

اثر تنش شوری بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیکی آویشن دنايي (*Thymus daenensis* subsp. *daenensis*)

مسعود گلستانی

گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۱، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۲/۳۱)

چکیده

شوری از جمله تنش‌های غیرزیستی مهمی است که فرایندهای فیزیولوژی گیاهان را تحت تأثیر قرار داده و موجب کاهش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود. به‌منظور بررسی اثر تنش شوری بر برخی از صفات زراعی و فیزیولوژیکی و گروه‌بندی اکوتیپ‌های آویشن دنايي (*Thymus daenensis* subsp. *daenensis*)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار به‌صورت گلدانی در سال ۱۳۹۷ در شهرستان ابرکوه انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل دوازده اکوتیپ آویشن دنايي و سه سطح شوری شامل صفر (بدون تنش)، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین اکوتیپ‌ها و بین سطوح مختلف شوری از نظر تمام صفات مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. شوری منجر به کاهش معنی‌دار غلظت کلروفیل کل، کاروتنوئید، غلظت پتاسیم برگ، میزان نسبی آب برگ و وزن خشک اندام هوایی و افزایش معنی‌دار غلظت پرولین، غلظت سدیم برگ، نسبت سدیم به پتاسیم برگ و درصد نشت یونی گردید. اکوتیپ‌های مورد مطالعه در هر دو سطح شوری صفر و ۱۲۰ میلی‌مولار با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد و با محاسبه فاصله اقلیدسی در سه گروه قرار گرفتند. اکوتیپ‌های خرم‌آباد ۱، خرم‌آباد ۲، اراک ۲، فریدونشهر و سمیرم براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای و با استفاده از تمام صفات به‌عنوان اکوتیپ‌های متحمل به شوری پیشنهاد می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: آویشن دنايي، پرولین، تجزیه خوشه‌ای، شوری، کلروفیل، نشت یونی

مقدمه

(Merghan, 2013). پراکنش این گیاه در شمال غرب، مرکز و جنوب غرب ایران بیانگر سازگاری بالای این گیاه با شرایط خاکی و اقلیمی مختلف است (برازنده و باقرزاده، ۱۳۸۶). شوری یکی از تنش‌های غیرزیستی مهم است که بعد از خشکی دومین عامل محیطی فراگیر و محدودکننده تولیدات کشاورزی است و سطح قابل‌توجهی از زمین‌های کشاورزی ایران را فرا گرفته است. شوری به حضور غلظت زیاد نمک‌های محلول در خاک اطراف ریشه به‌ویژه سدیم کلرید مربوط

جنس آویشن در ایران دارای چهار گونه انحصاری است که آویشن دنايي (*Thymus deanensis* subsp. *deanensis*) از جمله آنهاست (شهنازی و همکاران، ۱۳۸۶). اسانس فنلی آویشن دنايي جز ده اسانس مهم گزارش شده است که دارای خاصیت ضدباکتریایی، ضدقارچی، آنتی‌اکسیدانی و نگهدارنده طبیعی غذا است و این گیاه دارویی به‌لحاظ محتوی بالای تیمول موجود در اسانس، شایان توجه است (Zeghad and

می‌شود که مقادیر زیاد این نمک‌ها و انباشت بالای یون‌های سدیم و کلر در درون سلول‌ها منجر به افزایش فشار اسمزی، سمیت یونی و در نتیجه باعث محدود کردن جذب آب به وسیله ریشه گیاهان شده است و بی‌نظمی‌های فیزیولوژیک ایجاد می‌نماید (Jouyban, 2012). به‌طور کلی تنش شوری موجب تغییرات بیوشیمیایی، فیزیولوژیک و مورفولوژیک متعددی در گیاهان می‌شود و بر تمام فرآیندهای اصلی مانند رشد، فتوسنتز، سنتز پروتئین و متابولیسم لپید مؤثر است. در نتیجه تمام مراحل زندگی گیاه از جوانه‌زنی تا تولید بیوماس و بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعث کاهش میزان رشد و محصول می‌شود. از جمله صدمات ناشی از تنش اسمزی می‌توان به صدمات فیزیولوژیکی چون آسیب به غشاها، عدم تعادل عناصر غذایی و کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی اشاره کرد (Gupta and Huang, 2014). با این وجود، اثرات تنش شوری در گیاهان به غلظت و ترکیب نمک، مدت زمان فرارگیری در معرض تنش، گونه و ژنوتیپ گیاه، مرحله فیزیولوژیک گیاه و سایر فاکتورهای محیطی بستگی دارد (Roy et al., 2014). تحمل گیاهان به شوری به‌صورت قابلیت ایستادگی و تحمل گیاه در برابر تأثیر غلظت‌های بالای نمک بدون بروز فنوتیپی قابل توجه در اندام هوایی آن تعریف می‌شود (Shannon and Greve, 1999). گیاهان سازگار از مکانیسم‌های متفاوتی جهت تحمل شوری استفاده می‌کنند که از آن جمله می‌توان به تغییر در الگوی بیان ژن، حفظ پایداری یونی، تجمع مواد محلول سازگار نظیر پرولین و گلاسیسین بتائین، حفظ آب در داخل سلول، ترمیم و کنترل آسیب‌های حاصل از تنش مانند حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن، تخریب پروتئین‌های آسیب‌دیده، تنظیمات رشدی مانند افزایش نسبت ریشه به شاخساره و یا کاهش سطح برگ اشاره نمود (Xiong and Zhu, 2002).

تنش شوری در گیاه دم‌شیر (*Leonurus cardiaca* L.) موجب کاهش غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی، وزن خشک اندام هوایی و غلظت پتاسیم و افزایش غلظت پرولین و غلظت سدیم (زمانی و همکاران، ۱۳۹۷)، در گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) موجب کاهش غلظت رنگدانه‌های

فتوسنتزی، میزان نسبی آب برگ و غلظت پتاسیم و افزایش غلظت پرولین و غلظت سدیم (فرهادی و همکاران، ۱۳۹۵)، در گیاه سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) موجب کاهش میزان نسبی آب برگ و افزایش نشت یونی (فاضلی و همکاران، ۱۳۹۶) و در گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) موجب کاهش وزن خشک اندام هوایی (ستایش مهر و اسماعیل‌زاده بهابادی، ۱۳۹۲) می‌گردد. در بررسی اثر تنش شوری بر آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) مشخص شد که تنش شوری بر غلظت سدیم و پتاسیم، نشت یونی، غلظت پرولین، محتوای نسبی آب، غلظت کلروفیل a، b و غلظت کاروتنوئید و وزن خشک اندام هوایی اثر معنی‌دار داشت و افزایش سطح شوری سبب افزایش غلظت سدیم، نشت یونی و پرولین و کاهش وزن خشک اندام هوایی، میزان پتاسیم، محتوای نسبی آب، کلروفیل a، b و کاروتنوئید می‌گردد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۸). در پژوهشی دیگر تأثیر تنش شوری بر محتوای پرولین و قندهای محلول آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن نشان داد که تحت تنش شوری، افزایش معنی‌دار محتوای پرولین در برگ‌ها اتفاق افتاد (Hoseini, 2010). در بررسی کاهش اثرات شوری با کاربرد اسید سالیسیلیک در آویشن دنایی (*Thymus deanensis* Celak) مشخص شد که با افزایش سدیم کلرید میزان پرولین افزایش معنی‌داری یافت ولی میزان وزن خشک گیاه تغییری نداشت (هراتی و همکاران، ۱۳۹۵). در بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر برخی صفات فیزیولوژیک آویشن دنایی مشخص شد که تنش کم‌آبی باعث کاهش غلظت کلروفیل و افزایش پرولین در اکثر اکوتیپ‌ها گردید (خورشیدی و همکاران، ۱۳۹۷).

یکی از مهم‌ترین اهداف به‌نژادی گیاهان دارویی اهلی‌سازی، بهبود و توسعه ژنوتیپ‌های برتر است. از جمله اهداف به‌نژادی رایج در برنامه‌های گزینش شامل افزایش عملکرد ماده خشک و خصوصیات مطلوب زراعی و فیزیولوژیک در شرایط تنش غیرزیستی مانند شوری است. در این زمینه بررسی اکوتیپ‌ها و توده‌های محلی گیاهان دارویی و شناسایی اکوتیپ‌های برتر از نظر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک از اهمیت ویژه‌ای

شازند از استان مرکزی، خرم‌آباد ۱، خرم‌آباد ۲ و الیگودرز از استان لرستان و همدان و ملایر از استان همدان جمع‌آوری گردید. لازم به توضیح است اکوتیپ‌های اراک ۱ و ۲ به ترتیب از روستاهای رباط‌میل و هزاوه شهرستان اراک و اکوتیپ‌های خرم‌آباد ۱ و ۲ به ترتیب از روستای پیرجد و بیران‌شهر شهرستان خرم‌آباد جمع‌آوری گردید. گلدان‌ها 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. بذرهاى آویشن دنايى به مدت ۵ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۲ درصد استریل و پس از شستشوی بذرها با آب مقطر، درون گلدان کشت شدند. پس از سبز شدن و در مرحله شش برگ، عملیات تنک کردن انجام شد؛ به طوری که در هر گلدان تعداد سه گیاه حفظ گردید. پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها و در مرحله ۱۰-۱۲ برگ، تیمار شوری اعمال گردید. سطوح شوری برای جلوگیری از تنش اسمزی از ۳۰ میلی‌مولار سدیم کلرید آغاز شد و به تدریج غلظت‌های بیشتر به گلدان‌ها اضافه شد. برای جلوگیری از تجمع نمک، پس از سه دور آبیاری با آب شور گلدان‌ها با آب آشامیدنی آبشویی شدند. چهار هفته پس از اعمال سطوح شوری، صفات فیزیولوژیکی شامل غلظت پرولین، غلظت کلروفیل کل، غلظت کاروتنوئید، غلظت عناصر سدیم و پتاسیم برگ، نسبت سدیم به پتاسیم برگ، میزان آب نسبی برگ و درصد نشت یونی نمونه‌ها اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی، بوته‌ها در مرحله ۵۰٪ گلدهی برداشت شدند و در سایه و در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و سپس با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند و در نهایت وزن خشک اندام هوایی برحسب گرم در بوته تعیین شد.

برای اندازه‌گیری غلظت پرولین نمونه‌های برگ تر در ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک سه درصد هم‌وزن شد و عصاره حاصل صاف گردید. ۲ میلی‌لیتر اسید استیک و ۲ میلی‌لیتر نین‌هیدرین به ۲ میلی‌لیتر از عصاره صاف‌شده اضافه شد. محلول حاصل به مدت یک ساعت در حمام آب گرم در دمای

برخوردار است. با توجه به اینکه محل رشد برخی از گیاهان دارویی در نواحی خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و میزان املاح موجود در خاک این نواحی زیادتر از حد معمول است، بنابراین می‌توان سازوکار اثر شوری بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی این گیاه را ارزیابی و اکوتیپ‌های متحمل به شوری با استفاده از این صفات را شناسایی نمود تا بتوان از اکوتیپ‌های متحمل برای اهلی‌سازی و کشت زراعی این گیاه در این مناطق استفاده کرد. به‌رغم بررسی‌های صورت گرفته در مورد اثر تنش شوری در گیاهان مختلف، اما واکنش گیاه دارویی آویشن دنايى تحت شرایط تنش شوری به‌خوبی بررسی نشده است و این مطالعه یکی از اولین پژوهش‌ها در این زمینه است. با توجه به مطالب ذکر شده و اهمیت اسانس این گیاه دارویی در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی، این تحقیق با هدف بررسی اثر تنش شوری بر برخی از صفات زراعی و فیزیولوژیکی در ۱۲ اکوتیپ آویشن دنايى، تعیین اکوتیپ‌های متحمل به شوری و گروه‌بندی اکوتیپ‌ها با استفاده از تجزیه خوشه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی پاسخ به سطوح شوری در گیاه دارویی آویشن دنايى به صورت کشت در گلدان در سال ۱۳۹۷ در شهر ابرکوه (طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۷ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۵۰ متر) اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه انجام شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک تعیین و در جدول ۱ ارائه شده است. تیمارهای آزمایشی شامل ۱۲ اکوتیپ آویشن دنايى و سه سطح شوری شامل صفر (بدون تنش)، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید بودند. از بین مناطق پراکنش آویشن دنايى چهار استان مرکزی، لرستان، اصفهان و همدان انتخاب شد و بذور اکوتیپ‌های مورد مطالعه شامل اصفهان، فریدن، فریدونشهر و سمیرم از استان اصفهان، اراک ۱، اراک ۲ و

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد استفاده در آزمایش

بافت خاک	رس	سیلت	شن	ماده آلی	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	هدایت الکتریکی	اسیدیته
					(میلی گرم بر کیلوگرم)	(دسی زیمنس بر متر)		
لوم رسی	۳۷	۴۸	۱۵	۱/۱۴	۲۹۲	۶/۱	۰/۸۶	۷/۴

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

برای تعیین غلظت کلروفیل کل و کاروتنوئید مقدار نیم گرم از برگ‌های تازه با استون ۸۰ درصد ساییده شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور سانتی‌فیوژ شدند و مقدار جذب در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (Unico مدل UV2100) خوانده شد. غلظت کلروفیل کل و کاروتنوئید با استفاده از رابطه‌های زیر و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه محاسبه گردید (Arnon, 1967).

$$\text{کلروفیل کل} = [(20.2(A645) - 8.02(A663))]V / 1000W$$

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

در رابطه‌های بالا V حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتی‌فیوژ)، A جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر و W وزن تر نمونه بر حسب گرم است.

برای تعیین غلظت سدیم و پتاسیم نمونه‌های خشک شده برگ در ۵ میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک و اسید پرکلریک غلیظ (با نسبت حجمی ۱:۴) و در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت هضم شدند. پس از خنک شدن، ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک غلیظ اضافه شده و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۱۵ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد (حجازی و همکاران، ۱۳۸۳). سپس غلظت سدیم و پتاسیم نمونه‌ها با دستگاه فیلم‌فتومتر (Jenway مدل PFP7) بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک اندازه‌گیری شد.

تجزیه واریانس براساس طرح آزمایشی مربوطه پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها انجام شد و برای انجام مقایسه میانگین از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. به منظور بررسی برهمکنش اکوتیپ × شوری، برش‌دهی تجزیه واریانس برای برهمکنش موردنظر با دستور Slice در برنامه SAS صورت گرفت. تجزیه خوشه‌ای به چندین روش از

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 گردید و تکان داده شد. پس از ۳۰ ثانیه همزدن و جداسدن دو فاز، فاز رنگی تولوئن در بالا قرار گرفت و فاز آبی جدا گردید. غلظت پرولین نمونه‌ها در تولوئن با استفاده از اسپکتروفتومتر (Unico مدل UV2100) در طول موج ۵۲۰ نانومتر و با توجه به منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف پرولین، بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد (Bates et al., 1973).

برای سنجش درصد نشت یونی بافت تازه اندام هوایی پس از شستشو با آب مقطر درون لوله آزمایش قرار گرفت و ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و به مدت ۲ ساعت درون حمام آب گرم با دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها (EC_1)، با دستگاه هدایت‌سنج (Jenway مدل 4510) اندازه‌گیری شد. سپس لوله آزمایش در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱ 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).

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

به منظور اندازه‌گیری میزان نسبی آب برگ ابتدا وزن برگ‌های تازه (Fw) اندازه‌گیری شد. 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):

جمله ادغام بر حسب متوسط گروه‌ها (UPGMA) و واریانس حداقل وارد (Ward) انجام شد. با توجه به مطلوب بودن نتایج حاصل از نظر تفکیک بهتر اکوتیپ‌ها از روش وارد و بر مبنای فاصله اقلیدسی به عنوان معیار تشابه برای گروه‌بندی اکوتیپ‌ها استفاده گردید. با استفاده از تجزیه تابع تشخیص صحت گروه‌بندی انجام شده بررسی شد. تجزیه آماری با از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹) و Minitab (نسخه ۱۷) انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که اکوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ تمام صفات، اختلاف معنی‌داری ($P < 0.01$) با یکدیگر داشتند (جدول ۲) که این موضوع دلالت بر وجود تنوع ژنتیکی بالا از لحاظ تمام صفات مورد بررسی دارد. بنابراین می‌توان در بین اکوتیپ‌ها برای این صفات گزینش انجام داد. اثر سطوح مختلف شوری بر تمام صفات مورد مطالعه نیز معنی‌دار ($P < 0.01$) بود (جدول ۲). برهمکنش اکوتیپ \times شوری فقط برای صفات غلظت کلروفیل کل، غلظت کاروتنوئید، غلظت سدیم، پتاسیم برگ و نسبت سدیم به پتاسیم برگ معنی‌دار ($P < 0.01$) شد (جدول ۲) که این موضوع بیانگر واکنش متفاوت اکوتیپ‌های مورد مطالعه نسبت به سطوح مختلف شوری از نظر صفات مذکور است. با توجه به اثر معنی‌دار سطوح مختلف شوری بر تمام صفات، مقایسه میانگین سطوح مختلف شوری برای تمام صفات در جدول ۳ آورده شده است. برای صفاتی که برهمکنش اکوتیپ \times شوری معنی‌دار نبود از مقایسه میانگین اثرات اصلی اکوتیپ در تجزیه واریانس فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی (جدول ۴) استفاده شد. با توجه به اینکه برهمکنش اکوتیپ \times شوری فقط برای صفات غلظت کلروفیل کل، غلظت کاروتنوئید، غلظت سدیم، پتاسیم برگ و نسبت سدیم به پتاسیم برگ معنی‌دار بود ابتدا برش‌دهی تجزیه واریانس برای برهمکنش اکوتیپ \times شوری برای صفات مذکور (جدول ۵) انجام شد و سپس با توجه به معنی‌دار شدن این برش‌دهی برای تمام اکوتیپ‌ها در سطوح مختلف شوری، مقایسه میانگین این

صفات برای سطوح مختلف شوری (جدول ۶) انجام گرفت. **غلظت پرولین:** در این مطالعه تفاوت بین اکوتیپ‌های مورد مطالعه و سطوح مختلف شوری از نظر غلظت پرولین معنی‌دار ($P < 0.01$) بود ولی در مورد برهمکنش اکوتیپ \times شوری برای این صفت اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۲). در مقایسه بین سطوح مختلف شوری برای این صفت، سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد و مقادیر مورد نظر برای سطوح شوری از لحاظ آماری در سه گروه مختلف قرار گرفتند (جدول ۳). همچنین نتایج جدول ۳ نشان داد که با افزایش میزان شوری غلظت پرولین برگ نیز افزایش پیدا می‌کند. تجمع پرولین یک پاسخ فیزیولوژیکی بسیار رایج در بسیاری از گیاهان در برابر تنش غیرزیستی است (Gravandi et al., 2011). افزایش میزان پرولین در شرایط تنش شوری به این دلیل است که پرولین اسمولیت‌سازگاری است که اکسیژن تولید شده در طی تنش‌های محیطی را حذف و از مولکول‌های بزرگ حفاظت می‌نماید. علاوه بر این تنش شوری باعث تحریک آنزیم لیگاز گلوتامات و تبدیل گلوتامات به پرولین می‌شود (Rahdari et al., 2012). تنظیم اسمزی یکی از مکانیسم‌های مقابله گیاهان در برابر تنش‌های محیطی مختلف است و می‌تواند به کمک اسموپروتکتانت‌ها موجب حفظ تورژسانس سلول‌ها گردد. پرولین یکی از اسیدآمینه‌های فعال است که در تنظیم اسمزی درون سلول نقش به‌سزایی دارد و سبب محافظت از ساختارهای سلولی و پایداری آنزیم‌ها می‌گردد (قلی‌پور و عبادی، ۱۳۹۶). با بررسی میانگین غلظت پرولین و میزان آب نسبی برگ (جدول ۴) مشخص شد که ارتباط نزدیکی بین مقادیر این دو صفت وجود دارد که این موضوع می‌تواند بیانگر نقش تنظیم اسمزی این ماده باشد. با توجه به مشاهدات وفادار و همکاران (۱۳۹۷) در گیاه بنگ‌دانه (*Hyoscyamus reticulatus* L. در چهار سطح شوری مشخص شد که غلظت پرولین در شرایط شوری نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد. در مطالعه انجام شده به‌وسیله آقایی و همکاران (۱۳۹۳) بر روی دو گونه جنس مریم‌گلی (*Salvia*) با پنج سطح شوری

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در برگ اکوتیپ‌های آویشن دنايي

میانگین مربعات										
منبع تغییرات	درجه آزادی	پرولین	کلروفیل کل	کاروتنوئید	سدیم	پتاسیم	سدیم به پتاسیم	میزان نسبی آب	نشت یونی	وزن خشک
بلوک	۲	۰/۰۳۳ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۱۸ ^{ns}	۲/۳۱ ^{ns}	۱۸/۰۵*	۰/۰۲*	۱۲۵/۸۵**	۳۱/۳۸**	۰/۳۴ ^{ns}
اکوتیپ	۱۱	۰/۸۴**	۵۰/۹۷**	۲۱/۶۴**	۵۴/۴۵**	۱۰۸۰/۷۴**	۰/۵۷**	۳۱۶/۴۸**	۲۴۸/۹۶**	۱/۳۲**
شوری	۲	۴۵/۷۸**	۱۴۸/۱**	۱۸/۶۷**	۸۸۱۵/۵۴**	۲۳۳۲/۵۷**	۶/۵۳**	۹۹۶/۴۷**	۸۳۱/۷۵**	۱۳/۴۶**
اکوتیپ × شوری	۲۲	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۴۸**	۰/۵۹**	۵۴/۶**	۱۲/۴۷**	۰/۰۸**	۱/۳۴ ^{ns}	۰/۸۲ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}
خطا	۷۰	۰/۰۴	۰/۱۹	۰/۱۰۵	۴/۷۵	۴/۵۱	۰/۰۰۶	۴/۷۲	۴/۰۳	۰/۱۳
ضریب تغییرات		۶/۰۴	۶/۶۸	۵/۹۱	۶/۹۶	۶/۵۶	۷/۷۲	۳/۲۴	۳/۲۵	۱۲/۷۳

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح شوری بر صفات مورد مطالعه در برگ اکوتیپ‌های آویشن دنايي

سطوح شوری (میلی مولار)	پرولین (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کاروتنوئید (میلی گرم بر گرم وزن خشک)	سدیم (میلی گرم بر گرم وزن خشک)	پتاسیم (میلی گرم بر گرم وزن خشک)	سدیم به پتاسیم (میلی گرم بر گرم وزن خشک)	میزان نسبی آب (%)	نشت یونی (گرم)	وزن خشک (گرم)
بدون تنش	۲/۰۴۵ ^c	۸/۷۷ ^a	۶/۳۱ ^a	۱۴/۷۷ ^c	۴۰/۲۵ ^a	۰/۳۶۷ ^c	۷۰/۷۳ ^a	۵۸/۲ ^c	۱۲/۵۴ ^a
۶۰	۳/۵۸ ^b	۶/۰۳ ^b	۵/۱۳ ^b	۳۳/۳۵ ^b	۳۲/۶۷ ^b	۱/۰۲ ^b	۶۹/۲۹ ^b	۵۹/۶۹ ^b	۸/۲ ^b
۱۲۰	۴/۲۴ ^a	۴/۸ ^c	۵/۰۱ ^b	۴۵/۸۷ ^a	۲۴/۱۶ ^c	۱/۹ ^a	۶۰/۹۸ ^b	۶۷/۱۷ ^a	۵/۳۴ ^c

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی داری در سطح احتمال آماری ۵٪ در آزمون LSD با هم ندارند.

مختلف شوری، اکوتیپ‌های مورد مطالعه و برهمکنش اکوتیپ × شوری در هر دو صفت معنی دار ($P < 0.01$) بود (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح شوری نشان داد که با افزایش سطح شوری غلظت رنگدانه‌ها کاهش یافت و کمترین غلظت این رنگدانه‌ها در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول ۳). درصد کاهش در صفات غلظت کلروفیل کل و کاروتنوئید به ترتیب برابر ۴۵/۲۶ و ۲۰/۶ درصد بود. در بررسی اثر تنش شوری بر آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) مشخص شد که افزایش سطح شوری سبب کاهش میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید گردید (حسینی و همکاران، ۱۳۹۵). در بررسی انجام شده در گیاه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra*) با سه سطح شوری صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار مخلوط نمک‌های سدیم کلرید، کلسیم کلرید و منیزیم سولفات نشان داده شد که با افزایش شوری تا سطح ۳۰۰ میلی‌مولار نمک، رنگدانه‌های

متفاوت نشان داده شد که با افزایش شوری غلظت پرولین در هر دو گونه افزایش پیدا کرد. نتایج به دست آمده توسط حسینی و همکاران (۱۳۹۵) در گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris*)، فرهادی و همکاران (۱۳۹۵) در گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum L.*) و زمانی و همکاران (۱۳۹۷) در گیاه دم‌شیر (*Leonurus cardiaca L.*) نیز با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. مقایسه میانگین اثرات اصلی اکوتیپ (جدول ۴) نشان داد که اکوتیپ فریدونشهر بیشترین غلظت پرولین (۳/۸۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) را داشت و این اکوتیپ با اکوتیپ خرم‌آباد ۲ اختلاف معنی داری نداشت. اکوتیپ همدان (۲/۸۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) کمترین غلظت پرولین را داشت و این اکوتیپ با اکوتیپ‌های ملایر و الیگودرز اختلاف معنی داری نداشت.

غلظت کلروفیل کل و کاروتنوئید: اختلاف بین سطوح

جدول ۴- مقایسه میانگین اکوتیپ‌های آویشن دنايي از نظر صفات* مورد مطالعه

اکوتیپ	غلظت پرولین (میلی گرم بر گرم وزن تر)	میزان نسبی آب برگ (%)	نشت یونی	وزن خشک اندام هوایی (گرم)
اراک ۲	۳/۳۳ ^{bc}	۷۰/۷۹ ^c	۵۸/۰۵ ^f	۹/۶۷ ^{bcd}
شازند	۳/۱۱ ^{de}	۶۶/۳۹ ^e	۶۱/۳ ^e	۸/۵۸ ^{def}
اصفهان	۳/۲۱ ^{cd}	۶۳/۲۸ ^f	۶۳/۹۸ ^d	۷/۰۹ ^{efg}
خرم‌آباد ۱	۳/۴۳ ^b	۷۱/۴۶ ^c	۵۸/۱۹ ^f	۱۰/۱۷ ^{bcd}
اراک ۱	۳/۱۳ ^{de}	۶۱/۸۹ ^{fg}	۶۲/۴۳ ^{de}	۷/۰۵ ^{efg}
خرم‌آباد ۲	۳/۷۵ ^a	۷۵/۵۸ ^a	۵۴/۹۸ ^g	۱۲/۵۲ ^a
فریدونشهر	۳/۸۴ ^a	۷۲/۶۹ ^{bc}	۵۶/۹۲ ^f	۱۰/۸۶ ^{abc}
ملایر	۳/۰۱ ^{ef}	۶۰/۸۲ ^g	۶۹/۲ ^b	۶/۶۵ ^{fg}
الیگودرز	۲/۹۱ ^f	۵۸/۵۸ ^h	۷۱/۴۱ ^a	۵/۲۶ ^g
فریدن	۳/۳۸ ^{bc}	۶۸/۵۹ ^d	۶۰/۶۸ ^e	۸/۸۹ ^{cde}
همدان	۲/۸۸ ^f	۶۰/۱۱ ^{gh}	۶۶/۷۲ ^c	۶/۱۶ ^g
سمیرم	۳/۴۷ ^b	۷۳/۸۶ ^{ab}	۵۶/۴۱ ^{fg}	۱۱/۴ ^{ab}

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

* صفاتی در این جدول آورده شده است که برهمکنش اکوتیپ × شوری برای آنها معنی‌دار نشده است.

جدول ۵- برش‌دهی برهمکنش اکوتیپ × شوری در برگ اکوتیپ‌های مختلف آویشن دنايي

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		کلروفیل کل	کاروتنوئید	سدیم	پتاسیم
اراک ۲	۲	۱۱/۲۳**	۳/۷۶**	۸۱۹/۹۱**	۲۴۱/۸۴**
شازند	۲	۱۶/۰۲**	۲/۵۴**	۵۳۹/۰۷**	۱۹۹/۸۹**
اصفهان	۲	۱۴/۹۵**	۱/۰۹**	۷۳۱/۴**	۱۸۶/۹**
خرم‌آباد ۱	۲	۹/۰۸**	۲/۹۷**	۷۴۸/۵۹**	۲۸۷/۰۷**
اراک ۱	۲	۱۵/۵۸**	۱/۴۹**	۸۹۱/۴۳**	۱۶۷/۳۳**
خرم‌آباد ۲	۲	۱۴/۸۳**	۱/۳**	۴۵۲/۸۶**	۲۹۰/۹۷**
فریدونشهر	۲	۷/۶۳**	۱/۸۵**	۴۷۵/۵۴**	۲۶۳/۴۸**
ملایر	۲	۱۴/۴۵**	۱/۹۴**	۹۳۰/۹۴**	۱۶۳/۵۴**
الیگودرز	۲	۱۳/۰۶**	۲/۷۶**	۱۲۵۵/۴۹**	۶۶/۱۸**
فریدن	۲	۱۰/۲۱**	۰/۸۶**	۷۸۸/۳۵**	۲۷۴/۵۲**
همدان	۲	۱۳/۴۶**	۱/۹۸**	۱۱۹۲/۱۴**	۹۸/۸۸**
سمیرم	۲	۱۲/۷۸**	۲/۶۱**	۵۹۰/۳۸**	۲۲۹/۰۹**

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

فتوسنتزی و کاروتنوئید بیشترین کاهش را نشان داد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۸). کاهش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی در اثر

شوری توسط فرهادی و همکاران (۱۳۹۵) در گیاه سنبله (*Trigonella foenum-graecum* L.) و زمانی و همکاران (۱۳۹۷) در گیاه دم‌شیر (*Leonurus cardiaca* L.) نیز دیده شد که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت داشت. کاهش مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط شوری می‌تواند به دلیل تخریب کلروپلاست و تجزیه کلروفیل در اثر فعالیت آنزیم کلروفیل‌از و پراکسیداز، یا ناشی از تأثیر مزمن تجمع یونها در کلروپلاست و یا تخریب رنگدانه‌ها توسط گونه‌های فعال اکسیژن طی تنش اکسیداتیو ناشی از نمک باشد. به نظر می‌رسد پایداری رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت شرایط تنش به‌عنوان معیاری برای تحمل گیاه به تنش شوری باشد (Sevengor *et al.*, 2011).

مقایسه میانگین برهمکنش اکوتیپ × شوری برای صفت غلظت کلروفیل کل (جدول ۶) نشان داد که در سطح شوری صفر (بدون تنش) بیشترین و کمترین غلظت کلروفیل کل به ترتیب در اکوتیپ‌های خرم‌آباد ۲ (۱۲/۹۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و الیگودرز (۵/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) دیده شد و این دو اکوتیپ با دیگر اکوتیپ‌ها تفاوت معنی‌دار داشتند. در سطح شوری ۶۰ میلی‌مولار اکوتیپ خرم‌آباد ۲ (۹/۱۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بیشترین غلظت کلروفیل کل را داشت و این اکوتیپ با اکوتیپ فریدونشهر تفاوت معنی‌دار نداشت. اکوتیپ الیگودرز (۲/۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) کمترین غلظت کلروفیل کل را در این سطح شوری داشت و تفاوت معنی‌داری با دیگر اکوتیپ‌ها داشت (جدول ۶). در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار از نظر این صفت اکوتیپ خرم‌آباد ۲ (۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بیشترین غلظت را داشت و این اکوتیپ با سایر اکوتیپ‌ها تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۶). اکوتیپ الیگودرز (۱/۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) کمترین غلظت این صفت را در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار داشت که با اکوتیپ اراک ۱ تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶). با توجه به بررسی میانگین اکوتیپ‌ها در هر سه سطح شوری مشخص شد که اکوتیپ‌های خرم‌آباد ۲ و فریدونشهر از نظر صفت غلظت کلروفیل کل بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند. نکته

دیگر اینکه روند تغییرات بین اکوتیپ‌ها در سطوح مختلف شوری تا حدودی با یکدیگر مشابه بود به طوری که ترتیب اکوتیپ‌های با غلظت‌های بالا و پایین برای این صفت در سطوح متفاوت شوری تا حدودی یکسان بود. مقایسه میانگین برهمکنش اکوتیپ × شوری در مورد غلظت کاروتنوئید بیانگر این مطلب است که در سطح شوری صفر (بدون تنش) بیشترین غلظت در اکوتیپ شازند (۸/۹۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) دیده شد و این اکوتیپ با اکوتیپ ملایر تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین غلظت در این صفت در سطح شوری صفر (بدون تنش) در اکوتیپ خرم‌آباد ۱ (۴/۲۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) دیده شد و این اکوتیپ با سایر اکوتیپ‌ها تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۶). در سطح شوری ۶۰ میلی‌مولار بیشترین غلظت کاروتنوئید در اکوتیپ‌های شازند، ملایر و همدان وجود داشت و بین این سه اکوتیپ از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. کمترین غلظت این صفت در سطح شوری ۶۰ میلی‌مولار در اکوتیپ خرم‌آباد ۱ (۲/۹۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد و این اکوتیپ با سایر اکوتیپ‌ها از لحاظ آماری متفاوت بود (جدول ۶). در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار اکوتیپ شازند (۷/۴۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بیشترین غلظت کاروتنوئید را داشت و این اکوتیپ با اکوتیپ ملایر تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین غلظت در این سطح شوری در اکوتیپ‌های اراک ۲ و خرم‌آباد ۱ مشاهده شد؛ در حالی که در این دو اکوتیپ غلظت کلروفیل کل نسبتاً بالا بود (جدول ۶) و بر این اساس می‌توان غلظت پایین کاروتنوئید را در این دو اکوتیپ توجیه کرد. به طور کلی در این صفت و برای سطوح مختلف شوری اکوتیپ‌های شازند و ملایر بیشترین غلظت را داشتند. ترتیب اکوتیپ‌های برتر و ضعیف‌تر از نظر این صفت برای سطوح مختلف شوری تقریباً یکسان بود.

غلظت سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم برگ: نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس هر سه این صفت نشان داد که بین سطوح شوری، بین اکوتیپ‌های مختلف و برهمکنش اکوتیپ × شوری تفاوت معنی‌دار ($P < 0.01$) دیده شد (جدول ۲). افزایش شوری در آب آبیاری موجب افزایش

جدول ۶- مقایسه میانگین اکوتیپ‌های برگ آویشن دناپی در سطوح مختلف شوری برای صفات* مورد مطالعه

سطوح شوری (میلی مولار)	اکوتیپ	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کاروتنوئید (میلی گرم بر گرم وزن خشک)	غلظت سدیم (میلی گرم بر گرم وزن خشک)	غلظت پتاسیم	سدیم به پتاسیم
بدون تنش	اراک ۲	۹/۳ ^e	۴/۸۵ ^g	۱۱/۳۲ ^f	۴۶/۱۹ ^{cd}	۰/۲۵ ^f
	شازند	۷/۸۹ ^f	۸/۹۲ ^a	۱۸/۴۳ ^a	۴۰/۵۳ ^{ef}	۰/۴۶ ^{cd}
	اصفهان	۷/۹۵ ^f	۵/۲۴ ^{fg}	۱۵/۹ ^{a-d}	۳۷/۱۲ ^f	۰/۴۳ ^{de}
	خرم‌آباد ۱	۱۰/۰۵ ^d	۴/۲۴ ^h	۱۱/۸۷ ^f	۵۰/۱۴ ^{bc}	۰/۲۴ ^f
	اراک ۱	۶/۳۹ ^g	۵/۹۲ ^{de}	۱۲/۸۲ ^{def}	۳۲/۸ ^g	۰/۳۹ ^{de}
	خرم‌آباد ۲	۱۲/۹۲ ^a	۶/۵۶ ^c	۱۵/۴ ^{a-e}	۵۷/۳۷ ^a	۰/۲۷ ^f
	فریدونشهر	۱۰/۹۴ ^c	۶/۴۳ ^{cd}	۱۷/۲ ^{ab}	۵۱/۴۵ ^b	۰/۳۳ ^{ef}
	ملایر	۷/۳۹ ^f	۸/۵۱ ^a	۱۶/۳۲ ^{abc}	۲۸/۵۵ ^h	۰/۵۸ ^b
	الیگودرز	۵/۳ ^h	۴/۹۴ ^{fg}	۱۴/۳۱ ^{b-f}	۲۰/۱۴ ⁱ	۰/۷۱ ^a
	فریدن	۸/۸۸ ^e	۷/۲۴ ^b	۱۷/۸۴ ^a	۴۲/۳۴ ^{de}	۰/۴۲ ^{de}
۶۰	همدان	۶/۳۵ ^g	۷/۴۴ ^b	۱۳/۴۲ ^{c-f}	۲۴/۶ ^h	۰/۵۵ ^{bc}
	سمیرم	۱۱/۷۹ ^b	۵/۴۷ ^{ef}	۱۲/۳۵ ^{ef}	۵۱/۷۸ ^b	۰/۲۴ ^f
	اراک ۲	۶/۵۸ ^d	۳/۴۷ ^g	۳۹/۱۸ ^{ab}	۳۸/۲۳ ^d	۱/۰۲ ^{ef}
	شازند	۴/۸ ^f	۷/۲۱ ^a	۴۰/۳۲ ^a	۳۲/۷۴ ^e	۱/۲۴ ^{de}
	اصفهان	۵/۶۵ ^e	۴/۱۴ ^f	۳۸/۸۴ ^{ab}	۲۸/۸۵ ^f	۱/۳۵ ^d
	خرم‌آباد ۱	۷/۵۴ ^c	۲/۹۲ ^h	۲۹/۷۲ ^{ef}	۴۱/۳۸ ^{cd}	۰/۷۲ ^{gh}
	اراک ۱	۴/۰۹ ^g	۴/۵۳ ^{ef}	۲۸/۶۸ ^f	۲۴/۲۳ ^g	۱/۱۸ ^{de}
	خرم‌آباد ۲	۹/۱۴ ^a	۵/۳۴ ^{cd}	۳۴/۳ ^{cd}	۵۱/۶۲ ^a	۰/۶۶ ^h
	فریدونشهر	۸/۹۳ ^{ab}	۵/۷۱ ^{bc}	۳۰/۸۵ ^{def}	۴۴/۵ ^{bc}	۰/۶۹ ^{gh}
	ملایر	۴/۹۶ ^f	۷/۰۴ ^a	۳۵/۲۱ ^{bc}	۱۷/۷۷ ^{hi}	۱/۹۸ ^b
۶۰	الیگودرز	۲/۴ ⁱ	۳/۲۳ ^{gh}	۳۳/۸۲ ^{cde}	۱۴/۶ ⁱ	۲/۳۴ ^a
	فریدن	۶/۶۸ ^d	۶/۱۷ ^b	۲۸/۲۷ ^f	۳۱/۴۷ ^{ef}	۰/۹۴ ^g
	همدان	۳/۲۳ ^h	۶/۷۳ ^a	۳۱/۶۲ ^{c-f}	۱۹/۴۹ ^h	۱/۶۴ ^c
	سمیرم	۸/۳۷ ^b	۵/۰۴ ^{de}	۲۹/۴۱ ^f	۴۷/۱۵ ^b	۰/۶۲ ^h

میانگین‌های با حرف مشترک برای هر صفت و در هر سطح شوری، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۰/۰۵ در آزمون LSD با هم ندارند.

* صفاتی در این جدول آورده شده است که برهمکنش اکوتیپ × شوری برای آنها معنی‌دار شده است.

سطح شوری ۱۲۰ میلی مولار وجود داشت و درصد کاهش در این صفت در مقایسه با سطح شوری صفر برابر با ۳۹/۹۷ درصد بود (جدول ۳). یکی از دلایل کاهش جذب پتاسیم در شرایط شوری، انتقال عناصر سدیم و پتاسیم با یک پروتئین مشترک است و به همین دلیل بین این دو عنصر برای ورود به

غلظت سدیم برگ و نسبت سدیم به پتاسیم برگ گردید به طوری که بیشترین میزان این دو صفت در سطح شوری ۱۲۰ میلی مولار مشاهده گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین سطوح مختلف شوری نشان داد که با افزایش شوری غلظت پتاسیم برگ کاهش یافت. به طوری که کمترین غلظت پتاسیم برگ در

ادامه جدول ۶-

سپتاسیم به پتاسیم	غلظت پتاسیم	غلظت سدیم	کاروتنوئید	کلروفیل کل	اکوتیپ	سطوح شوری (میلی مولار)
(میلی گرم بر گرم وزن خشک)			(میلی گرم بر گرم وزن تر)			
۱/۴۴ ^{de}	۲۸/۲۷ ^d	۴۰/۶۷ ^{fg}	۲/۶۳ ⁱ	۵/۵۶ ^d	اراک ۲	۱۲۰
۱/۷۸ ^{de}	۲۴/۲۱ ^e	۴۲/۷۸ ^{ef}	۷/۴۷ ^a	۳/۳۷ ^e	شازند	
۲/۱۶ ^{cd}	۲۱/۳۴ ^e	۴۵/۷۲ ^{de}	۴/۲۶ ^g	۳/۴۸ ^e	اصفهان	
۱/۴۱ ^{de}	۳۰/۶۱ ^{cd}	۴۳/۳۷ ^{ef}	۲/۲۹ ⁱ	۶/۷ ^c	خرم‌آباد ۱	
۲/۶۴ ^c	۱۷/۹۲ ^f	۴۷/۲۶ ^{cd}	۵/۴۵ ^e	۱/۸۳ ^{gh}	اراک ۱	
۱/۰۱ ^e	۳۸/۱۸ ^a	۳۸/۴۵ ^g	۶/۳۸ ^{cd}	۹ ^a	خرم‌آباد ۲	
۱/۲۹ ^{de}	۳۲/۹ ^{bc}	۴۲/۳۵ ^{ef}	۴/۸۶ ^f	۷/۷۹ ^b	فریدونشهر	
۳/۶۷ ^b	۱۴/۴۲ ^g	۵۱/۵۲ ^{ab}	۷/۲۱ ^{ab}	۳/۰۳ ^{ef}	ملایر	
۵/۳۳ ^a	۱۰/۸ ^h	۵۵/۲۱ ^a	۳/۳۳ ^h	۱/۲۵ ^h	الیگودرز	
۲/۱۴ ^{cd}	۲۳/۲۷ ^e	۴۹/۶۴ ^{bc}	۶/۷۷ ^{bc}	۵/۲۲ ^d	فریدن	
۴/۱ ^b	۱۳/۱۴ ^{gh}	۵۳/۲۴ ^{ab}	۵/۸۲ ^{de}	۲/۳۱ ^{fg}	همدان	
۱/۱۵ ^e	۳۴/۸۷ ^{ab}	۴۰/۱۷ ^{fg}	۳/۶۸ ^h	۸/۰۸ ^b	سمیرم	

میانگین‌های با حرف مشترک برای هر صفت و در هر سطح شوری، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ در آزمون LSD با هم ندارند. * صفاتی در این جدول آورده شده است که برهمکنش اکوتیپ × شوری برای آنها معنی‌دار شده است.

میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) بیشترین غلظت سدیم برگ را دارا بود و این اکوتیپ با اکوتیپ‌های فریدن، اصفهان، خرم‌آباد ۲، فریدونشهر و ملایر تفاوت معنی‌دار نداشت. اکوتیپ‌های اراک ۲ و خرم‌آباد ۱ کمترین غلظت سدیم برگ را داشت. در شوری ۶۰ میلی‌مولار اکوتیپ شازند (۴۰/۳۲ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) بیشترین غلظت سدیم برگ را داشت و این اکوتیپ‌ها با اکوتیپ‌های اراک ۲ و اصفهان تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین غلظت سدیم برگ در این سطح شوری در اکوتیپ‌های فریدن و اراک ۱ مشاهده گردید. در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار بیشترین غلظت سدیم برگ در اکوتیپ الیگودرز (۵۵/۲۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) دیده شد که این اکوتیپ با اکوتیپ‌های ملایر و همدان از نظر آماری متفاوت نبود. کمترین غلظت سدیم برگ در این سطح شوری در اکوتیپ‌های خرم‌آباد ۲ و سمیرم وجود داشت (جدول ۶). ترتیب اکوتیپ‌های برتر از نظر این صفت در سطوح مختلف شوری متفاوت بود. با بررسی غلظت سدیم برگ در اکوتیپ‌های با میزان وزن خشک اندام هوایی بیشتر مثل

سلول رقابت وجود دارد (Parvaiz and Satyawati, 2008). بنابراین به‌دلیل بیشتر بودن عنصر سدیم در محیط اطراف ریشه به‌واسطه نوع نمک مورد استفاده در این مطالعه، تشابه عنصر سدیم و پتاسیم و رقابت بین این دو عنصر برای جذب، میزان جذب سدیم افزایش و در نتیجه جذب پتاسیم کاهش می‌یابد. در بررسی اثر چهار سطح مختلف شوری بر صفات فیزیولوژیک گیاه مرزه چنین نتیجه‌گیری شد که با افزایش میزان شوری، غلظت عنصر سدیم افزایش و غلظت پتاسیم کاهش یافت (وجودی مهربانی و همکاران، ۱۳۹۶). کاهش پتاسیم و افزایش سدیم در اثر تنش شوری در گیاهان دارویی مختلف مانند جنس مریم‌گلی (*Salvia*) (آقایی و همکاران، ۱۳۹۳)، بنگ‌دانه (*Hyoscyamus reticulatus* L.) (وفادار و همکاران، ۱۳۹۷)، شنبلله (*Trigonella foenum-graecum* L.) (فرهادی و همکاران، ۱۳۹۵) و دم‌شیر (*Leonurus cardiaca* L.) (زمانی و همکاران، ۱۳۹۷) نیز مشاهده گردید که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت. در سطح شوری صفر (بدون‌تنش) اکوتیپ شازند (۱۸/۴۳

محدود می‌شود (Esechie *et al.*, 1998). یکی از مکانیسم‌های تحمل به شوری، جلوگیری از ورود یون سدیم به ریشه و در نتیجه سایر اندام‌های گیاه و یا دفع سدیم به طریقی از این اندام‌ها و کاهش غلظت یون پتاسیم در اندام‌های گیاهی از طریق جذب فعال آن، زمانی که با تنش شوری مواجه است، است (Sharma, 1996). از این رو ژنوتیپ‌هایی که دارای نسبت سدیم به پتاسیم کمتری هستند را می‌توان متحمل به شوری در نظر گرفت. بنابراین غلظت این دو یون و نسبت آنها در اندام‌های گیاهی از جمله برگ می‌تواند به‌عنوان یک شاخص مهم در تشخیص تحمل به تنش شوری مدنظر قرار گیرد. در مقایسه میانگین برهمکنش اکوتیپ \times شوری برای صفت نسبت سدیم به پتاسیم برگ (جدول ۶)، در سطوح مختلف شوری اکوتیپ الیگودرز بیشترین و اکوتیپ‌های خرم‌آباد ۱، خرم‌آباد ۲ و سمیرم کمترین نسبت سدیم به پتاسیم برگ را داشتند.

میزان نسبی آب برگ: با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثرهای ساده برای این صفت معنی‌دار ($P < 0.01$) ولی برهمکنش اکوتیپ \times شوری غیرمعنی‌دار بودند. در اثر افزایش شوری میزان نسبی آب برگ روند کاهشی ($13/78$ درصد) نشان داد و کمترین آن در سطح شوری 120 میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول ۳). یکی از دلایل کاهش میزان نسبی آب برگ در اثر تنش شوری، بسته‌شدن روزنه‌ها به دلیل کاهش فشار آماس گیاه و تجمع هورمون آبسزیک اسید است که این هورمون در شرایط تنش در ریشه ساخته شده و در سلول‌های روزنه‌ای تجمع می‌یابد (Levent Tuna *et al.*, 2007). مطالعه انجام‌شده توسط فاضلی و همکاران (۱۳۹۶) در گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) نشان داد که تنش شوری کاهش معنی‌دار میزان نسبی آب برگ را باعث شد. نتایج مطالعات پژوهشگران مختلف مانند فرهادی و همکاران (۱۳۹۵) در گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) و وفادار و همکاران (۱۳۹۷) در گیاه بنگ‌دانه (*Hyoscyamus reticulatus* L.) نیز بیانگر کاهش میزان نسبی آب برگ در اثر تنش شوری بود که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

اکوتیپ‌های خرم‌آباد ۲، فریدونشهر و سمیرم مشخص شد که این اکوتیپ‌ها در سطح شوری 120 میلی‌مولار کمترین غلظت سدیم برگ را داشتند (جدول ۴ و ۶) که این نتیجه بیانگر آن است که میزان جذب سدیم در اکوتیپ‌هایی که وزن خشک بیشتری دارند بالاتر است و یا اینکه میزان دفع سدیم در آنها بیشتر است و به‌طور کلی می‌توان گفت در اکوتیپ‌هایی که توانایی دفع بیشتر سدیم و یا ممانعت از جذب آن در شرایط شوری را دارند و تجمع سدیم کمتری دارند، وزن خشک اندام هوایی در آنها بیشتر است. یون سدیم باعث آسیب به غشا و ساختارهای سلولی، تخریب یا از کار انداختن پروتئین‌ها، اختلال در انتقال مواد فتوسنتزی می‌شود (Munns and Tester, 2008) و این موضوع می‌تواند یکی از دلایل کم‌بودن وزن خشک اندام هوایی در اکوتیپ‌های با غلظت سدیم برگ بیشتر باشد.

با توجه به مقایسه میانگین برهمکنش اکوتیپ \times شوری (جدول ۶) مشخص شد که ترتیب اکوتیپ‌های با غلظت پتاسیم برگ بیشتر و کمتر در سطوح متفاوت شوری تا حدود زیادی با یکدیگر مشابه است. به‌طوری‌که در هر سه سطح شوری، اکوتیپ خرم‌آباد ۲ و الیگودرز به ترتیب بیشترین و کمترین غلظت پتاسیم برگ را دارا بودند. نکته مهم در جدول ۶ این است که در سطح شوری 120 میلی‌مولار اکوتیپ الیگودرز که بیشترین غلظت سدیم برگ را داشت از نظر پتاسیم برگ کمترین غلظت را دارا بود که این نشان‌دهنده رقابت در جذب بین این دو عنصر است و همچنین می‌توان گفت اکوتیپ‌های حساس به شوری غلظت پتاسیم برگ کمتری دارند. با مقایسه بین غلظت پتاسیم برگ و وزن خشک اندام هوایی در اکوتیپ‌های مورد مطالعه (جدول ۴ و ۶) مشخص می‌شود که اکوتیپ‌هایی که وزن خشک اندام هوایی بیشتری دارند (مانند اکوتیپ‌های خرم‌آباد ۲، فریدونشهر و سمیرم)، غلظت پتاسیم برگ بیشتری در سطح شوری 120 میلی‌مولار دارند. یون پتاسیم یکی از عناصر اصلی در تغذیه گیاه بوده که در باز و بسته‌شدن روزنه‌ها نقش دارد، بنابراین کاهش غلظت پتاسیم در گیاه می‌تواند مواد فتوسنتزی را کاهش دهد و در اثر کاهش مواد فتوسنتزی، تولید ماده خشک به‌وسیله گیاه

درصد نشت یونی در شرایط تنش شوری بود (فاضلی و همکاران، ۱۳۹۶).

مقایسه میانگین اثرات اصلی اکوتیپ (جدول ۴) نشان داد که بیشترین نشت یونی در اکوتیپ الیگودرز (۷۱/۴۱ درصد) و کمترین آن در اکوتیپ‌های خرم‌آباد ۲ (۵۴/۹۸ درصد) و سمیرم (۵۶/۴۱ درصد) مشاهده شد. در اکوتیپ‌های خرم‌آباد ۲ و سمیرم که نشت یونی در آنها کمترین مقدار است، وزن خشک اندام هوایی بیشترین مقدار است (جدول ۴). به عبارت دیگر می‌توان نتیجه گرفت که هر چه نشت یونی در اثر تنش شوری افزایش یابد مقدار وزن خشک اندام هوایی کاهش پیدا می‌کند. در اثر تنش شوری گونه‌های اکسیژن فعال، لیپیدها و پروتئین‌ها تولید شده که این مواد غشا سلولی را تخریب می‌کند. هر ژنوتیپی که توانایی بیشتری در خنثی‌سازی رادیکال‌های اکسیژن داشته باشد و در نتیجه غشا سلولی در آن ژنوتیپ پایدارتر باشد باعث ادامه فعالیت غشا سلولی و در نتیجه تولید مواد فتوسنتزی بیشتر می‌گردد (Cai et al., 2008). در این تحقیق نیز مشخص شد که هر چه نشت یونی توسط غشا بیشتر شود تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه وزن خشک اندام هوایی کاهش می‌یابد.

وزن خشک اندام هوایی: براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر شوری و اکوتیپ بر وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار ($P < 0.01$) بود ولی برهمکنش اکوتیپ \times شوری در مورد این صفت غیرمعنی‌دار شد. مقایسه میانگین سطوح مختلف شوری نشان داد که با افزایش میزان شوری، وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت (جدول ۳) و درصد کاهش بین سطوح صفر و ۱۲۰ میلی‌مولار در این صفت معادل ۵۷/۴۱ درصد بود و در مقایسه با سایر صفات بیشترین کاهش در اثر تنش شوری در این صفت دیده شد. بنابراین می‌توان گفت یکی از حساس‌ترین صفات در برابر شوری در آویشن دنایی این صفت بود. شوری خاک باعث کاهش پتانسیل اسمزی در محلول خاک و در نتیجه کاهش دسترسی گیاه به آب می‌گردد. جذب مواد غذایی، سطح برگ و جذب دی‌اکسید کربن و در نتیجه فتوسنتز در اثر کاهش دسترسی گیاه به آب در شرایط تنش شوری کاهش یافته و مقدار مواد فتوسنتزی نیز به‌طور

با توجه به مقایسه میانگین اثرات اصلی اکوتیپ برای این صفت (جدول ۴)، بیشترین میزان نسبی آب برگ (۷۵/۵۸ درصد) در اکوتیپ خرم‌آباد ۲ بود که با اکوتیپ سمیرم تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین میزان این صفت در اکوتیپ الیگودرز (۵۸/۵۸ درصد) بود که با اکوتیپ همدان تفاوت معنی‌دار نداشت. اکوتیپ‌هایی که میزان نسبی آب برگ بیشتری را دارا بودند دارای وزن خشک اندام هوایی بیشتری نیز بودند و برعکس (جدول ۴). کاهش میزان نسبی آب برگ باعث بسته‌شدن روزنه‌ها شده و در نتیجه بسته‌بودن طولانی مدت روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای در اثر تنش شوری، مواد فتوسنتزی کمتری ساخته می‌شود (فرهادی و همکاران، ۱۳۹۵) و این موضوع به نوبه خود باعث کاهش عملکرد گیاه می‌شود. در این مطالعه نیز چنین نتیجه‌ای حاصل شد به طوری که اکوتیپ‌های با میزان نسبی آب کمتر وزن خشک اندام هوایی کمتری نیز داشتند.

نشت یونی: اثرهای ساده شوری و اکوتیپ در این صفت معنی‌دار ($P < 0.01$) بود ولی برهمکنش این دو اثر غیرمعنی‌دار شد (جدول ۲). تنش شوری باعث افزایش نشت یونی به فضای بیرون از سلول می‌شود. به طوری که بیشترین میزان نشت یونی در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول ۳). یکی از علائم تحمل به شوری، پایداری و ثبات غشا سلولی در شرایط تنش است. در اثر تنش شوری فعالیت غشا سیتوپلاسمی مختل شده و در نتیجه مواد درون سلول به بیرون نشت می‌کند. مقدار این آسیب و اختلال با اندازه‌گیری نشت یونی مشخص می‌شود. بنابراین با افزایش سطح شوری مقدار نشت یونی از درون سلول افزایش می‌یابد (Jouyban, 2012). اندازه‌گیری میزان نشت یونی معیار مناسبی برای تعیین میزان آسیب اکسیداتیو وارد شده به غشا است (Bandeoglu et al., 2004). در بررسی اثر چهار سطح شوری بر برخی صفات فیزیولوژیک در گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) مشخص شد که در اثر تنش شوری مقدار نشت یونی افزایش می‌یابد (وجودی مهربانی، ۱۳۹۶). مطالعه اثر شوری در گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) نیز حاکی از افزایش

میانگین جامعه پایین تر بود (جدول ۷). بنابراین می توان اکوتیپ های اراک ۲، خرم آباد ۱، خرم آباد ۲، فریدونشهر و سمیرم را جهت دستیابی به مقادیر بیشتر صفات مذکور در شرایط بدون تنش شوری در آویشن دنایی پیشنهاد نمود. اکوتیپ های شازند و فریدن در شرایط شاهد در گروه دوم قرار گرفتند که این اکوتیپ ها از نظر اکثر صفات مورد بررسی مقادیر متوسطی را داشتند (جدول ۷) و بنابراین می توان گفت مقادیر صفات در این گروه در شرایط شوری صفر (بدون تنش) در حد متوسط هستند. اکوتیپ های اصفهان، اراک ۱، ملایر، الیگودرز و همدان در گروه سوم قرار گرفتند و این اکوتیپ ها از نظر صفات غلظت پرولین، غلظت کلروفیل کل، غلظت پتاسیم برگ، میزان نسبی آب برگ و وزن خشک اندام هوایی از میانگین جامعه و همچنین از مقادیر سایر گروه ها کمتر بودند و از نظر صفات نسبت سدیم به پتاسیم برگ و نشت یونی از میانگین جامعه بیشتر بودند (جدول ۷).

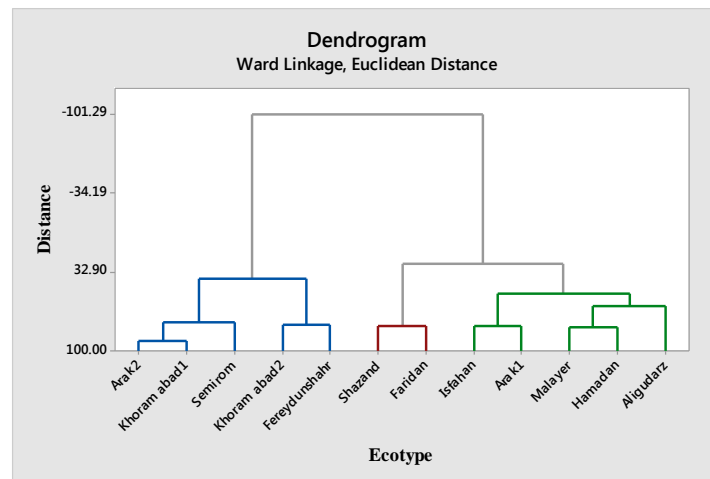
در سطح شوری ۱۲۰ میلی مولار اکوتیپ های مورد مطالعه در محل فاصله اقلیدسی ۳۵/۵ در سه گروه قرار گرفتند (شکل ۲). اکوتیپ های اراک ۲، خرم آباد ۱، خرم آباد ۲، فریدونشهر و سمیرم در گروه اول قرار گرفتند که این اکوتیپ ها از نظر تمام صفات مورد بررسی به جز غلظت سدیم برگ، نسبت سدیم به پتاسیم برگ و نشت یونی مقدار بیشتری در مقایسه با میانگین جامعه داشتند و از نظر این صفات از سایر گروه ها نیز بیشتر بودند (جدول ۷). لازم به ذکر است بالابودن این صفات در شرایط تنش شوری برای گیاه مطلوب است. با توجه به اینکه اکوتیپ های اراک ۲، خرم آباد ۱، خرم آباد ۲، فریدونشهر و سمیرم در هر دو سطح شوری صفر و ۱۲۰ میلی مولار در یک گروه قرار گرفتند و از نظر اکثر صفات تأثیرگذار در تحمل به شوری وضعیت مطلوبی را به خود اختصاص دادند، بنابراین می توان این اکوتیپ ها را به عنوان اکوتیپ های متحمل به شوری در آویشن دنایی پیشنهاد نمود. اکوتیپ های شازند، اصفهان، اراک ۱ و فریدن در گروه دوم قرار گرفتند که اکوتیپ های این گروه از نظر اکثر صفات مورد بررسی مقادیر متوسط را داشتند (جدول ۷). اکوتیپ های ملایر، الیگودرز و همدان در

محسوس کاهش می یابد (Saadatmand et al., 2007). پس وزن خشک اندام هوایی در آویشن دنایی با بیشتر شدن سطح شوری خاک کاهش پیدا می کند. بررسی اثر پنج سطح شوری بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک در گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) نشان داد که افزایش شوری به صورت معنی داری سبب کاهش وزن خشک بخش هوایی گردید (ستایش مهر و اسماعیل زاده بهابادی، ۱۳۹۲). تحقیقات دیگر در گیاهان دارویی مختلف مانند مرزه (*Satureja hortensis* L. (وجودی مهربانی و همکاران، ۱۳۹۶)، جنس مریم گلی (*Salvia*) (آقایی و همکاران، ۱۳۹۳) و دم شیر (*Leonurus cardiaca* L.) (زمانی و همکاران، ۱۳۹۷) نیز نشان دهنده کاهش وزن خشک گیاه در اثر تنش شوری است که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

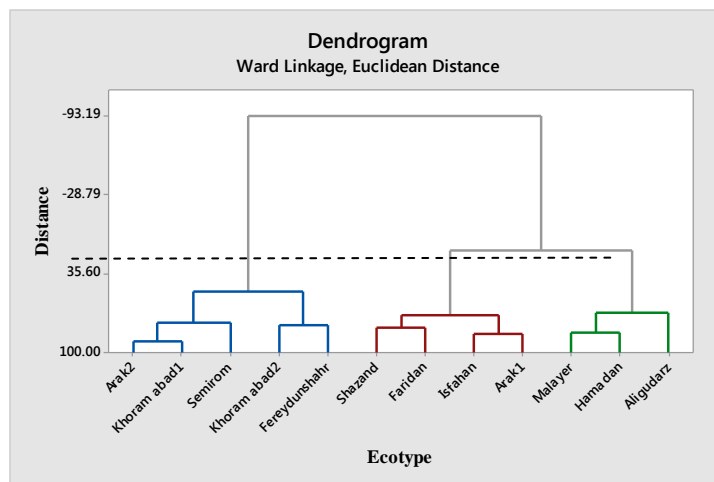
در مقایسه میانگین اثرات اصلی اکوتیپ (جدول ۴)، بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی در اکوتیپ خرم آباد ۲ (۱۲/۵۲ گرم) دیده شد که این اکوتیپ با اکوتیپ های فریدونشهر و سمیرم از نظر آماری تفاوت معنی دار نداشت. کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی در اکوتیپ الیگودرز (۵/۲۶ گرم) و همدان (۶/۱۶ گرم) دیده شد و این اکوتیپ ها با اکوتیپ های ملایر، اراک ۱ و اصفهان تفاوت معنی دار نداشتند.

گروه بندی اکوتیپ ها با استفاده از تجزیه خوشه ای:

گروه بندی اکوتیپ های مورد مطالعه با استفاده از تجزیه خوشه ای در سطح شوری صفر (بدون تنش) و شوری ۱۲۰ میلی مولار انجام شد. در سطح شوری صفر (بدون تنش)، اکوتیپ های مورد مطالعه با استفاده از تمام صفات مورد بررسی در محل فاصله اقلیدسی ۳۳ در سه گروه قرار گرفتند (شکل ۱). اکوتیپ های اراک ۲، خرم آباد ۱، خرم آباد ۲، فریدونشهر و سمیرم در گروه اول قرار گرفتند. اکوتیپ های این گروه از نظر غلظت پرولین، غلظت کلروفیل کل، غلظت پتاسیم برگ، میزان نسبی آب برگ و وزن خشک اندام هوایی از میانگین جامعه بالاتر بودند (جدول ۶). میانگین صفات غلظت سدیم برگ، نسبت سدیم به پتاسیم برگ و نشت یونی در این گروه از



شکل ۱- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای در اکوتیپ‌های آویشن دنیایی در شرایط بدون تنش



شکل ۲- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای در اکوتیپ‌های آویشن دنیایی در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار

جدول ۷- مقایسه میانگین گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای در اکوتیپ‌های آویشن دنیایی

وزن خشک اندام هوایی (گرم)	نشت یونی	میزان نسبی آب برگ (%)	سدیم به پتاسیم	سدیم (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)	پتاسیم (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	گروه	سطح شوری
										(میلی‌مولار)
۱۶/۰۹ ^a	۵۳/۴۴ ^b	۷۶/۶۳ ^a	۰/۲۷ ^b	۱۳/۶۲ ^b	۵۱/۳۸ ^a	۵/۵۱ ^b	۱۱ ^a	۲/۳۶ ^a	۱	بدون تنش
۱۲/۸۷ ^b	۵۷/۴۵ ^b	۷۱/۰۲ ^b	۰/۴۴ ^a	۱۸/۱۳ ^a	۴۱/۴۳ ^b	۸/۰۸ ^a	۸/۳۹ ^b	۲/۰۲ ^{ab}	۲	
۸/۸۴ ^c	۶۳/۲۶ ^a	۶۴/۷۱ ^c	۰/۵۳ ^a	۱۴/۵۵ ^{ab}	۲۸/۶۴ ^c	۶/۴۱ ^{ab}	۶/۶۸ ^b	۱/۷۴ ^b	۳	
۱۲/۵۳	۵۸/۲	۷۰/۷۳	۰/۴۰ ^۶	۱۴/۷۶	۴۰/۲۵	۶/۳۱	۸/۷۶	۲/۰۴۵	میانگین	
۶/۴۵ ^a	۶۲/۶۵ ^c	۶۷/۳۷ ^a	۱/۲۶ ^c	۴۱ ^c	۳۲/۹۶ ^a	۳/۹۶ ^a	۷/۴۳ ^a	۴/۴ ^a	۱	۱۲۰
۵/۰۳ ^b	۶۷/۴۱ ^b	۵۹/۱۲ ^b	۲/۱۸ ^b	۴۶/۳۵ ^b	۲۱/۶۹ ^b	۵/۹۸ ^a	۳/۴۸ ^b	۴/۳ ^{ab}	۲	
۳/۸۹ ^c	۷۴/۳۹ ^a	۵۲/۸۳ ^c	۴/۳۶ ^a	۵۳/۳۲ ^a	۱۲/۷۸ ^c	۵/۴۵ ^a	۲/۱۹ ^b	۴/۰۳ ^b	۳	
۵/۳۴	۶۷/۱۷	۶۰/۹۸	۲/۳۵	۴۵/۸۷	۲۴/۱۶	۵/۰۱	۴/۸	۴/۲۴	میانگین	

میانگین‌های با حرف مشترک برای هر صفت و در هر سطح شوری، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ در آزمون LSD با هم ندارند.

جدول ۸- نتایج تابع تشخیص برای گروه‌بندی اکوتیپ‌های آویشن دناپی در شرایط بدون تنش و شوری ۱۲۰ میلی‌مولار (داخل پرانتز)

کل	گروه‌های پیش‌بینی شده			گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای	
	۳	۲	۱		
(۵) ۵	۰	۰	(۵) ۵	۱	
(۴) ۲	۰	(۴) ۲	۰	۲	مجموع
(۳) ۵	(۳) ۵	۰	۰	۳	
(۱۰۰) ۱۰۰	۰	۰	(۱۰۰) ۱۰۰	۱	
(۱۰۰) ۱۰۰	۰	(۱۰۰) ۱۰۰	۰	۲	درصد
(۱۰۰) ۱۰۰	(۱۰۰) ۱۰۰	۰	۰	۳	

جدول ۹- فواصل بین مرکز گروه‌ها در شرایط بدون تنش (بالای قطر) و شوری ۱۲۰ میلی‌مولار (پایین قطر)

گروه	۱	۲	۳
۱	-	۳/۵۹	۵/۰۲
۲	۳/۳۹	-	۳/۱۲
۳	۶/۲۱	۳/۱۷	-

نتایج این تجزیه در جدول ۸ آورده شده است. نتایج تجزیه تابع تشخیص نشان می‌دهد که گروه‌بندی اکوتیپ‌های مورد مطالعه در هر دو سطح شوری به‌طور صحیح صورت گرفته است و میزان موفقیت تابع تشخیص برای تمام گروه‌ها ۱۰۰ درصد است.

یکی از اهداف تجزیه خوشه‌ای در به‌نژادی گیاهی دستیابی به فاصله ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها است و پس از پی‌بردن به این موضوع می‌توان از ژنوتیپ‌های با بیشترین فاصله ژنتیکی در برنامه‌های به‌نژادی جهت انجام تلاقی‌ها استفاده نمود. براساس نتایج جدول ۹ مشخص شد که اکوتیپ‌های گروه اول و سوم در هر دو سطح شوری صفر و ۱۲۰ میلی‌مولار، بیشترین فاصله ژنتیکی را دارند و بنابراین تلاقی بین اکوتیپ‌های این دو گروه احتمالاً میزان هتروزیس و تنوع ژنتیکی بیشتری را در هر دو سطح شوری ایجاد خواهد کرد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری ($P < 0.01$) بین اکوتیپ‌ها و بین سطوح مختلف شوری از نظر تمام صفات

گروه سوم قرار گرفتند و اکثر مقادیر صفات مورد بررسی در این اکوتیپ‌ها کمتر از میانگین جامعه بود و همچنین این مقادیر از سایر گروه‌ها کمتر بود (جدول ۷). همچنین می‌توان این گونه نتیجه‌گیری کرد که می‌توان از مقادیر بیشتر صفات غلظت پروتئین، کلروفیل کل، پتاسیم برگ، میزان نسبی آب برگ و وزن خشک اندام هوایی و مقادیر کمتر غلظت سدیم برگ، نسبت سدیم به پتاسیم برگ و نسبت یونی در تفکیک اکوتیپ‌های متحمل و حساس به شوری در آویشن دناپی استفاده نمود. در مطالعه انجام‌شده توسط نادری زرنقی و تورچی (۱۳۹۳) در گیاه کلزای بهاره با استفاده از تجزیه خوشه‌ای صفات زراعی و فیزیولوژیک مشخص شد که ۱۲ رقم کلزای بهاره در شرایط بدون تنش و تنش شوری ملایم در سه گروه و در شرایط تنش شوری شدید در دو گروه قرار گرفتند و براساس نتایج گروه‌بندی مشخص شد که ارقام Craker و Amica به‌عنوان ارقام متحمل به شوری شناخته شدند.

از تجزیه تابع تشخیص به‌منظور تعیین صحت گروه‌بندی‌های به‌دست آمده در تجزیه خوشه‌ای استفاده شد که

میلی مولار در سه گروه قرار گرفتند. براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای مشخص شد که می‌توان اکوتیپ‌های اراک ۲، خرم‌آباد ۱، خرم‌آباد ۲، فریدونشهر و سمیرم را که در هر دو سطح شوری صفر و ۱۲۰ میلی مولار در یک گروه قرار گرفتند و از نظر اکثر صفات تأثیرگذار در تحمل به شوری وضعیت مطلوبی را به خود اختصاص دادند به‌عنوان اکوتیپ‌های متحمل به شوری در آویشن دنیایی جهت برنامه‌های به‌نژادی معرفی نمود.

مورد بررسی وجود داشت که از این تنوع ژنتیکی بین اکوتیپ‌ها می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی استفاده نمود. شوری باعث کاهش صفات غلظت کلروفیل کل، غلظت کاروتنوئید، غلظت پتاسیم برگ، میزان نسبی آب برگ و وزن خشک اندام هوایی و باعث افزایش غلظت پرولین، غلظت سدیم برگ، نسبت سدیم به پتاسیم برگ و نشت یونی گردید. اکوتیپ‌های مورد مطالعه با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد و با محاسبه فاصله اقلیدسی به‌عنوان معیار تشابه و با در نظر گرفتن تمام صفات مورد بررسی در هر دو سطح شوری صفر و ۱۲۰

منابع

- آقایی، ک.، طایی، ن.، کنعانی، م. ر. و یزدانی، م. (۱۳۹۳) اثر تنش شوری بر برخی صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی دو گونه مریم‌گلی (*Salvia*). مجله فرایند و کارکرد گیاهی ۹: ۸۵-۹۶.
- برازنده، م. م. و باقرزاده، ک. (۱۳۸۶) بررسی ترکیبات شیمیایی روغن فرار آویشن دنیایی (*Thymus daenensis* Celak.) جمع‌آوری شده از چهار منطقه مختلف استان اصفهان. فصلنامه گیاهان دارویی ۲۳: ۱۹-۱۵.
- حجازی، ا.، شاهوردی، م. و آردفروش، ج. (۱۳۸۳) روش‌های شاخص در تجزیه گیاهی. انتشارات دانشگاه تهران.
- حسینی، ح.، موسوی‌فرد، ص.، فاتحی، ف. و قادری، ا. (۱۳۹۵) تغییرات فیتوشیمیایی و صفات مرفو- فیزیولوژیکی گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L. CV Varico 3) تحت تنش شوری. مجله گیاهان دارویی ۱۰: ۳۴-۲۲.
- حسینی، م.، صمصام‌پور، د.، ابراهیمی، م. و خان‌احمدی، م. (۱۳۹۸) بررسی تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی شیرین بیان ایران (*glycyrrhiza glabra*) تحت تنش شوری در شرایط مزرعه. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی ۲۹: ۱۹۳-۲۰۱.
- خورشیدی، ج.، شکرپور، م. و ناظری، و. (۱۳۹۷) بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر عملکرد، اسانس و برخی از صفات فیزیولوژیک اکوتیپ‌های آویشن دنیایی (*Thymus daenensis* subsp. *daenensis*) در منطقه کرج. علوم باغبانی ایران ۴۹: ۶۲۴-۶۱۳.
- زمانی، ا.، شکرپور، م. و ناظری، و. (۱۳۹۷) تأثیر تنش شوری بر برخی بوم‌جورهای گیاه دارویی دم شیر (*Leonurus cardiaca* L.). مجله علوم باغبانی ایران ۴۹: ۵۶-۴۷.
- ستایش‌مهر، ز. و اسماعیل‌زاده بهابادی، ص. (۱۳۹۲) اثر تنش شوری بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه گشنیز. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی ۲۰: ۱۲۸-۱۱۱.
- شهنازی، س.، خلیقی سیگارودی، ف.، اجنی، ی.، یزدانی، د.، اهوازی، م. و تقی‌زاد فرید، ر. (۱۳۸۶) بررسی ترکیب‌های شیمیایی و خواص ضد میکروبی اسانس حاصل از گیاه آویشن تالشی (*Thymus trautvetteri* Klokov and Desj. Shost). فصلنامه گیاهان دارویی ۲۳: ۸۸-۸۰.
- فاضلی، آ.، زارعی، ب. و طهماسبی، ز. (۱۳۹۶) تأثیر تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.). مجله زیست‌شناسی گیاهی ایران ۳۴: ۸۳-۶۹.
- فرهادی، ح.، عزیزی، م. و نعمتی، س. ح. (۱۳۹۵) بررسی تأثیر تنش شوری بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی توده‌های مختلف گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.). مجله علوم باغبانی ایران ۴۷: ۵۴۱-۵۳۱.

- قلی‌پور، س. و عبادی، ع. (۱۳۹۶) مطالعه تغییرات متابولیت‌های سازگاری و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش رطوبتی. مجله فرایند و کارکرد گیاهی ۱۹: ۲۳۲-۲۱۹.
- نادری زرنقی، ر. و تورچی، م. (۱۳۹۳) گروه‌بندی ارقام بهاره کلزا با استفاده از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مرتبط با مقاومت به شوری. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۷: ۲۴۴-۲۳۳.
- هراتی، ا.، کاشفی، ب. و متینی‌زاده، م. (۱۳۹۵) بررسی کاهش اثرات سوء تنش شوری بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی آویشن دناهی (*Thymus daenensis* Celak.) از طریق کاربرد اسید سالیسیلیک. مجله فناوری تولیدات گیاهی ۸: ۱۲۵-۱۱۱.
- وجودی مهربانی، ل.، حسن‌پور اقدم، م. ب. و ولی‌زاده کامران، ر. (۱۳۹۶) بررسی رشد و برخی صفات فیزیولوژیکی مرزه (*Satureja hortensis* L.) تحت تنش شوری. نشریه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ۴۱: ۹۹-۱۱۰.
- وفادار، م.، قادری حبیب، ز. و وطن‌خواه، ا. (۱۳۹۷) تأثیر تنش شوری بر برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه بنگ‌دانه (*Hyoscyamus reticulatus* L.). مجله فرایند و کارکرد گیاهی ۲۶: ۹۹-۸۵.
- Arnon, A. (1967) Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal* 23: 112-121.
- Bandeoglu, E., Egidogan, F., Yucel, M. and Avni Oktem, H. (2004) Antioxidant responses of shoots and roots of lentil to NaCl salinity stress. *Plant Growth Regulation* 42: 69-77.
- Bates, L. S., Walderen, R. D. and Taere, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-207.
- Cai, K., Gao, D., Luo, S., Zeng, R., Yang, J. and Zhu, X. (2008) Physiological and cytological mechanisms of silicon-induced resistance in rice against blast disease. *Physiologia Plantarum* 134: 324-333.
- Esechie, H. A. and 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.
- Gravandi, M., Farshadfar, E. and Kahrizi, D. (2011) Evaluation of some physiological traits as indicators of drought tolerance in bread wheat genotypes. *Russian Journal of Plant Physiology* 58: 69-75.
- Gupta, B. and Huang, B. (2014) Mechanism of salinity tolerance in plants: Physiological, biochemical and molecular characterization. *International Journal of Genomics* 2014: 1-18.
- Hamed, K. B., Castagna, A., Salem, E., Ranieri, A. and 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.
- Hoseini, S. M. (2010) Stading effect of salinity stress on germination, proline and carbohydrate content in thyme (*Thymus vulgaris* L.) seedling. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 2: 34-38.
- Jouyban, Z. (2012) The effect of salt stress on plant growth. *Technical Journal of Engineering and Applied Science* 2: 7-10.
- Levent Tuna, A., Kaya, C., Dikilitas, M., Yokas, I. B., Burun, B. and Altunlu, H. (2007) Comparative effects of various salicylic acid derivatives on key growth parameters and some enzyme activities in salinity stressed maize (*Zea mays* L.) plants. *Pakistan Journal of Botany* 39: 787-798.
- Munns, R. and Tester, M. (2008) Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59: 651-681.
- Parvaiz, A. and Satyawati, S. (2008) Salt stress and phyto-biochemical responses of plants. A review. *Journal of Plant Soil Environment* 54: 89-99.
- Qasim, M., Ashraf, M., Jamil, M. A., Ashraf, M., Rehman, Sh. and 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.
- Rahdari, P., Tavakoli, S. and Hosseini, S. M. (2012) Studying of salinity stress effect on germination, proline, sugar, protein, lipid and chlorophyll content in purslane (*Portulaca oleracea* L.) leaves. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry* 8: 182-193.
- Roy, S. J., Negrao, S. and Tester, M. (2014) Salt resistant crop plants. *Current Opinion in Biotechnology* 26: 115-124.
- Saadatmand, A., Banihashemi, Z., Maftoun, M. and Sepaskhah, A. (2007) Interactive effect of soil salinity and water stress on growth and chemical compositions of pistachio nut tree. *Journal of Plant Nutrition* 30: 2037-2050.
- Sevengor, S., Kusvuran, S. and Elliaitioglu, S. (2011) The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and ntioxidative enzymes of pumpkin seedling. *African Journal of Agricultural Research* 6: 4920-4924.
- Shannon, M. C. and Grieve, C. M. (1999) Tolerance of vegetable crops to salinity. *Journal of Scientia Horticulturae* 78: 5-38.

- Sharma, S. K. (1996) Effects of salinity on uptake and distribution of Na⁺, Cl⁻ and K⁺ in two wheat cultivars. *Biologia Plantarum* 38: 261-267.
- Xiong, L. and Zhu, J. K. (2002) Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. *Plant Cell and Environment* 25: 131-139.
- Zeghad, N. and Merghan, R. (2013) Antioxidant and antimicrobial activities of *Thymus vulgaris* L. *Medicinal and Aromatic Plant Research Journal* 1: 5-11.

Salt stress effect on some agronomical and physiological traits in *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* ecotypes

Masoud Golestani*

Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran
(Received: 11/01/2020, Accepted: 20/05/2020)

Abstract

Salinity is one of the major abiotic stresses that affects physiological processes of plants and reduces crop growth as well as yield. In order to study the effect of salinity stress on some physiological and agronomical traits of *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* ecotypes and their classification, a factorial experiment was carried out using randomized complete block design with three replications in Abarkouh city in 2018. Experimental treatments included twelve *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* ecotypes and three salinity levels including 0 (non-stress), 60 and 120 mM NaCl. Analysis of variance revealed that the difference among ecotypes and among salinity levels were significant ($P < 0.01$) in all the studied traits. Salinity stress led to a significant decrease in concentration of total chlorophyll, carotenoid, concentration of potassium, relative water content and shoot dry weigh but an significant increase in concentration of proline, concentration of sodium, sodium to potassium ratio and ion leakage. Studied ecotypes under two salinity levels including 0 (control) and 120 mM NaCl using cluster analysis based on Ward method and by using Euclidian distance were classified into three groups. Khoramabad1, Khoramabad2, Arak2, Fereydunshahr and Semirom ecotypes were suggested as salt tolerant ecotypes based on cluster analysis using all the studied traits.

Keywords: Chlorophyll, Cluster analysis, Ion leakage, Proline, Salinity, *Thymus daenensis* subsp. *daenensis*

Corresponding author, Email: ma_golestani@yahoo.com