

بررسی روابط بین صفات زراعی و فیزیولوژیک در آویشن دنايي (*Thymus daenensis* subsp. *daenensis*) تحت شرایط تنش شوری

مسعود گلستانی

استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۲۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۳)

چکیده

به منظور بررسی روابط بین صفات زراعی و فیزیولوژیک ۱۲ اکوتیپ آویشن دنايي (*Thymus daenensis* subsp. *daenensis*) در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری ۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. ضرایب همبستگی بین وزن خشک اندام هوایی با کلروفیل *a* و *b*، پتاسیم، میزان نسبی آب برگ، سطح تاج پوشش، تعداد ساقه در بوته و طول برگ در هر دو شرایط آزمایش، مثبت و معنی دار و با نسبت سدیم به پتاسیم و نشت یونی، منفی و معنی دار بود. بر اساس نتایج رگرسیون گام به گام، صفات سطح تاج پوشش و کاروتنوئید در شرایط بدون تنش و صفات طول برگ و تعداد ساقه در بوته در شرایط تنش شوری وارد مدل شدند. نتایج حاصل از تجزیه علیت نشان داد که صفت سطح تاج پوشش در شرایط بدون تنش، بیشترین اثر مستقیم و مثبت و صفات طول برگ و تعداد ساقه در بوته در شرایط تنش شوری، اثر مستقیم و مثبت بر وزن خشک اندام هوایی داشتند.

واژه‌های کلیدی: آویشن دنايي، تجزیه علیت، رگرسیون گام به گام، شوری، همبستگی.

Investigation the relationships among agronomic and physiological traits of *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* ecotypes under salt stress condition

Masoud Golestani

Department of Agriculture, Payame Noor University (PNU) of Tehran, Iran.
(Received: June 15, 2020 - Accepted: September 24, 2020)

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the relationships among some of the agronomic and physiological traits of twelve *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* ecotypes under normal and salt (120 mM NaCl) stress conditions in a factorial experiment using randomized complete block design with three replications. Shoot dry weight under both conditions had significant positive correlation with chlorophyll *a* and *b*, potassium, relative water content, canopy area, leaf length and number of stems in plant and had significant negative correlation with sodium to potassium ratio and ion leakage. According to stepwise regression results, canopy area and carotenoid under normal condition and leaf length and number of stems in plant under salt stress condition were entered to the model. The result of path analysis showed that canopy area had the most positive direct effect on shoot dry weight under normal condition and leaf length and number of stems in plant had positive effects on shoot dry weight under salt stress condition.

Keywords: Correlation, path analysis, salinity, stepwise regression, *Thymus daenensis* subsp. *daenensis*.

مقدمه

به صورت حضور مواد معدنی اضافی یا تجمع نمک در خاک این نواحی بیان می شود (Parida et al., 2004). تنش شوری علاوه بر سمیت یونی که به واسطه جذب و تجمع یون‌ها در گیاه ایجاد می کند، به دلیل برهم زدن تعادل اسمزی، جذب آب به وسیله گیاه را مختل

تنش‌های محیطی بر رشد و نمو گیاهان اثر سوء دارند و سبب کاهش رشد و عملکرد گیاهان می شوند. تنش شوری از جمله تنش‌های غیرزنده است که تولید محصولات را در مناطق مختلف به ویژه در نواحی خشک و نیمه خشک با مشکل مواجه می کند و

مختلف، استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره به‌منظور بررسی و معرفی صفات مؤثر در عملکرد این گیاهان و در نتیجه شناسایی اکوتیپ‌های برتر می‌تواند بسیار مفید باشد. بررسی روابط بین صفات با استفاده از ضرایب همبستگی ساده، تنها رابطه خطی بین دو صفت را نشان می‌دهد و به همین دلیل، توجه تنها به ضرایب همبستگی ساده بین صفات نمی‌تواند صحیح باشد. بنابراین باید از یک روش آماری بر پایه روابط علت و معلولی استفاده نمود تا ضمن بررسی روابط بین صفات، اهمیت صفات مؤثر بر صفت وابسته نیز برآورد شود. با استفاده از تجزیه علیت می‌توان ضرایب همبستگی را به اثرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته تقسیم کرد و صفات مستقلى را که دارای اثرات مهم‌تری هستند، به‌عنوان معیارهای انتخاب جهت افزایش صفت وابسته در نظر گرفت (Selvaraj & Nagarajan, 2011).

نتایج حاصل از بررسی ضرایب همبستگی در آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) نشان داده است که بین وزن خشک شاخساره با کلروفیل *a*، کلروفیل *b* و پرولین، ارتباط مثبت و معنی‌دار وجود داشت، ولی ارتباطی بین وزن خشک شاخساره با کاروتنوئید مشاهده نشد. نتایج تجزیه به‌عامل‌ها نشان داد که چهار عامل، در مجموع ۹۸ درصد از تغییرات کل داده‌ها را بیان می‌کنند (Ghaderi *et al.*, 2017). در مطالعه انجام شده در گیاه علف‌جارو (*Bassia scoparia* L.) در سطوح مختلف شوری مشاهده شد که وزن خشک، با سدیم همبستگی منفی و معنی‌دار و با نسبت پتاسیم به سدیم، همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت، ولی بین وزن خشک با میزان نسبی آب برگ و پتاسیم ارتباطی دیده نشد. تجزیه رگرسیون مرحله‌ای (وزن خشک کل به‌عنوان متغیر وابسته) در این پژوهش نشان داد که تعداد شاخه جانبی و سطح برگ، بیشترین میزان تغییرات مربوط به وزن خشک را توجیه می‌کنند و صفات فیزیولوژیک بررسی شده مانند میزان سدیم، پتاسیم، میزان نسبی آب برگ، وارد معادله رگرسیون مرحله‌ای نشدند (Mehdikhani *et al.*, 2020). نتایج حاصل از ضرایب

می‌کند؛ بنابراین نوعی خشکی فیزیولوژیک در سطح سلولی را ایجاد می‌کند و فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه مانند فتوسنتز، تنفس، ساخت پروتئین، سوخت و ساز لیپید و انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Asish Kumar & Bandhu Das, 2005). اثر تنش شوری بر همه گیاهان و گونه‌های مختلف یک گیاه مشابه نیست و بنابراین بررسی توده‌ها و یا اکوتیپ‌های مختلف یک گیاه در سطوح مختلف شوری لازم به‌نظر می‌رسد.

آویشن گیاهی معطر از خانواده نعنائیان (Lamiaceae) با خواص ضد نفخ، هضم‌کننده غذا، ضد اسپاسم، ضد سرفه، خلط‌آور، ضد قارچ، ضد باکتری و ضد انگل است و به دلیل داشتن ترکیب تیمول و کارواکرول، از گیاهان دارویی با ارزش و پرمصرف در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی بهداشتی به‌شمار می‌رود. این گیاه، بومی غرب مدیترانه و جنوب ایتالیا است (Emam, 2008). آویشن دناپی (*Thymus daenensis* subsp. *daenensis*) از گونه‌های بومی ایران است که هنوز اهلی نشده است. این گیاه در شمال‌غرب، مرکز و جنوب‌غرب ایران پراکنش دارد که بیانگر سازگاری بالای این گیاه با شرایط خاکی و اقلیمی مختلف است. علاوه بر سازگاری بالا، این گیاه دارای اسانس و تیمول بیشتری درمقایسه با سایرگونه‌های آویشن است (Barazandeh & Bagherzadeh, 2007).

بررسی‌های انجام شده نشان داده است که گزینش بر اساس عملکرد و صفات فیزیولوژیک دخیل در تحمل به تنش، باعث افزایش کارایی جذب و مصرف آب، بیشتر شدن طول دوره فتوسنتز و در نتیجه استفاده مؤثر از مواد فتوسنتزی می‌شود؛ بنابراین بهتر است که انتخاب ژنوتیپ‌های حاصل از برنامه‌های به‌نژادی، بر اساس صفات فیزیولوژیکی، عملکرد و کل ماده خشک انجام شود (Winter *et al.*, 1988). بر این اساس، درک سازوکارهای فیزیولوژیکی و زراعی مرتبط با تحمل ژنوتیپ‌های گیاهی در برابر شوری حائز اهمیت است و می‌تواند در انتخاب و معرفی ارقام مناسب برای شرایط شور بسیار مفید باشد. با توجه به تفاوت بسیار بین اکوتیپ‌های محلی گیاهان دارویی از نظر صفات

سال ۱۳۹۷ در شهر ابرکوه (طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و هفت دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۵۰ متر) اجرا شد. بذرها ۱۲ اکوتیپ مورد مطالعه 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 شد. برای کاشت از گلدان‌های سه کیلوگرمی استفاده شد که با خاک زراعی، ماسه و خاک‌برگ به نسبت یکسان پر شدند. برای زهکشی مناسب و جلوگیری از تجمع نمک در گلدان‌ها، در کف گلدان‌ها از بافت درشت استفاده شد. بذرها ۱۰-۱۲ برگ، تنش شوری اعمال شد. تا قبل از اعمال شوری، گلدان‌ها به میزان یکسان و هفته‌ای سه بار آبیاری شدند. سطح شوری مورد استفاده برای جلوگیری از شوک اسمزی و همچنین ممانعت از اعمال ناگهانی تنش، از ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم آغاز شد و به تدریج در گلدان‌ها غلظت بیشتر شد. آبیاری با آب شور به صورت زه‌آب بود تا نمک درون خاک تجمع نیابد. بعد از چند بار اعمال تنش، از آب خروجی از ته گلدان‌ها برای اندازه‌گیری EC خاک با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج (Jenway مدل ۴۵۱۰) استفاده شد و در نمونه‌هایی که شوری آب بیش از اندازه بود، آبیاری انجام شد تا به میزان مورد نظر برسند. در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، صفات طول برگ، ارتفاع بوته، سطح تاج‌پوشش، تعداد ساقه در بوته و وزن خشک اندام هوایی اندازه‌گیری شدند. برای تعیین سطح تاج‌پوشش، ابتدا میانگین بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین قطر تاج‌پوشش هر اکوتیپ محاسبه شد و مقدار حاصل به‌عنوان قطر دایره‌ای فرضی در نظر گرفته شد و با استفاده از فرمول محاسبه مساحت دایره، مقدار تاج‌پوشش هر اکوتیپ بر حسب سانتی‌متر

همبستگی بین برخی از صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه کوشیا (*Kochia scoparia*) در سطوح شوری نشان داد که بین ماده خشک کل با کلروفیل a ، کلروفیل b و میزان نسبی آب برگ، همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت، ولی بین ماده خشک کل با کاروتنوئید همبستگی دیده نشد. مدل برآورد عملکرد ماده خشک با استفاده از صفات مورد مطالعه نشان داد که بین صفات مورد بررسی، میزان فتوسنتز، محتوای نسبی کلروفیل، رنگدانه‌های فتوسنتزی و فنول کل، همبستگی مناسبی با تولید ماده خشک در کوشیا داشتند (Kafi et al., 2013). نتایج حاصل از رگرسیون گام‌به‌گام با استفاده از وزن خشک ۱۰۰ چترک به‌عنوان متغیر وابسته در ۲۵ جمعیت لعل‌کوهستان (*Oliveria decumbens* Vent.) نشان داد که صفات طول میانگره، طول برگ، وزن تر ۱۰۰ چترک، نسبت وزن خشک به تر و نسبت کلروفیل a به b وارد مدل رگرسیونی شدند. با توجه به اهمیت گیاه دارویی آویشن دنیایی، مطالعات اندکی روی این گیاه در شرایط محیطی مختلف انجام شده است و با بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد که مطالعه روابط بین صفات فیزیولوژیک و زراعی در شرایط تنش شوری برای اکوتیپ‌های مختلف این گیاه انجام نشده است و این پژوهش یکی از اولین مطالعات در این زمینه می‌باشد. با توجه به مطالب گفته شده، هدف از این مطالعه، شناسایی صفات فیزیولوژیک و زراعی مؤثر بر وزن خشک اندام هوایی در گیاه دارویی آویشن دنیایی با استفاده از روش‌های همبستگی ساده، رگرسیون گام‌به‌گام و تجزیه علیت در شرایط تنش شوری بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی روابط بین صفات در گیاه دارویی آویشن دنیایی در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه با طول دوره روشنایی ۱۶ ساعت، تاریکی هشت ساعت و دمای ۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد در

فشار یک اتمسفر به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شد و پس از خنک شدن لوله‌ها تا دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها (EC_2) دوباره اندازه‌گیری و درصد نشت یونی با رابطه زیر محاسبه شد (Hamed *et al.*, 2007):

$$\text{رابطه (۱)} \quad (EC_1/EC_2) \times 100 = \text{درصد نشت یونی}$$

به منظور اندازه‌گیری میزان نسبی آب برگ، ابتدا وزن برگ‌های تازه (Fw) اندازه‌گیری شد و سپس برای تعیین وزن آماس (Tw)، برگ‌ها در دمای اتاق به مدت ۲۴ ساعت داخل آب مقطر قرار داده شدند و پس از خشک شدن آب روی برگ‌ها، وزن شدند. سپس برگ‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و وزن خشک آنها (Dw) تعیین شد. با استفاده از این مقادیر، میزان نسبی آب برگ با رابطه زیر محاسبه شد (Qasim *et al.*, 2003):

رابطه (۲)

$$RWC = [(Fw - Dw)] / [(Tw - Dw)] \times 100$$

برای تعیین مقادیر کلروفیل a و b و کاروتنوئید، نیم گرم از برگ‌های تازه با استون ۸۰ درصد ساییده شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور سانتریفیوژ شدند و پس از آن، مقادیر کلروفیل a و b کاروتنوئید، به ترتیب در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (Unico مدل UV2100) قرائت شد. غلظت رنگدانه‌ها با استفاده از رابطه‌های زیر و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه محاسبه شد (Arnon, 1967):

رابطه (۳)

$$\text{Chlorophyll } a = [(12.25 (A663) - 2.55 (A645))]V/100W$$

رابطه (۴)

$$\text{Chlorophyll } b = [(20.31 (A645) - 4.91 (A663))]V/100W$$

رابطه (۵)

$$\text{Car.} = 1000(A470) - 3.27 (\text{Chl.a}) - 104 (\text{Chl.b})/227$$

در رابطه‌های بالا، V : حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A : جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر و W : وزن تر نمونه بر حسب گرم می‌باشد. برای تعیین میزان سدیم و پتاسیم در برگ گیاه، از روش هضم تر استفاده شد (Hejazi *et al.*, 2004) و سپس میزان سدیم و پتاسیم

مربع محاسبه شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی، بوته‌ها در مرحله ۵۰ درصد گلدهی برداشت شدند و در سایه و در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و سپس با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد و در نهایت وزن خشک اندام هوایی بر حسب گرم در بوته تعیین شد. پس از پایان اعمال شوری، صفات فیزیولوژیکی شامل میزان پرولین، کلروفیل a و b ، کاروتنوئید، میزان عناصر سدیم، پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم، میزان آب نسبی برگ و درصد نشت یونی نمونه‌ها اندازه‌گیری شدند.

برای اندازه‌گیری پرولین برگ، نمونه‌های برگ تر در ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالسیلیک سه درصد به وسیله هاون، هموژن شدند و عصاره حاصل صاف شد. دو میلی‌لیتر اسیداستیک و دو میلی‌لیتر ناین‌هیدرین به دو میلی‌لیتر از عصاره صاف شده فوق، اضافه شد. محلول حاصل به مدت یک ساعت در حمام آب گرم در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس برای پایان یافتن واکنش، لوله‌های آزمایش در داخل یک بستر یخی قرار گرفت و چهار میلی‌لیتر تولوئن به هر لوله اضافه شد و به مدت ۳۰ ثانیه تکان داده شد. پس از ۳۰ ثانیه همزدن و جدا شدن دو فاز از یکدیگر، فاز رنگی تولوئن در بالا قرار گرفت و فاز آبی جدا شد. غلظت پرولین نمونه‌ها در تولوئن با استفاده از اسپکتروفتومتر (Unico مدل UV2100) در طول موج ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و در نهایت با توجه به منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف پرولین، غلظت آن بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد (Bates *et al.*, 1973).

برای سنجش میزان نشت یونی، ابتدا بافت تازه اندام هوایی گیاه انتخاب شد و پس از شستشو با آب مقطر درون لوله آزمایش قرار گرفت و ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و به مدت دو ساعت درون حمام آب گرم با دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها (EC_1) با دستگاه هدایت‌سنج (Jenway مدل ۴۵۱۰) اندازه‌گیری شد. سپس لوله آزمایش در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که بین اکوتیپ‌ها و بین شرایط آزمایش، تفاوت معنی‌دار ($p < 0.01$) برای تمام صفات مورد مطالعه وجود داشت (جدول ۱). برهمکنش تنش \times اکوتیپ برای صفات کلروفیل a ، کاروتنوئید، سدیم، پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم و سطح تاج‌پوشش معنی‌دار بود (جدول ۱). معنی‌دار شدن اثر اکوتیپ برای این صفات مورد مطالعه، بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین اکوتیپ‌ها از نظر این صفات و امکان بررسی صفات در این اکوتیپ‌ها با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره می‌باشد.

با استفاده از دستگاه فیلم‌فوتومتر (Jenway مدل PFP7) بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک اندازه‌گیری شدند.

تجزیه واریانس صفات بر اساس طرح آزمایشی مربوطه پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها انجام شد. برای درک روابط بین صفات مورد مطالعه، ضرایب همبستگی ساده پیرسون بین صفات، محاسبه شد و جهت تعیین صفات مؤثر بر وزن خشک اندام هوایی به‌عنوان صفت وابسته، از آزمون رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد. جهت تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مستقل بر وزن خشک اندام هوایی، از روش تجزیه علیت استفاده شد. به‌منظور انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای SPSS (نسخه ۲۳) و Minitab (نسخه ۱۷) استفاده شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در اکوتیپ‌های آویشن دنبایی

Table 1. Variance analysis of studied traits in *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* ecotypes

SOV	df	Prolin	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Carotenoid	Na+	K+	Na+/K+
Replication	2	0.04ns	0.01ns	0.02ns	0.11ns	2.32ns	22.55*	0.03*
Ecotype	11	0.45**	12.41**	8.9**	15.51**	58.98**	647.11**	0.41**
Stress	1	86.92**	77.81**	82.18**	30.46**	17049.8**	4659.9**	13.04**
Stress \times Ecotype	11	0.06ns	0.26*	0.12ns	0.62**	49.35**	15.38**	0.14**
Error	46	0.04	0.13	0.09	0.11	4.32	4.66	0.01
CV (%)	-	6.26	8.05	8.53	5.77	6.85	6.7	8.62

ns, * and **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively

ادامه جدول ۱

Continued Table 1

SOV	df	Relative water content	Ion leakage	Shoot dry weight	Canopy area	Plant height	No. of stem	Leaf length
Replication	2	75.54**	21.85**	0.7**	4708.76ns	24.48ns	117.25*	0.075ns
Ecotype	11	230.21**	156.47**	0.93**	1636919.2**	16.22**	750.7**	0.12**
Stress	1	1710.24**	1447.75**	26.82**	9434147.2**	123.24**	2611.12**	1.22**
Stress \times Ecotype	11	1.04ns	0.76ns	0.13 ns	238843.6**	5.32ns	34.01ns	0.012ns
Error	46	5.81	4.22	0.1	2108.1	4.25	27.8	0.036
CV (%)	-	3.66	3.29	11.12	3.41	15.13	15.24	18.82

ns, * and **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

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

همبستگی بین صفات

نتایج حاصل از همبستگی صفات مورد مطالعه (جدول ۲) نشان داد که در هر دو شرایط آزمایش، وزن خشک اندام هوایی با کلروفیل a و b ، پتاسیم، میزان نسبی آب برگ، سطح تاج‌پوشش، تعداد ساقه در بوته و طول برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار و با نسبت سدیم به پتاسیم و نسبت یونی همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. سدیم با وزن خشک اندام هوایی فقط در

شرایط تنش شوری همبستگی منفی و معنی‌دار داشت و در شرایط بدون تنش، بین این دو صفت همبستگی وجود نداشت (جدول ۲) که این موضوع، اهمیت صفت سدیم را در شرایط تنش شوری نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت صفات کلروفیل a و b ، پتاسیم، میزان نسبی آب برگ، سطح تاج‌پوشش، تعداد ساقه در بوته و طول برگ، برای افزایش وزن خشک در گیاه آویشن دنبایی مفید می‌باشد. بر اساس

افزایش یابد، سطح تاج پوشش و در نتیجه وزن خشک گیاه بیشتر می شود. این نتیجه را می توان از رابطه مثبت و معنی دار بین سطح تاج پوشش با طول برگ و تعداد ساقه در بوته در هر دو شرایط آزمایش به دست آورد (جدول ۲).

نتایج همبستگی بین صفات می توان این گونه استنباط کرد که با افزایش صفات مؤثر در تراکم اندام های هوایی مثل سطح تاج پوشش، طول برگ و تعداد ساقه در بوته، وزن خشک اندام هوایی افزایش می یابد، به طوری که هرچه طول برگ و تعداد ساقه در بوته

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در اکوتیپ های آویشن دناپی در شرایط بدون تنش (بالای قطر) و تنش شوری (پایین قطر)

Table 2. Correlation coefficients among the studied traits of *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* ecotypes under normal (high diameter) and salt stress (low diameter) conditions

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	0.72**	0.85**	0.85**	-0.12	-0.05	0.83**	-0.68**	0.77**	-0.81**	0.87**	-0.07	0.75**	0.58**
2	0.32	1	0.79**	0.77**	-0.18	0.14	0.79**	-0.59**	0.76**	-0.77**	0.82**	-0.04	0.65**	0.57**
3	0.55**	0.55**	1	0.89**	-0.2	-0.06	0.89**	-0.73**	0.84**	-0.77**	0.93**	-0.12	0.72**	0.55**
4	0.56**	0.62**	0.95**	1	-0.1	0.01	0.92**	-0.77**	0.88**	-0.8**	0.94**	-0.2	0.8**	0.49**
5	-0.09	-0.12	-0.16	-0.17	1	0.58*	-0.2	0.35*	-0.21	0.22	-0.28	0.07	-0.23	-0.27
6	-0.53**	-0.44*	-0.72**	-0.79**	0.17	1	-0.02	0.42*	-0.06	0.05	-0.08	0.2	-0.19	0.11
7	0.49**	0.56**	0.89**	0.93**	-0.19	-0.88**	1	-0.87**	0.91**	-0.9**	0.95**	-0.15	0.79**	0.58**
8	-0.45**	-0.47**	-0.74**	-0.79**	0.1	0.89**	-0.91**	1	-	0.78**	0.8**	-0.82**	0.17	-0.4*
9	0.49**	0.46**	0.85**	0.88**	-0.2	-0.84**	0.93**	-0.86**	1	-0.82**	0.89**	-0.26	0.7**	0.5**
10	-0.54**	-0.5**	-0.79**	-0.84**	0.16	0.81**	-0.86**	0.87**	-	0.86**	1	-0.87**	0.09	-0.59**
11	0.56**	0.56**	0.74**	0.83**	-0.21	-0.89**	0.88**	-0.85**	0.81**	-0.82**	1	-0.1	0.82**	0.58**
12	-0.12	-0.12	0.001	-0.04	0.32	0.13	-0.07	0.04	-0.04	-0.05	-0.19	1	-0.04	-0.06
13	0.61**	0.57**	0.78**	0.85**	-0.28	-0.84**	0.88**	-0.81**	0.8**	-0.83**	0.86**	-0.11	1	0.6**
14	0.66**	0.5**	0.58**	0.58**	-0.12	-0.49**	0.46**	-0.4*	0.51**	-0.5**	0.51**	-0.02	0.57**	1

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

* and **: significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

1: وزن خشک اندام هوایی (Shoot dry weight)، 2: پرولین (Prolin)، 3: کلروفیل (Chlorophyll a) a، 4: کلروفیل (Chlorophyll b) b، 5: کاروتنوئید (Carotenoid)، 6: سدیم (Na+)، 7: پتاسیم (K+)، 8: نسبت سدیم به پتاسیم (Na+/K+)، 9: میزان نسبی آب برگ (Relative water content)، 10: نشت یونی (Ion leakage)، 11: سطح تاج پوشش (Canopy area)، 12: ارتفاع بوته (Plant height)، 13: تعداد ساقه در بوته (No. of stems in plant)، 14: طول برگ (Leaf length).

کمتر سدیم در شرایط تنش شوری، وزن خشک اندام هوایی افزایش می یابد، چراکه مشخص شده است که یون سدیم، باعث صدمه به غشا و ساختارهای سلولی، تخریب یا از کار انداختن پروتئین ها و اختلال در انتقال مواد فتوسنتزی می شود (Munns & Tester, 2008) و به همین دلیل، وزن خشک اندام هوایی با افزایش سدیم کاهش می یابد. رابطه منفی بین سدیم و پتاسیم در شرایط تنش شوری می تواند به این علت باشد که در شرایط شوری، انتقال عناصر سدیم و پتاسیم، با یک پروتئین مشترک است و به همین دلیل، بین این دو عنصر برای ورود به سلول رقابت وجود دارد (Parvaiz & Satyawati, 2008). یون پتاسیم علاوه بر نقش داشتن در تغذیه گیاه، در باز و بسته شدن روزنه ها نیز نقش دارد؛ بنابراین کاهش

تولید زیست توده در گیاهان، وابسته به کربن تولید شده از طریق فتوسنتز می باشد (Kafi et al., 2013) و کلروفیل، مهم ترین رنگدانه گیاهی مؤثر در فتوسنتز می باشد؛ بنابراین رابطه بین وزن خشک اندام هوایی و میزان کلروفیل *a* و *b* در این مطالعه در هر دو شرایط آزمایش دور از انتظار نمی باشد. این مطلب نشان دهنده این است که برای داشتن وزن خشک بالا در هر دو شرایط آزمایش، به گیاهانی با سطح رویشی زیاد و در نتیجه کلروفیل زیاد نیاز است که همبستگی بالا بین کلروفیل *a* و *b* با سطح تاج پوشش و طول برگ (جدول ۲)، تأییدکننده این مطلب است. در شرایط تنش شوری، بین میزان سدیم با وزن خشک اندام هوایی، رابطه منفی و معنی دار مشاهده شد (جدول ۲). از این نتیجه می توان استنباط کرد که در اثر تجمع

(2010) در بررسی همبستگی بین صفات در گیاه توتون (*Nicotiana tabacum* L.)، همبستگی مثبت و معنی داری را بین عملکرد برگ خشک با میزان نسبی آب برگ مشاهده کردند. نتایج این مطالعه با پژوهش‌های گفته شده مطابقت داشت.

رگرسیون گام‌به‌گام و تجزیه علیت

در تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام، وزن خشک اندام هوایی به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل مورد بررسی قرار گرفت تا بتوان صفاتی را که نقش مهم‌تری در وزن خشک اندام هوایی دارند مشخص نمود. در ابتدا به‌منظور تشخیص هم‌خطی در بین متغیرهای مستقل در رگرسیون گام‌به‌گام، از دو مقدار TOL و VIF استفاده شد. مقدار TOL بیانگر درصدی از واریانس در متغیرهای مستقل است که به متغیرهای مستقل دیگر اختصاص نمی‌یابد؛ از این‌رو، مقادیر بسیار کوچک TOL نشان می‌دهد که یک متغیر مستقل، اضافی است. متغیرهایی با مقدار TOL کمتر از ۰/۱ و مقدار VIF بیشتر از ۱۰ باید مورد بررسی بیشتری قرار گیرند. همانطور که در جدول رگرسیون (جدول ۳) آورده شده است، مقادیر TOL و VIF برای متغیرهایی که وارد مدل شده‌اند، تقریباً قابل قبول می‌باشد. نتایج حاصل از رگرسیون گام‌به‌گام در شرایط بدون تنش نشان داد که صفات میزان سطح تاج‌پوشش و کاروتنوئید وارد مدل نهایی رگرسیون شدند و ۷۶/۷ درصد از کل تغییرات وزن خشک اندام هوایی را تبیین کردند (جدول ۳). سایر صفات، تغییرات بسیار جزئی را در وزن خشک اندام هوایی ایجاد کردند و با توجه به این‌که رگرسیون گام‌به‌گام، صفات مستقل را بر اساس میزان تأثیری که بر متغیر وابسته دارند وارد مدل می‌کند، بنابراین بقیه صفات مستقل به‌علت نداشتن این ویژگی نتوانستند وارد مدل رگرسیون گام‌به‌گام شوند. پس در شرایط بدون تنش می‌توان نتیجه گرفت که صفات سطح تاج‌پوشش و کاروتنوئید، اثر بیشتری بر وزن خشک اندام هوایی در آویشن دنیایی دارند. نتایج حاصل از رگرسیون گام‌به‌گام در شرایط تنش شوری نشان داد که صفات طول برگ و تعداد ساقه در بوته در مدل

مقدار پتاسیم در گیاه منجر به کاهش مواد فتوسنتزی می‌شود و در نتیجه آن، تولید ماده خشک به وسیله گیاه کم می‌شود (Esechie *et al.*, 1998) و این مطلب می‌تواند دلیل ارتباط مثبت بین وزن خشک اندام هوایی با پتاسیم (جدول ۲) باشد.

نتایج حاصل از بررسی ضرایب همبستگی در آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) نشان داد که وزن خشک شاخساره با کلروفیل *a* و *b* و پرولین، همبستگی مثبت و معنی دار وجود داشت، ولی ارتباطی بین وزن خشک شاخساره با کاروتنوئید مشاهده نشد (Ghadery *et al.*, 2017). در بررسی ضرایب همبستگی در گونه‌های آویشن دنیایی (*Thymus daenensis* subsp. *daenensis*) و باغی (*Thymus vulgaris* L.) مشخص شد که بین وزن خشک کل با کلروفیل *a* و *b* همبستگی مثبت و معنی دار وجود دارد (Askari *et al.*, 2018). نتایج حاصل از همبستگی صفات در گیاه کافوری (*Camphorosma monspeliaca* L.) جمع‌آوری شده از رویشگاه طبیعی در اراک نشان داد که عملکرد سرشاخه گلدار با قطر بزرگ و کوچک تاج‌پوشش و کلروفیل کل، همبستگی مثبت و معنی دار دارد (Rahimi *et al.*, 2011). نتایج حاصل از همبستگی صفات در گیاه کافوری (*Camphorosma monspeliaca* L.) جمع‌آوری شده از رویشگاه طبیعی در همدان نشان داد که عملکرد سرشاخه کل با قطر بزرگ و کوچک تاج‌پوشش، کلروفیل کل و کلروفیل *b* همبستگی مثبت و معنی دار داشت (Abbaszadeh *et al.*, 2012). نتایج حاصل از ضرایب همبستگی بین برخی از صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه کوشیا (*Kochia scoparia*) در سطوح شوری نشان داد که بین ماده خشک کل با کلروفیل *a* و *b* و میزان نسبی آب برگ، همبستگی مثبت و معنی دار وجود داشت، ولی بین ماده خشک کل با کاروتنوئید همبستگی دیده نشد (Kafi *et al.*, 2013). در مطالعه انجام شده در گیاه علف جارو (*Bassia scoparia* L.) در سطوح مختلف شوری مشاهده شد که وزن خشک با سدیم همبستگی منفی و معنی دار و با نسبت پتاسیم به سدیم، همبستگی مثبت و معنی دار داشت (Sadeghi & Javid, 2020).

(وزن خشک کل به عنوان متغیر تابع) در شرایط تنش شوری در گیاه علف جارو (*Bassia scoparia* L.) نشان داد که تعداد شاخه جانبی و سطح برگ، بیشترین میزان تغییرات مربوط به وزن خشک را توجیه می کنند و صفات فیزیولوژیک بررسی شده مانند میزان سدیم، پتاسیم، میزان نسبی آب برگ وارد معادله رگرسیون مرحله ای نشدند (Mehdikhani et al., 2020).

نهایی رگرسیون قرار گرفتند و این صفات، ۶۳/۲ درصد از کل تغییرات وزن خشک اندام هوایی را توجیه نمودند (جدول ۳). مدل برآورد عملکرد ماده خشک با استفاده از صفات مورد مطالعه نشان داد که بین صفات مورد بررسی، میزان فتوسنتز، محتوای نسبی کلروفیل، رنگدانه های فتوسنتزی و فنول کل، همبستگی مناسبی با تولید ماده خشک در کوشیا (*Kochia scoparia*) داشتند (Kafi et al., 2013). نتایج تجزیه رگرسیون مرحله ای

جدول ۳- نتایج رگرسیون گام به گام برای وزن خشک اندام هوایی در اکوتیپ های آویشن دناپی در شرایط بدون تنش و تنش شوری

Table 3. Results of stepwise regression analysis of shoot dry weight of *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* ecotypes under normal and salt stress conditions

Conditions	Regression steps	Constant	Added variables to model		Adjusted R2	Regression F
			Canopy area (cm ²)	Carotenoid (mg/gFw)		
Normal	1	3.45**	0.005**	-	0.754	108.56**
	2	0.52	0.006**	0.39*	0.767	58.74**
	TOL		0.92	0.92		
	VIF		1.08	1.08		
Conditions	Regression steps	Constant	Added variables to model		Adjusted R2	Regression F
			Leaf length (cm)	No. of stems in plant		
Salt stress	1	2.66**	3.26**	-	0.519	39.33**
	2	1.77*	2.28**	0.06*	0.632	30.57**
	TOL		0.67	0.67		
	VIF		1.48	1.48		

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

* and **: significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

کاروتنوئید، اثر مستقیم و مثبتی (۰/۱۴) بر وزن خشک اندام هوایی داشت و اثر غیرمستقیم این صفت از طریق سطح تاج پوشش، ۰/۲۶- بود (جدول ۴). با استفاده از تجزیه علیت می توان مشخص کرد که همبستگی صفات مستقل با صفت وابسته به علت اثر مستقیم آن صفات بر روی صفت وابسته و یا در نتیجه اثر غیرمستقیم از طریق سایر صفات است. اگر همبستگی بین صفت وابسته و یک صفت، به علت اثر مستقیم آن صفت باشد، نشان دهنده یک رابطه واقعی بین آن دو صفت است و بنابراین می توان صفت مذکور را به منظور بهبود صفت وابسته گزینش کرد. اما اگر این همبستگی به علت اثر غیرمستقیم صفت از طریق صفت دیگر باشد، در این صورت عمل انتخاب را باید بر روی صفتی انجام داد که سبب اثر غیرمستقیم شده است. بر اساس این مطلب می توان نتیجه گرفت که

نتایج حاصل از رگرسیون گام به گام با استفاده از وزن خشک ۱۰۰ چترک به عنوان متغیر وابسته در ۲۵ جمعیت گیاه لعل کوهستان (*Oliveria decumbens* Vent.) نشان داد که صفات طول میانگرمه، طول برگ، وزن تر ۱۰۰ چترک، نسبت وزن خشک به تر و نسبت کلروفیل *a* به *b* وارد مدل رگرسیونی شدند (Ale et al., 2018).

پس از مشخص شدن صفات مهم و مؤثر بر وزن خشک اندام هوایی با استفاده از رگرسیون گام به گام، با استفاده از تجزیه علیت، میزان اثرات مستقیم و غیرمستقیم هر یک از صفات در هر دو شرایط آزمایش تعیین شد. صفت سطح تاج پوشش در شرایط بدون تنش، بیشترین اثر مستقیم و مثبت (۰/۹۱) را بر وزن خشک اندام هوایی داشت و اثر غیرمستقیم این صفت از طریق کاروتنوئید، منفی و نسبتاً کم بود (جدول ۴).

باعث افزایش راندمان فتوسنتز و در نتیجه افزایش عملکرد در گیاه می‌شود (Giunta *et al.*, 2008). در شرایط تنش شوری، صفات طول برگ و تعداد ساقه در بوته، اثرات مستقیم تقریباً یکسانی بر وزن خشک اندام هوایی داشتند و اثرات غیرمستقیم این دو صفت نیز نسبتاً مساوی بود (جدول ۴).

به علت بالا بودن اثر مستقیم صفت سطح تاج پوشش، می‌توان از آن برای گزینش به منظور افزایش وزن خشک اندام هوایی در آویشن دناپی در شرایط بدون تنش استفاده نمود. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین سطح تاج پوشش و وزن خشک اندام هوایی (جدول ۲) نیز اهمیت صفت سطح تاج پوشش را در شرایط بدون تنش تأیید می‌کند. افزایش سطح تاج پوشش گیاه،

جدول ۴- تجزیه علیت وزن خشک اندام هوایی در اکوتیپ‌های آویشن دناپی در شرایط بدون تنش و تنش شوری

Table 4. Path analysis of shoot dry weight of *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* ecotypes under normal and salt stress conditions

Conditions	Traits	Direct effect	Indirect effect via		Correlation with shoot dry weight
			Canopy area	Carotenoid	
Normal	Canopy area	0.91	-	-0.04	0.87
	Carotenoid	0.14	-0.26	-	-0.12
Conditions	Traits	Direct effect	Indirect effect via		Correlation with shoot dry weight
			Leaf length	No. of stems in plant	
Salt stress	Leaf length	0.46	-	0.2	0.66
	No. of stems in plant	0.34	0.27	-	0.61

تعداد ساقه در بوته و طول برگ، همبستگی مثبت و معنی‌دار و با نسبت سدیم به پتاسیم و نشت یونی، همبستگی منفی و معنی‌دار در هر دو شرایط آزمایش داشت. سدیم با وزن خشک اندام هوایی فقط در شرایط تنش شوری همبستگی منفی و معنی‌دار داشت و در شرایط بدون تنش، همبستگی بین این دو صفت وجود نداشت. نتایج حاصل از رگرسیون گام‌به‌گام (وزن خشک اندام هوایی به عنوان صفت وابسته) نشان داد که در شرایط بدون تنش، صفات سطح تاج پوشش و کاروتنوئید و در شرایط تنش شوری، صفات طول برگ و تعداد ساقه در بوته در مدل نهایی رگرسیون قرار گرفتند و به ترتیب ۷۶/۷ و ۶۳/۲ درصد از کل تغییرات وزن خشک اندام هوایی را تبیین کردند. نتایج تجزیه علیت (وزن خشک اندام هوایی به عنوان صفت وابسته) در شرایط بدون تنش نشان داد که می‌توان صفت سطح تاج پوشش را به عنوان یکی از شاخص‌های گزینش با تأثیر مثبت به منظور افزایش وزن خشک اندام هوایی در آویشن دناپی پیشنهاد نمود. بر اساس نتایج تجزیه علیت در شرایط تنش شوری چنین استنباط می‌شود که می‌توان از صفات طول برگ و تعداد ساقه در بوته در گزینش برای بهبود وزن خشک اندام هوایی آویشن دناپی با تأثیر مثبت استفاده کرد.

با توجه به اثر مستقیم و مثبت طول برگ و تعداد ساقه در بوته بر وزن خشک اندام هوایی می‌توان نتیجه گرفت که اکوتیپ‌هایی دارای وزن خشک بیشتری در شرایط شوری هستند که میزان این دو صفت در آن‌ها بیشتر باشد و بنابراین می‌توان از این دو صفت در گزینش برای بهبود وزن خشک اندام هوایی آویشن دناپی در شرایط شوری به صورت مثبت استفاده کرد. Hadian *et al* (2016) در بررسی تنوع مورفولوژیک و تحلیل ضرایب مسیر در جوامع آویشن دناپی گزارش کردند که صفات طول گل آذین و طول برگ، بیشترین تأثیر مستقیم را بر درصد اسانس دارند.

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که بین اکوتیپ‌ها و بین شرایط آزمایش، تفاوت معنی‌دار ($p < 0.01$) برای تمام صفات مورد مطالعه وجود داشت. معنی‌دار شدن اثر اکوتیپ برای صفات مورد مطالعه، بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین اکوتیپ‌ها از نظر این صفات و امکان بررسی صفات در این اکوتیپ‌ها با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره می‌باشد. نتایج ضرایب همبستگی صفات نشان داد که وزن خشک اندام هوایی با کلروفیل a و b ، پتاسیم، میزان نسبی آب برگ، سطح تاج پوشش،

REFERENCES

1. Abbaszadeh, B., Assareh, M. H., Ardakani, M. R., Paknejad, F., Layegh Haghghi, M., & Meshkizadeh, S. (2012). Sequential path analysis of effective characters on shoot yield and essential oil percentage of *Camphorosma monspeliaca* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 28(3), 523-533. (In Persian).
2. Ale Omrani Nejad, S. M. H., Naghdi Badi, H., Mehrafarin, A., Abdossi, V., & Khalighi-Sigaroodi, F. (2018). Diversity and heritability study of *Oliveria decumbens* vent. populations in Iran by morpho-physiological traits and essential oil content. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 23(3), 32-46. (In Persian).
3. Arnon, A. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23, 112-121.
4. Asish Kumar, P., & Bandhu Das, A. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 324-349.
5. Askari, M., Behdani, M. A., Parsa, S., Jami Al-Ahmadi, M., & Mahmoodi, S. (2018). Assessment of changes in yield components, yield and some physiological traits of *Thymus vulgaris* and *Thymus daenensis* under drought stress and application of manure. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11(1), 47-63. (In Persian).
6. Barazandeh, M., & Bagherzadeh, K. (2007). Evaluation of essential oil chemical components of *Thymus daenensis* Celak, collected from four regions in Esfahan province. *Journal of Medicinal Plant*, 6 (3), 15-19. (In Persian).
7. Bates, L. S., Walderen, R. D., & Taere, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
8. Emam, Y., Aziz, E., Hendawi, S. F., Azza, A. E., & 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.
9. Esechie, H. A., & Rodriguez, V. (1998). Does salinity inhibit alfalfa leaf growth by reducing tissue concentration of essential mineral nutrition? *Journal of Agronomy and Crop Science*, 182, 237-278.
10. Ghaderi, A. A., Fakheri, B., & Mahdi Nezhad, N. (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).
11. Giunta, F., Motzo, R., & Pruneddu, G. (2008). Has long-term selection for yield in durum wheat also induced changes in leaf and canopy traits? *Field Crops Research*, 106, 68-76.
12. Hadian, J., Karimi, E., Shouryabi, M., Nadjafi, F., & Kanani, M.R. (2016). Evaluation of morphological variation and path coefficient analysis of oil content of *Thymus daenensis* celak populations. *Plant Production Technology*, 16(1), 41-56 (In Persian).
13. Hamed, K. B., Castagna, A., Salem, E., Ranieri, A., & Abdelly, C. (2007). Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) under salinity conditions: a comparison of leaf and root antioxidant responses. *Plant Growth Regulation*, 53, 185-194.
14. Hejazi, A., Shahroodi, M., & Ard Foroush, J. (2005). *Analytical Methods of Vegetation*. Tehran University Press. (In Persian).
15. Kafi, M., Nabati, J., Zare-Mehrjerdi, M., Goldani, M., Khaninejad, S., Keshmiri, E., & Norozian, A. (2013). Effects of calcium and potassium obvious improvement on physiological characteristics of kochia (*Kochia scoparia*) under salt stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 5(2), 181-192. (In Persian).
16. Mehdikhani, H., Izadi Darbandi, E., Rastgoo, M., & Kafi, M. (2020). Study of salinity tolerance and its effect on some of the morphophysiological traits of Bassia (*Bassia scoparia* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(4), 1313-1322. (In Persian).
17. Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681.
18. Parida, A. K., Das, A. B., Sanada, Y., & Mohanty, P. (2004). Effects of salinity on biochemical components of the mangrove, (*Aegiceras corniculatum*). *Aquatic Botany*, 80, 77-87.
19. Parvaiz, A., & Satyawati, S. (2008). Salt stress and phyto-biochemical responses of plants- a review. *Journal of Plant Soil Environment*, 54, 89-99.
20. Qasim, M., Ashraf, M., Jamil, M. A., Ashraf, M., Rehman, SH., & Shikrha, E. (2003). Water relations and leaf gas exchange properties in some elite canola (*Brassica napus*) lines under salt stress. *Annals of Applied Biology*, 142, 307-316.
21. Rahimi, T., Paknejad, F., Abbaszadeh, B., Ardakani, M. R., Zare Valojerdi, M., & Layegh Haghghi, M. (2011). Study of the relationship between morphological, physiological and chemical properties in camphor (*Camphorosma monspeliaca* L.). *Agroecology Journal*, 7(3), 19-28. (In Persian).

22. Sadeghi, S. M., & javid. F. (2010). Study of relationship between tobacco leaf yield and its components using Path analysis under Normal moisture and drought stress. *Environmental Stresses in Agricultural Sciences*, 2(2), 149-158. (In Persian).
23. Selvaraj, C. I., & Nagarajan, P. (2011). Interrelationship and path-coefficient studies for qualitative traits, grain yield and other yield attributes among maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Breeding and Genetics*, 5(3), 209-223.
24. Winter, S. R., Musick J. T., & Porter, K. B. (1988). Evaluation of screening techniques for breeding drought– resistance winter wheat. *Crop Science*, 28, 512–516.