عامل را می‌توان عامل فنولوژی معرفی کرد. عامل سوم که ۷/۶۷ درصد از تغییرات داده‌ها را نشان داد دارای ضریب بزرگ برای ارتفاع بوته می‌باشد (جدول ۶) و اکوتیپ‌های

www.SID.ir

Archive of SID

انتخاب شده براساس این عامل دارای ارتفاع بیشتر خواهند بود. در شرایط تنش نیز مانند شرایط بدون تنش سه عامل اصلی مشخص شد که این عوامل به‌ترتیب ۴۷/۴۵ درصد، ۱۸/۸۹ درصد و ۹/۷۶ درصد از تغییرات داده‌ها را نشان دادند (جدول ۶). صفات دارای ضرایب بالا در هر کدام از این سه عامل اصلی مشابه شرایط بدون تنش بود و بنابراین در شرایط تنش خشکی هم می‌توان عامل اول و دوم را به‌ترتیب عامل عملکرد و فنولوژی معرفی نمود. در این پژوهش بر اساس نتایج تجزیه به عامل‌ها بیشترین تفاوت اکوتیپ‌های آویشن دنایی در هر دو شرایط آزمایش مربوط به قسمت‌های رویشی و زایشی (بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین قطر تاج پوشش، سطح تاج پوشش، طول برگ، تعداد ساقه، ارتفاع بوته و تعداد گل در گل‌آذین) که نقش اصلی در تولید و ذخیره اسانس را دارند مشاهده و مشخص شد که این صفات بیشتر در این سه عامل اصلی قرار گرفتند و این تجزیه می‌تواند عوامل فرق‌گذار اصلی بین اکوتیپ‌های بررسی شده را روشن سازد. به‌طورکلی، با انتخاب صفات معرفی‌شده با روش تجزیه به عامل‌ها می‌توان معیارهای مناسبی را در ارتباط با گزینش ارقام با عملکرد بالا که از پایه‌های مهم اصلاحی محسوب می‌شوند، به‌دست آورد.

رضایی و همکاران (Razaei *et al.*, 2016) با بررسی ۲۲ جمعیت از جنس آویشن نشان دادند که چهار عامل اصلی بیش از ۸۲/۰۹ درصد واریانس کل را بیان می‌کند و صفات بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین قطر تاج پوشش، سطح تاج پوشش و عملکرد وزن تر، ارتفاع ساقه گل‌دهنده، تعداد ساقه در بوته، تعداد برگ در ساقه یک‌ساله، تعداد روز تا اولین و ۵۰٪ گلدهی و وزن و حجم اسانس در عامل اول و دوم قرار گرفتند. در مطالعه دیگر بر روی یازده اکوتیپ آویشن دنایی با استفاده از تجزیه به عامل‌ها نشان داده شد که ۱۴ صفت مورد بررسی در سه عامل اصلی قرار گرفتند و بیشترین تفاوت اکوتیپ‌ها در صفاتی مثل عملکرد خشک و تر، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین قطر تاج پوشش، ارتفاع ساقه، سطح برگ، طول برگ که در تولید و ذخیره اسانس نقش اساسی دارند، مشاهده شد (Aflakian *et al.*, 2012). در بررسی دیگر بر روی آویشن دنایی با استفاده از تجزیه به عامل‌ها مشخص شد که بیشترین تفاوت جمعیت‌ها از نظر قسمت‌هایی مثل برگ، براکته، ابعاد گل و کاسه‌گل که در تولید و ذخیره اسانس نقش اساسی دارند، می‌باشد (Shoryabi, 2013). تجزیه به عامل‌ها بر روی هفت جمعیت آویشن کرمانی توانست ۳۰ صفت ارزیابی شده را در پنج عامل اصلی بیان کند (Bigdeloo *et al.*, 2013). نتایج تحقیقات ذکر شده با نتایج حاصله از این مطالعه تا حدودی مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی، نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات وزن خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس (جدول ۱) نشان داد که بین اکوتیپ‌ها و بین شرایط آزمایش تفاوت معنی‌دار ($p<0.01$) وجود داشت ولی برهمکنش تنش×اکوتیپ برای این دو صفت غیرمعنی‌دار بود. بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس در هر دو شرایط در اکوتیپ‌های خرم‌آباد ۱ و خرم‌آباد ۲ و کمترین آن در هر دو شرایط در اکوتیپ شازند دیده شد. بنابراین اکوتیپ‌های خرم‌آباد ۱ و خرم‌آباد ۲ را می‌توان به‌عنوان اکوتیپ‌های متحمل به شرایط خشکی از نظر این دو صفت معرفی کرد و آنها را جهت کشت در شرایط کم‌آبیاری پیشنهاد نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج ضرایب همبستگی در شرایط بدون تنش و تنش خشکی نشان داد که وزن تر و خشک اندام هوایی با بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین قطر تاج پوشش، سطح تاج پوشش، طول برگ، تعداد ساقه در بوته و عملکرد اسانس رابطه مثبت و معنی‌دار و با عرض برگ رابطه منفی و معنی‌دار داشت. بین درصد اسانس با وزن تر و خشک اندام هوایی در هر دو شرایط آزمایش همبستگی وجود نداشت. نتایج رگرسیون گام‌به‌گام در اکوتیپ‌های آویشن دنایی (وزن خشک اندام هوایی به‌عنوان صفت وابسته) نشان داد که در شرایط بدون تنش صفات سطح تاج پوشش، طول و عرض برگ، تعداد گل در گل‌آذین و تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی و در شرایط تنش خشکی صفات سطح تاج پوشش، طول و عرض برگ و تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی در معادله نهایی رگرسیون قرار گرفتند. نتایج تجزیه علیت (وزن خشک اندام هوایی به‌عنوان صفت وابسته) در شرایط بدون تنش و تنش خشکی نشان داد که می‌توان صفات سطح تاج پوشش، طول و عرض برگ را به‌عنوان یکی از شاخص‌های انتخاب در آویشن دنایی پیشنهاد نمود به‌طوری‌که سطح تاج پوشش و طول برگ تأثیر مثبت و عرض برگ تأثیر منفی بر روی وزن خشک اندام هوایی دارند. با استفاده از تجزیه به عامل‌ها در هر دو شرایط آزمایش سه عامل اصلی شناسایی شد که در شرایط بدون تنش این سه عامل ۷۶/۷۷ درصد و در شرایط تنش خشکی ۷۶/۱ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین کردند و صفات وزن تر و خشک اندام هوایی، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین قطر تاج پوشش، سطح تاج پوشش، طول برگ، تعداد ساقه در بوته و عملکرد اسانس از اجزای تشکیل‌دهنده این عوامل در هر دو شرایط آزمایش بودند.

جدول ۱– تجزیه واریانس مرکب صفات وزن خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس در اکوتیپ‌های آویشن دنایی

Table 1- Combined analysis of variance for shoot dry weight and essential oil yield in *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* ecotypes

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	Mean of Squares میانگین مربعات	
		وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	عملکرد اسانس Essential oil yield
تنش Stress	1	30.05**	14078.6**
تنش (تکرار) Stress (Replication)	6	0.43	122.46
اکوتیپ Ecotype	11	5.67**	2266.94**
تنش×اکوتیپ Stress×Ecotype	11	0.18ns	53.34ns
خطا Error	66	0.17	49.73
ضریب تغییرات %C.V.	-	15.88	11.74

ns، * و ** : به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: non-significant and significant at 5 and 1% probability levels respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲– مقایسه میانگین صفات وزن خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس در اکوتیپ‌های آویشن دنایی

Table 2– Mean comparison of shoot dry weight and essential oil yield in *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* ecotypes

اکوتیپ	Ecotype	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (g)	عملکرد اسانس Essential oil yield (g)
اراک۲	Arak2	41.85^{g}	1.72^{f}
شازند	Shazand	32.08^{h}	1.29^{g}
اصفهان	Isfahan	47.53^{fg}	1.82^{f}
خرم‌آباد۱	Khoram abad1	90.77^{a}	3.77^{ab}
اراک۱	Arak1	72.68^{c}	3.11^{cd}
خرم‌آباد۲	Khoram abad2	82.01^{b}	3.88^{a}
فریدونشهر	Fereydunshahr	70.77^{cd}	3.43^{bc}
ملایر	Malayer	51.29^{ef}	2.71^{de}
الیگودرز	Aligudarz	56.54^{e}	2.9^{d}
فریدن	Faridan	54.97^{e}	1.86^{f}
همدان	Hamadan	64.02^{d}	2.31^{e}
سمیرم	Semirom	56.05^{e}	3.79^{d}

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۵٪ در آزمون دانکن با هم ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level by the Duncan's test.

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در اکوتیپ‌های آویشن دنایی در شرایط بدون تنش (پایین قطر) و تنش خشکی (بالای قطر) (df=46)

Table 3- Correlation coefficients among the studied traits in *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* ecotypes under non-stress (down diameter) and drought stress (up diameter) conditions

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	0.857**	0.740**	0.631**	0.796**	0.737**	-0.6**	0.057	0.091	0.172	0.060	0.845**	0.094	0.796**
2	0.922**	1	0.691**	0.582**	0.748**	0.675**	-0.5**	0.052	0.059	0.104	0.090	0.761**	0.015	0.890**
3	0.823**	0.765**	1	0.505**	0.873**	0.554**	-0.264	0.065	0.182	0.154	-0.036	0.714**	0.149	0.664**
4	0.760**	0.642**	0.573**	1	0.846**	0.404**	-0.30*	0.098	0.047	0.225	0.035	0.629**	0.119	0.576**
5	0.888**	0.794**	0.904**	0.859**	1	0.582**	-0.32*	0.035	0.137	0.196	0.009	0.786**	0.134	0.722**
6	0.735**	0.661**	0.648**	0.513**	0.661**	1	-0.5**	-0.247	0.242	0.260	0.446**	0.696**	0.259	0.736**
7	-0.68**	-0.66**	-0.55**	-0.49**	-0.60**	-0.44**	1	0.029	-0.151	-0.321*	-0.264	-0.58**	-0.274	-0.65**
8	-0.011	-0.056	-0.100	0.023	-0.075	-0.016	-0.131	1	-0.216	-0.145	-0.50**	-0.083	0.039	0.050
9	0.193	0.186	0.197	0.067	0.153	0.239	-0.190	-0.277	1	0.729**	0.433**	0.202	0.664**	0.350*
10	0.213	0.162	0.231	0.110	0.202	0.194	-0.257	-0.34*	0.727**	1	0.390**	0.305*	0.642**	0.373**
11	0.161	0.206	0.097	-0.071	0.018	0.113	-0.150	-0.4**	0.439**	0.467**	1	0.136	0.377**	0.277
12	0.811**	0.733**	0.715**	0.620**	0.743**	0.597**	-0.60**	-0.029	0.243	0.236	0.211	1	0.160	0.755**
13	0.150	0.120	0.091	0.121	0.107	0.103	-0.197	-0.179	0.654**	0.668**	0.359*	0.255	1	0.452**
14	0.810**	0.850**	0.654**	0.564**	0.680**	0.579**	-0.6**	-0.155	0.483**	0.465**	0.366*	0.717**	0.613**	1

*و** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and ** significant at 5% and 1% level, respectively.

1: وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight ، 2: وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight ، 3: بزرگترین قطر تاج‌پوشش Maximum diameter of canopy، 4: کوچکترین قطر تاج‌پوشش Minimum diameter of canopy، 5: سطح تاج‌پوشش Canopy area، 6: طول برگ Leaf length، 7 : عرض برگ Leaf width، 8 : ارتفاع بوته Plant height، 9 : تعداد روز تا اولین گلدهی No. days to start of flowering، 10 : تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی No. days to 50% of flowering، 11 : تعداد گل در گل‌آذین No. flowers in inflorescence، 12 : تعداد ساقه در بوته No. stems in plant، 13 : درصد اسانس Essential oil percent، 14 : عملکرد اسانس Essential oil yield

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- نتایج رگرسیون گام‌به‌گام برای وزن خشک اندام هوایی در اکوتیپ‌های آویشن دنایی در شرایط بدون‌تنش و تنش خشکی

Table 4- Results of stepwise regression analysis for shoot dry weight in *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* ecotypes under non-stress and drought stress conditions

شرایط آزمایش Conditions	مراحل رگرسیون Regression steps	عدد ثابت Constant	متغیرهای وارد شده به مدل Added variables to model					ضریب تبیین Adjusted R2	F رگرسیون Regression F
			سطح تاج‌پوشش Canopy area	عرض برگ Leaf width	طول برگ Leaf length	تعداد گل در گل‌آذین No. flowers in inflorescence	تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی No. days to 50% of flowering		
بدون تنش Normal	1	34.63**	0.019**	-	-	-	-	0.622	78.24**
	2	67.73**	0.015**	-37.57**	-	-	-	0.668	48.19**
	3	55.61**	0.011**	-35.7*	9.36*	-	-	0.69	35.84**
	4	40.2*	0.012**	-31.94*	8.41	0.064	-	0.702	28.73**
	5	54.22**	0.012**	-34.12*	8.53	0.094*	-0.22	0.713	24.33**

شرایط آزمایش Conditions	مراحل رگرسیون Regression steps	عدد ثابت Constant	متغیرهای وارد شده به مدل Added variables to model					ضریب تبیین Adjusted R2	F رگرسیون Regression F
			تعداد ساقه در بوته No. stems in plant	سطح تاج پوشش Canopy area	عرض برگ Leaf width	تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی No. days to 50% of flowering	طول برگ Leaf length		
تنش خشکی Drought stress	1	16.19**	0.93**	-	-	-	-	0.57	63.24**
	2	14.84**	0.55**	0.012*	-	-	-	0.622	39.65**
	3	42.76**	0.24	0.015**	-38.27**	-	-	0.673	33.22**
	4	51.12**	-	0.019**	-47.3**	-	-	0.67	48.65**
	5	69.89**	-	0.019**	-52.99**	-0.19	-	0.685	35.1**
	6	57.17**	-	0.017**	-41.93**	-0.21	11.31	0.698	28.1**

*و** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and ** significant at 5% and 1% level, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- تجزیه علیت وزن خشک اندام هوایی در اکوتیپ‌های آویشن دنایی در شرایط بدون‌تنش و تنش خشکی

Table 5- Path analysis of shoot dry weight in *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* ecotypes under non-stress and drought stress conditions

شرایط آزمایش Conditions	صفات Traits	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیر مستقیم از طریق Indirect effect via					ضریب همبستگی با وزن خشک اندام هوایی Correlation with shoot dry weight
			سطح تاج‌پوشش Canopy area	عرض برگ Leaf width	طول برگ Leaf length	تعداد گل در گل‌آذین No. flowers in inflorescence	تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی No. days to 50% of flowering	
بدون تنش Normal	سطح تاج‌پوشش Canopy area	0.528	-	-0.32	0.35	0.01	0.1	0.794
	عرض برگ Leaf width	-0.26	0.15	-	0.11	0.04	0.07	-0.662
	طول برگ Leaf length	0.203	0.13	-0.09	-	0.02	0.04	0.661
	تعداد گل در گل‌آذین No. flowers in inflorescence	0.203	0.003	-0.03	0.02	-	0.09	0.206
	تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی No. days to 50% of flowering	-0.146	-0.03	0.03	-0.03	-0.07	-	0.162

شرایط آزمایش Conditions	صفات Traits	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیر مستقیم از طریق Indirect effect via				ضریب همبستگی با وزن خشک اندام هوایی Correlation with shoot dry weight
			سطح تاج‌پوشش Canopy area	عرض برگ Leaf width	طول برگ Leaf length	تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی No. days to 50% of flowering	
تنش خشکی Drought stress	سطح تاج‌پوشش Canopy area	0.559	-	-0.18	0.33	0.11	0.748
	عرض برگ Leaf width	-0.33	0.11	-	0.19	0.11	-0.577
	طول برگ Leaf length	0.2	0.11	-0.12	-	0.05	0.675
	تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی No. days to 50% of flowering	-0.162	-0.03	0.05	-0.04	-	0.104

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶– تجزیه به عامل‌ها در اکوتیپ‌های آویشن دنایی در شرایط بدون‌تنش و تنش خشکی

Table 6- Factor analysis in *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* ecotypes under non-stress and drought stress conditions

شرایط آزمایش Conditions		بدون تنش Normal			تنش خشکی Drought stress		
Traits	صفات	عامل اول First factor	عامل دوم Second factor	عامل سوم Third factor	عامل اول First factor	عامل دوم Second factor	عامل سوم Third factor
Shoot fresh weight	وزن تر اندام هوایی	0.945	-0.224	-0.049	0.903	-0.268	-0.061
Shoot dry weight	وزن خشک اندام هوایی	0.896	-0.189	-0.105	0.867	-0.292	-0.113
Maximum diameter of canopy	بزرگترین قطر تاج‌پوشش	0.848	-0.200	-0.157	0.782	-0.255	0.142
Minimum diameter of canopy	کوچکترین قطر تاج‌پوشش	0.744	-0.318	0.045	0.705	-0.246	0.173
Canopy area	سطح تاج‌پوشش	0.898	-0.283	-0.092	0.864	-0.288	0.125
Leaf length	طول برگ	0.742	-0.152	-0.072	0.811	0.117	-0.354
Leaf width	عرض برگ	-0.726	0.112	-0.240	-0.658	-0.123	0.172
Plant height	ارتفاع بوته	-0.122	-0.520	0.744	-0.045	-0.417	0.735
No. days to start of flowering	تعداد روز تا اولین گلدهی	0.397	0.744	0.204	0.333	0.774	0.268
No. days to 50% of flowering	تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی	0.414	0.753	0.152	0.409	0.710	0.310
No. flowers in inflorescence	تعداد گل در گل‌آذین	0.277	0.655	-0.399	0.267	0.684	-0.462
No. stems in plant	تعداد ساقه در بوته	0.848	-0.098	0.006	0.893	-0.121	-0.074
Essential oil percent	درصد اسانس	0.364	0.719	0.416	0.346	0.698	0.445
Essential oil yield	عملکرد اسانس	0.899	0.229	0.113	0.928	0.062	0.070
مقادیر ویژه Eigenvalues		6.93	2.74	1.07	6.64	2.64	1.36
درصد واریانس % of variance		49.52	19.58	7.67	47.45	18.89	9.76
درصد واریانس تجمعی Cumulative of variance (%)		49.52	69.1	76.77	47.45	66.34	76.1

www.SID.ir

Archive of SID

References منابع مورد استفاده

- Aflakian, S., H. Zeinali, H. Maddah Arefy, Sh. Enteshary, and Sh. Kaveh. 2012. Study of yield and yield components in 11 ecotype of *Thymus daenensis* Celak. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 28(2): 187-197. (In Persian).
- Bahrami Najad, S., and A. Papzan. 2006. Effect of row spacing on different characteristics of black cumin (*Nigella sativa* L.) under Kermanshah conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences.* 3(3): 241-249. (In Persian).
- Balandari, A. 2011. Echophysiological characteristics and cultivation aspects of dwarf chicory (*Cichorium pumilum* Jacq.) in Mashhad. Ph.D. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
- Bigdeloo, M., V. Nazeri, and J. Hadian. 2013. Evaluation of morphological variations in different endemic *Thymus caramanicus* Jalas. species to Iran. *Journal of Applied Crop Breeding.* 1(2): 145- 160. (In Persian).
- Davazdahemami, S., and N. Majnoonhosini. 2008. Cultivation and production of certain herbs and species. Tehran University. 300 pp.
- Ghaderi, A.A., B. Fakheri, and N. Mahdi Nezhad. 2017. Evaluation of the morphological and physiological traits of thyme (*Thymus vulgaris* L.) under water deficit stress and foliar application of ascorbic acid. *Crops Improvement*. 19(4): 817-835. (In Persian).
- Ghasemi Pirbaloti, A., M. Samani, M. Hashemi, and H. Zeinali. 2014. Salicylic acid affects growth, essential oil and chemical composition of thyme (*Thymus daenensis* Celak.) under reduced irrigation. *Plant Growth Regulation*. 72: 289-301.
- Hadian, J., E. Karimi, M. Shouryabi, F. Nadjafi, and M.R. Kanani. 2016. Evaluation of morphological variation and path coefficient analysis of oil content of *Thymus daenensis* Celak populations. *Plant Production Technology*. 8(1): 41-56. (In Persian).
- Jamzad, Z. 2010. Thymus and Satureja spp of Iran. Research Instituted of Forests and Rangelands Press. 172 pp. (In Persian).
- Johnson, R.A., and D.W. Wichern. 2007. Applied multivariate statistical analysis. Pearson Education, Upper Saddle River. New Jersey. 773 pp.
- Majer, P., L. Sass, T. Lelley, L. Cseuz, I. Vass, D. Dudits, and J. Pauk. 2008. Testing drought tolerance of wheat by a complex stress diagnostic system installed in greenhouse. *Acta Biologica Szegediensis*. 52: 97-100.
- Nickavar, B., F. Mojab, and R. Dolat-Abadi. 2005. Composition of the volatile oil of *Thymus daenensis* Celak. subsp. *daenensis. Journal of Medicinal Plants.* 1(13): 45-49. (In Persian).
- Omidbaygi, R. 2009. Production and processing of medicinal plants. Astane Ghodse Razavi. First Vol. 347 pp. (In Persian).
- Parvizparashkoh, S., A. Mohamadi, and S. Mousavi. 2013. Study of morphologic diversity of 24 *Thymus* ecotypes. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*. 21(2): 329-342. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

- Razaei, M., A. Safarnejad, M. Arab, S.B.L. Alamdari, and M. Dalir. 2016. Investigation of morphologic variation and essence value in several Thyme native species (*Thymus* sp) of Iran. *Journal of Horticulture Science*. 30(3): 383-394. (In Persian).
- Rezaei, A., and A. Soltani. 2008. An introduction to applied regression analysis. Publication Center of Isfehan University. 294 pp. (In Persian).
- Sadeghzade Ahari, D., M.R. Hassandokht, A. Kashi, and A. Omri. 2017. Effect of some agronomical and physiological traits on fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) seed yield and biomass under drought condition**.** *Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology*. 3(2): 67-84. (In Persian).
- Shoryabi, M. 2013. The domestication of Thyme daenensis: Morphological diversity, phytochemical, sustainability quantitative and qualitative characteristics and micropropagation. M.Sc. Thesis, Shahid. Beheshti University of Tehran. (In Persian).
- Stahl-biskup, E. 2002. In thyme: The genus *Thymus*. Essential oil chemistry of the genus *Thymus*- A global view. Taylor and Francis London. pp. 75–124.

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluating the Relationships among Traits in Thyme (*Thymus daenensis* subsp. *daenensis*) Ecotypes under Non-Stress and Drought Stress Conditions

Masoud Golestani[1*]

Received: September 2019 , Revised: 10 November 2019, Accepted: 24 December 2019

Abstract

To study the relationships among traits of thyme ecotypes, two experiments under non-stress and drought stress conditions were carried out using randomized complete block design with four replications in Abarkouh during 2017-2018 cropping season. Correlation analysis was used for evaluation of relationships among traits. Stepwise regression and path analysis were used for determination of effective traits on shoot dry weight and for determination of direct and indirect effects on shoot dry weight, respectively. Factor analysis was used for identifying factors that produce special correlations among measured variables. Correlation coefficients among traits showed that there were significant positive correlation among traits like shoot fresh and dry weight with maximum and minimum diameter of canopy, canopy area, leaf length, number of stems per plant and essential oil yield under both conditions. The result of stepwise regression showed that canopy area, leaf width, leaf length, number of flower in inflorescence and number of days to 50% of flowering under non-stress condition and canopy area, leaf width, leaf length and number of days to 50% of flowering under stress condition were entered to the stepwise regression model. The result of path analysis under both conditions showed that canopy area had the highest direct and positive effect on shoot dry weight and leaf width and negative effect on shoot dry weight. Based on factor analysis, three factors were selected and these factors explained 76% of total variation under both conditions and traits such as shoot fresh and dry weight, maximum and minimum diameter of canopy, canopy area, leaf length, number of stems per plant and essential oil yield were main components of these factors.

Key words: Correlation, Factor analysis, Path analysis, Stepwise regression.

1- Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran.
**Corresponding Author: ma_golestani@yahoo.com*

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir