مقاله پژوهشی

اثر تنش شوری بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیکی آویشن دنایی (*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 فیزیولوژیک و گروه‌بندی اکوتیپ‌های آویشن دنایی (*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 دنایی و سه سطح شوری شامل صفر (بدون‌تنش)، 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 دنایی، پرولین، تجزیه خوشه‌ای، شوری، کلروفیل، نشت یونی

مقدمه

جنس آویشن در ایران دارای چهار گونه انحصاری است که آویشن دنایی (*Thymus deanensis* subsp. deanensis) از جمله آنهاست (شهنازی و همکاران، ۱۳۸٦). اسانس فنلی آویشن دنایی 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 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، ۱۳۸٦).

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

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: ma_golestani@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]

می‌شود که مقادیر زیاد این نمک‌ها و انباشت بالای یون‌های سدیم و کلر در درون سلول‌ها منجر به افزایش فشار اسمزی، سمیت یونی و درنتیجه باعث محدودکردن جذب آب به‌وسیله 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 لیپید مؤثر است. درنتیجه 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، عدم‌تعادل 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 قرارگیری 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 قابل‌توجه 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 گلایسین 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 (ستایش‌مهر 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 ازمهم‌ترین 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]

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 فیزیولوژیک 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 دنایی تحت شرایط تنش شوری به‌خوبی بررسی نشده است و این مطالعه یکی از اولین پژوهش‌ها در این زمینه است. با توجه به مطالب ذکرشده 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 فیزیولویک در ۱۲ اکوتیپ آویشن دنایی، تعیین اکوتیپ‌های متحمل به شوری و گروه‌بندی اکوتیپ‌ها با استفاده از تجزیه خوشه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی پاسخ به سطوح شوری در گیاه دارویی آویشن دنایی به‌صورت 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 به‌صورت 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 دنایی و سه سطح شوری شامل صفر (بدون‌تنش)، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار سدیم کلرید بودند. از بین مناطق پراکنش آویشن دنایی 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 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 به‌ترتیب از روستاهای رباط‌میل و هزاوه شهرستان اراک و اکوتیپ‌های خرم‌آباد ۱ و ۲ به‌ترتیب 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. بذرهای آویشن دنایی به‌مدت ۵ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۲ درصد استریل و پس از شستشوی بذرها با آب‌مقطر، درون گلدان کشت شدند. پس از سبزشدن و در مرحله شش برگی، عملیات تنک‌کردن انجام شد؛ به‌طوری‌که در هر گلدان تعداد سه گیاه حفظ گردید. پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها و در مرحله ۱۲-۱۰ برگی، تیمار شوری اعمال گردید. سطوح شوری برای جلوگیری از تنش اسمزی از ۳۰ میلی‌مولار سدیم کلرید آغاز شد و به‌تدریج غلظت‌های بیشتر به گلدان‌ها اضافه شد. برای جلوگیری از تجمع نمک، پس از سه دور آبیاری با آب‌شور 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 درنهایت وزن خشک اندام هوایی برحسب گرم در بوته تعیین شد.

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]

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
	(درصد)				(میلی‌گرم بر کیلوگرم)		(دسی‌زیمنس بر متر)	
لوم رسی	۳۷	٤٨	۱۵	۱/۱٤	۲۹۲	٦/۱	۰/۸٦	۷/٤

۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس برای پایان‌یافتن 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 جداشدن 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 طول‌موج ۵۲۰ نانومتر و با توجه به منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف پرولین، برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد (Bates *et al.*, 1973).

برای سنجش درصد نشت یونی بافت تازه اندام هوایی پس از شستشو با آب‌مقطر درون لوله آزمایش قرار گرفت و ۱۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر به آن اضافه شد و به‌مدت ۲ ساعت درون حمام آب‌گرم 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 به‌مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شد و پس از خنک‌شدن 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).

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

به‌منظور اندازه‌گیری میزان نسبی آب برگ ابتدا وزن برگ‌های تازه (Fw) اندازه‌گیری شد. سپس برای تعیین وزن آماس (Tw)، برگ‌ها در دمای اتاق به‌مدت ٢٤ ساعت داخل آب‌مقطر قرار داده شدند و پس از خشک‌شدن آب روی برگ‌ها، وزن شدند. سپس برگ‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٢٤ 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):

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

برای تعیین غلظت کلروفیل کل و کاروتنوئید مقدار نیم گرم از برگ‌های تازه با استون ۸۰ درصد ساییده شد. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ٦۰۰۰ دور سانتریفیوژ شدند و مقدار جذب در طول‌موج‌های ٦٦۳، ٦٤۵ و ٤۷۰ نانومتر به‌وسیله 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).

کلروفیل کل = [(20.2 (A645)-8.02 (A663)]V/1000W

کاروتنوئید = 1000(A470)-3.27 (Chl.a)-104 (Chl.b) /227

در رابطه‌های بالا V حجم محلول صاف‌شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A جذب نور در طول‌موج‌های ٦٦۳، ٦٤۵ و ٤۷۰ نانومتر و W وزن تر نمونه بر حسب گرم است.

برای تعیین غلظت سدیم و پتاسیم نمونه‌های خشک‌شده برگ در ۵ میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک و اسید پرکلریک غلیظ (با نسبت حجمی ٤:۱) و در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت یک ساعت هضم شدند. پس از خنک‌شدن، ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک غلیظ اضافه شده و به‌مدت 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 نرمال‌بودن داده‌ها انجام شد و برای انجام مقایسه میانگین از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. به‌منظور بررسی برهمکنش اکوتیپ × شوری، برش‌دهی تجزیه واریانس برای برهمکنش موردنظر با دستور Slice در برنامهٔ SAS صورت گرفت. تجزیه خوشه‌ای به چندین روش از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]

جمله ادغام بر حسب متوسط گروه‌ها (UPGMA) و واریانس حداقل وارد (Ward) انجام شد. با توجه به مطلوب‌بودن نتایج حاصل از نظر تفکیک بهتر اکوتیپ‌ها از روش وارد و برمبنای فاصله اقلیدسی به‌عنوان معیار تشابه برای گروه‌بندی اکوتیپ‌ها استفاده گردید. با استفاده از تجزیه تابع تشخیص صحت گروه‌بندی انجام‌شده 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 × 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 × شوری معنی‌دار نبود از مقایسه میانگین اثرات اصلی اکوتیپ در تجزیه واریانس فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی (جدول ٤) استفاده شد. با توجه به اینکه برهمکنش اکوتیپ × 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 × شوری برای صفات مذکور (جدول ۵) انجام شد و سپس با توجه به معنی‌دارشدن این برش‌دهی برای تمام اکوتیپ‌ها در سطوح مختلف شوری، مقایسه میانگین این صفات برای سطوح مختلف شوری (جدول ٦) 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 × 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 اسمولیت سازگاری است که اکسیژن تولیدشده 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، ١٣٩٦). با بررسی میانگین غلظت پرولین و میزان آب نسبی برگ (جدول ٤) 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 انجام‌شده به‌وسیله آقایی و همکاران (۱۳۹۳) بر روی دو گونه جنس مریم‌گلی (*Salvia*) با پنج سطح شوری

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]

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

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		پرولین	کلروفیل کل	کاروتنوئید	سدیم	پتاسیم	سدیم به پتاسیم	میزان نسبی آب	نشت‌یونی	وزن خشک
بلوک	۲	۰/۰۳۳^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۱۸^{ns}	۲/۳۱^{ns}	۱۸/۰۵*	۰/۰۲*	۱۲۵/۸۵**	۳۱/۳۸**	۰/۳٤^{ns}
اکوتیپ	۱۱	۰/۸٤**	۵۰/۹۷**	۲۱/٦٤**	٥٤/٤٥**	۱۰۸۰/۷٤**	۰/۵۷**	۳۱٦/٤۸**	۲٤۸/۹٦**	۱/۳۲**
شوری	۲	٤٥/۷۸**	۱٤۸/۱**	۱۸/٦۷**	۸۸۱۵/٥٤**	۲۳۳۲/۵۷**	٦/۵۳**	۹۹٦/٤۷**	۸۳۱/۷۵**	۱۳/٤٦**
اکوتیپ × شوری	۲۲	۰/۰۵^{ns}	۰/٤۸**	۰/۵۹**	٥٤/٦**	۱۲/٤۷**	۰/۰۸**	۱/۳٤^{ns}	۰/۸۲^{ns}	۰/۰۷^{ns}
خطا	۷۰	۰/۰٤	۰/۱۹	۰/۱۰۵	٤/۷۵	٤/۵۱	۰/۰۰٦	٤/۷۲	٤/۰۳	۰/۱۳
ضریب تغییرات		٦/۰٤	٦/٦۸	۵/۹۱	٦/۹٦	٦/۵٦	۷/۷۲	۳/۲٤	۳/۲۵	۱۲/۷۳

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

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

سطوح شوری (میلی‌مولار)	پرولین	کلروفیل کل	کاروتنوئید	سدیم	پتاسیم	سدیم به پتاسیم	میزان نسبی آب	نشت یونی	وزن خشک (گرم)
	(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)			(میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)			(٪)		
بدون‌تنش	۲/۰٤٥^{c}	۸/۷۷^{a}	٦/۳۱^{a}	۱٤/۷۷^{c}	٤۰/۲۵^{a}	۰/۳٦۷^{c}	۷۰/۷۳^{a}	۵۸/۲^{c}	۱۲/۵٤^{a}
٦۰	۳/۵۸^{b}	٦/۰۳^{b}	۵/۱۳^{b}	۳۳/۳۵^{b}	۳۲/٦۷^{b}	۱/۰۲^{b}	٦۹/۲۹^{b}	۵۹/٦۹^{b}	۸/۲^{b}
۱۲۰	٤/۲٤^{a}	٤/۸^{c}	۵/۰۱^{b}	٤٥/۸۷^{a}	۲٤/۱٦^{c}	۱/۹^{a}	٦۰/۹۸^{b}	٦۷/۱۷^{a}	۵/۳٤^{c}

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

متفاوت نشان داده شد که با افزایش شوری غلظت پرولین در هر دو گونه افزایش پیدا کرد. نتایج به‌دست 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 ٤) نشان داد که اکوتیپ فریدونشهر بیشترین غلظت پرولین (۳/۸٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) را داشت و این اکوتیپ با اکوتیپ خرم‌آباد ۲ اختلاف معنی‌داری نداشت. اکوتیپ همدان (۲/۸۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) کمترین غلظت پرولین را داشت و این اکوتیپ با اکوتیپ‌های ملایر و الیگودرز اختلاف معنی‌داری نداشت.

غلظت کلروفیل کل و کاروتنوئید: اختلاف بین سطوح مختلف شوری، اکوتیپ‌های مورد مطالعه و برهمکنش اکوتیپ × شوری در هر دو صفت معنی‌دار ($P<0.01$) 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 کارتنوئید به‌ترتیب برابر ٤۵/۲٦ و ۲۰/٦ 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 انجام‌شده در گیاه شیرین‌بیان (*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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]

جدول ٤- مقایسه میانگین اکوتیپ‌های آویشن دنایی از نظر صفات* مورد مطالعه

اکوتیپ	غلظت پرولین (میلی‌گرم 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}	۹/٦۷^{bcd}
شازند	۳/۱۱^{de}	٦٦/۳۹^{e}	٦۱/۳^{e}	۸/۵۸^{def}
اصفهان	۳/۲۱^{cd}	٦۳/۲۸^{f}	٦۳/۹۸^{d}	۷/۰۹^{efg}
خرم‌آباد ۱	۳/٤۳^{b}	۷۱/٤٦^{c}	۵۸/۱۹^{f}	۱۰/۱۷^{bcd}
اراک ۱	۳/۱۳^{de}	٦۱/۸۹^{fg}	٦۲/٤۳^{de}	۷/۰۵^{efg}
خرم‌آباد ۲	۳/۷۵^{a}	۷۵/۵۸^{a}	۵٤/۹۸^{g}	۱۲/۵۲^{a}
فریدونشهر	۳/۸٤^{a}	۷۲/٦۹^{bc}	۵٦/۹۲^{f}	۱۰/۸٦^{abc}
ملایر	۳/۰۱^{ef}	٦۰/۸۲^{g}	٦۹/۲^{b}	٦/٦۵^{fg}
الیگودرز	۲/۹۱^{f}	۵۸/۵۸^{h}	۷۱/٤۱^{a}	۵/۲٦^{g}
فریدن	۳/۳۸^{bc}	٦۸/۵۹^{d}	٦۰/٦۸^{e}	۸/۸۹^{cde}
همدان	۲/۸۸^{f}	٦۰/۱۱^{gh}	٦٦/۷۲^{c}	٦/۱٦^{g}
سمیرم	۳/٤۷^{b}	۷۳/۸٦^{ab}	۵٦/٤۱^{fg}	۱۱/٤^{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 دنایی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کلروفیل کل	کاروتنوئید	سدیم	پتاسیم	سدیم به پتاسیم
اراک ۲	۲	۱۱/۲۳**	۳/۷٦**	۸۱۹/۹۱**	۲٤۱/۸٤**	۱/۱۱**
شازند	۲	۱٦/۰۲**	۲/۵٤**	۵۳۹/۰۷**	۱۹۹/۸۹**	۱/۳**
اصفهان	۲	۱٤/۹۵**	۱/۰۹**	۷۳۱/٤**	۱۸٦/۹**	۲/۲٦**
خرم‌آباد ۱	۲	۹/۰۸**	۲/۹۷**	۷٤۸/۵۹**	۲۸۷/۰۷**	۱/۰۵**
اراک ۱	۲	۱۵/۵۸**	۱/٤۹**	۸۹۱/٤۳**	۱٦۷/۳۳**	۳/۹۳**
خرم‌آباد ۲	۲	۱٤/۸۳**	۱/۳**	٤۵۲/۸٦**	۲۹۰/۹۷**	۰/٤۱*
فریدونشهر	۲	۷/٦۳**	۱/۸۵**	٤۷۵/۵٤**	۲٦۳/٤۸**	۰/۷**
ملایر	۲	۱٤/٤۵**	۱/۹٤**	۹۳۰/۹٤**	۱٦۳/۵٤**	۷/۲۲**
الیگودرز	۲	۱۳/۰٦**	۲/۷٦**	۱۲۵۵/٤۹**	٦٦/۱۸**	۱٦/۳٦**
فریدن	۲	۱۰/۲۱**	۰/۸٦**	۷۸۸/۳۵**	۲۷٤/۵۳**	۲/۳۷**
همدان	۲	۱۳/٤٦**	۱/۹۸**	۱۱۹۲/۱٤**	۹۸/۸۸**	۹/۸۹**
سمیرم	۲	۱۲/۷۸**	۲/٦۱**	۵۹۰/۳۸**	۲۲۹/۰۹**	۰/٦۳**

*** و **: به‌ترتیب 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]

شوری توسط فرهادی و همکاران (۱۳۹۵) در گیاه شنبلیله (*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 به‌دلیل 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. به‌نظر 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 ٦) نشان داد که در سطح شوری صفر (بدون‌تنش) بیشترین و کمترین غلظت کلروفیل کل به‌ترتیب 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 ٦۰ میلی‌مولار اکوتیپ خرم‌آباد ۲ (۹/۱٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بیشترین غلظت کلروفیل کل را داشت و این اکوتیپ با اکوتیپ فریدونشهر تفاوت معنی‌دار نداشت. اکوتیپ الیگودرز (۲/٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) کمترین غلظت کلروفیل کل را در این سطح شوری داشت و تفاوت معنی‌داری با دیگر اکوتیپ‌ها داشت (جدول ٦). 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 ٦). 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 ٦). 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 به‌طوری‌که 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 (بدون‌تنش) 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 (بدون‌تنش) در اکوتیپ خرم‌آباد ۱ (٤/۲٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) دیده شد و این اکوتیپ با سایر اکوتیپ‌ها تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ٦). در سطح شوری ٦۰ 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 ٦۰ 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 ٦). در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار اکوتیپ شازند (۷/٤۷ 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 خرم‌آباد۱ مشاهده شد؛ درحالی‌که در این دو اکوتیپ غلظت کلروفیل کل نسبتاً بالا بود (جدول ٦) و بر این اساس می‌توان غلظت پایین کاروتنوئید را در این دو اکوتیپ توجیه کرد. به‌طور 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]

جدول ٦- مقایسه میانگین اکوتیپ‌های برگ آویشن دنایی در سطوح مختلف شوری برای صفات* مورد مطالعه

سطوح شوری (میلی‌مولار)	اکوتیپ	کلروفیل کل	کاروتنوئید	غلظت سدیم	غلظت پتاسیم	سدیم به پتاسیم
		(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)		(میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)		
بدون‌تنش	اراک ۲	۹/۳^{e}	٤/۸٥^{g}	۱۱/۳۲^{f}	٤٦/۱۹^{cd}	۰/۲٥^{f}
	شازند	۷/۸۹^{f}	۸/۹۲^{a}	۱۸/٤۳^{a}	٤۰/٥۳^{ef}	۰/٤٦^{cd}
	اصفهان	۷/۹٥^{f}	٥/۲٤^{fg}	۱٥/۹$^{a-d}$	۳۷/۱۲^{f}	۰/٤۳^{de}
	خرم‌آباد ۱	۱۰/۰٥^{d}	٤/۲٤^{h}	۱۱/۸۷^{f}	٥۰/۱٤^{bc}	۰/۲٤^{f}
	اراک ۱	٦/۳۹^{g}	٥/۹۲^{de}	۱۲/۸۲^{def}	۳۲/۸^{g}	۰/۳۹^{de}
	خرم‌آباد ۲	۱۲/۹۲^{a}	٦/٥٦^{c}	۱٥/٤$^{a-e}$	٥۷/۳۷^{a}	۰/۲۷^{f}
	فریدونشهر	۱۰/۹٤^{c}	٦/٤۳^{cd}	۱۷/۲^{ab}	٥۱/٤٥^{b}	۰/۳۳^{ef}
	ملایر	۷/۳۹^{f}	۸/٥۱^{a}	۱٦/۳۲^{abc}	۲۸/٥٥^{h}	۰/٥۸^{b}
	الیگودرز	٥/۳^{h}	٤/۹٤^{fg}	۱٤/۳۱$^{b-f}$	۲۰/۱٤^{i}	۰/۷۱^{a}
	فریدن	۸/۸۸^{e}	۷/۲٤^{b}	۱۷/۸٤^{a}	٤۲/۳٤^{de}	۰/٤۲^{de}
	همدان	٦/۳٥^{g}	۷/٤٤^{b}	۱۳/٤۲$^{c-f}$	۲٤/٦^{h}	۰/٥٥^{bc}
	سمیرم	۱۱/۷۹^{b}	٥/٤۷^{ef}	۱۲/۳٥^{ef}	٥۱/۷۸^{b}	۰/۲٤^{f}
٦۰	اراک ۲	٦/٥۸^{d}	۳/٤۷^{g}	۳۹/۱۸^{ab}	۳۸/۲۳^{d}	۱/۰۲^{ef}
	شازند	٤/۸^{f}	۷/۲۱^{a}	٤۰/۳۲^{a}	۳۲/۷٤^{e}	۱/۲٤^{de}
	اصفهان	٥/٦٥^{e}	٤/۱٤^{f}	۳۸/۸٤^{ab}	۲۸/۸٥^{f}	۱/۳٥^{d}
	خرم‌آباد ۱	۷/٥٤^{c}	۲/۹۲^{h}	۲۹/۷۲^{ef}	٤۱/۳۸^{cd}	۰/۷۲^{gh}
	اراک ۱	٤/۰۹^{g}	٤/٥۳^{ef}	۲۸/٦۸^{f}	۲٤/۲۳^{g}	۱/۱۸^{de}
	خرم‌آباد ۲	۹/۱٤^{a}	٥/۳٤^{cd}	۳٤/۳^{cd}	٥۱/٦۲^{a}	۰/٦٦^{h}
	فریدونشهر	۸/۹۳^{ab}	٥/۷۱^{bc}	۳۰/۸٥^{def}	٤٤/٥^{bc}	۰/٦۹^{gh}
	ملایر	٤/۹٦^{f}	۷/۰٤^{a}	۳٥/۲۱^{bc}	۱۷/۷۷^{hi}	۱/۹۸^{b}
	الیگودرز	۲/٤^{i}	۳/۲۳^{gh}	۳۳/۸۲^{cde}	۱٤/٦^{i}	۲/۳٤^{a}
	فریدن	٦/٦۸^{d}	٦/۱۷^{b}	۲۸/۲۷^{f}	۳۱/٤۷^{ef}	۰/۹f^{g}
	همدان	۳/۲۳^{h}	٦/۷۳^{a}	۳۱/٦۲$^{c-f}$	۱۹/٤۹^{h}	۱/٦٤^{c}
	سمیرم	۸/۳۷^{b}	٥/۰٤^{de}	۲۹/٤۱^{f}	٤۷/۱٥^{b}	۰/٦۲^{h}

میانگین‌های با حرف مشترک برای هر صفت و در هر سطح شوری، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال آماری ٥٪ در آزمون LSD با هم ندارند.

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

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]

ادامه جدول ٦-

سطوح شوری (میلی‌مولار)	اکوتیپ	کلروفیل کل	کاروتنوئید	غلظت سدیم	غلظت پتاسیم	سدیم به پتاسیم
		(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)		(میلی‌گرم بر گرم وزن‌خشک)		
۱۲۰	اراک۲	۵/۵٦^{d}	۲/٦۳^{i}	٤۰/٦۷^{fg}	۲۸/۲۷^{d}	۱/٤٤^{de}
	شازند	۳/۳۷^{e}	۷/٤۷^{a}	٤۲/۷۸^{ef}	۲٤/۲۱^{e}	۱/۷۸^{de}
	اصفهان	۳/٤۸^{e}	٤/۲٦^{g}	٤۵/۷۲^{de}	۲۱/۳٤^{e}	۲/۱٦^{cd}
	خرم‌آباد۱	٦/۷^{c}	۲/۲۹^{i}	٤۳/۳۷^{ef}	۳۰/٦۱^{cd}	۱/٤۱^{de}
	اراک۱	۱/۸۳^{gh}	۵/٤۵^{e}	٤۷/۲٦^{cd}	۱۷/۹۲^{f}	۲/٦٤^{c}
	خرم‌آباد۲	۹^{a}	٦/۳۸^{cd}	۳۸/٤۵^{g}	۳۸/۱۸^{a}	۱/۰۱^{e}
	فریدونشهر	۷/۷۹^{b}	٤/۸٦^{f}	٤۲/۳۵^{ef}	۳۲/۹^{bc}	۱/۲۹^{de}
	ملایر	۳/۰۲^{ef}	۷/۲۱^{ab}	۵۱/۵۲^{ab}	۱٤/٤۲^{g}	۳/٦۷^{b}
	الیگودرز	۱/۲۵^{h}	۳/۳۳^{h}	۵۵/۲۱^{a}	۱۰/۸^{h}	۵/۳۲^{a}
	فریدن	۵/۲۲^{d}	٦/۷۷^{bc}	٤۹/٦٤^{bc}	۲۳/۲۷^{e}	۲/۱٤^{cd}
	همدان	۲/۳۱^{fg}	۵/۸۲^{de}	۵۳/۲٤^{ab}	۱۳/۱٤^{gh}	۴/۱^{b}
	سمیرم	۸/۰۸^{b}	۳/٦۸^{h}	٤۰/۱۷^{fg}	۳٤/۸۷^{ab}	۱/۱۵^{e}

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.**

سلول رقابت وجود دارد (Parvaiz and Satyawati, 2008). بنابراین به‌دلیل بیشتربودن 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 درنتیجه جذب پتاسیم کاهش می‌یابد. در بررسی اثر چهار سطح مختلف شوری بر صفات فیزیویوژیک گیاه مرزه چنین نتیجه‌گیری شد که با افزایش میزان شوری، غلظت عنصر سدیم افزایش و غلظت پتاسیم کاهش یافت (وجودی مهربانی و همکاران، ۱۳۹٦). 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)، شنبلیله (*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 (۱۸/٤۳ 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 ٦۰ میلی‌مولار اکوتیپ شازند (٤۰/۳۲ 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 ٦). 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]

اکوتیپ‌های خرم‌آباد ۲، فریدونشهر و سمیرم مشخص شد که این اکوتیپ‌ها در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار کمترین غلظت سدیم برگ را داشتند (جدول ٤ و ٦) 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 کارانداختن 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 × شوری (جدول ٦) 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 به‌ترتیب بیشترین و کمترین غلظت پتاسیم برگ را دارا بودند. نکته مهم در جدول ٦ این است که در سطح شوری ۱۲۰ 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 ٤ و ٦) 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 ۱۲۰ 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 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 × شوری برای صفت نسبت سدیم به پتاسیم برگ (جدول ٦)، 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 × شوری غیرمعنی‌دار بودند. در اثر افزایش شوری میزان نسبی آب برگ روند کاهشی (۱۳/۷۸ درصد) نشان داد و کمترین آن در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول ۳). یکی از دلایل کاهش میزان نسبی آب برگ در اثر تنش شوری، بسته‌شدن روزنه‌ها به‌دلیل 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 (۱۳۹٦) 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]

با توجه به مقایسه میانگین اثرات اصلی اکوتیپ برای این صفت (جدول ٤)، 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 ٤). کاهش میزان نسبی آب برگ باعث بسته‌شدن روزنه‌ها شده و درنتیجه 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 به‌طوری‌که 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. به‌طوری‌که 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 درنتیجه 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 واردشده 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، ۱۳۹٦). مطالعه اثر شوری در گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) نیز حاکی از افزایش درصد نشت یونی در شرایط تنش شوری بود (فاضلی و همکاران، ۱۳۹٦).

مقایسه میانگین اثرات اصلی اکوتیپ (جدول ٤) نشان داد که بیشترین نشت یونی در اکوتیپ الیگودرز (۷۱/٤۱ درصد) و کمترین آن در اکوتیپ‌های خرم‌آباد ۲ (۵٤/۹۸ درصد) و سمیرم (۵٦/٤۱ 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 ٤). به‌عبارت 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 درنتیجه غشا سلولی در آن ژنوتیپ پایدارتر باشد باعث ادامه فعالیت غشا سلولی و درنتیجه 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 درنتیجه 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 × 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 ۵۷/٤۱ 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 درنتیجه کاهش دسترسی گیاه به آب می‌گردد. جذب مواد غذایی، سطح برگ و جذب دی‌اکسید کربن و درنتیجه فتوسنتز در اثر کاهش دسترسی گیاه به آب در شرایط تنش شوری کاهش یافته و مقدار مواد فتوسنتزی نیز به‌طور

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]

محسوس کاهش می‌یابد (Saadatmand *et al.*, 2007). پس وزن خشک اندام هوایی در آویشن دنایی با بیشترشدن سطح شوری خاک کاهش پیدا می‌کند. بررسی اثر پنج سطح شوری بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک در گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) نشان داد که افزایش شوری به‌صورت معنی‌داری سبب کاهش وزن خشک بخش هوایی گردید (ستایش‌مهر و اسماعیل‌زاده بهابادی، ۱۳۹۲). تحقیقات دیگر در گیاهان دارویی مختلف مانند مرزه (*Satureja hortensis* L.) (وجودی مهربانی و همکاران، ۱۳۹۶)، جنس مریم‌گلی (*Salvia*) (آقایی و همکاران، ۱۳۹۳) و دم‌شیر (*Leonurus cardiaca* L.) (زمانی و همکاران، ۱۳۹۷) نیز نشان‌دهنده کاهش وزن خشک گیاه در اثر تنش شوری است که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

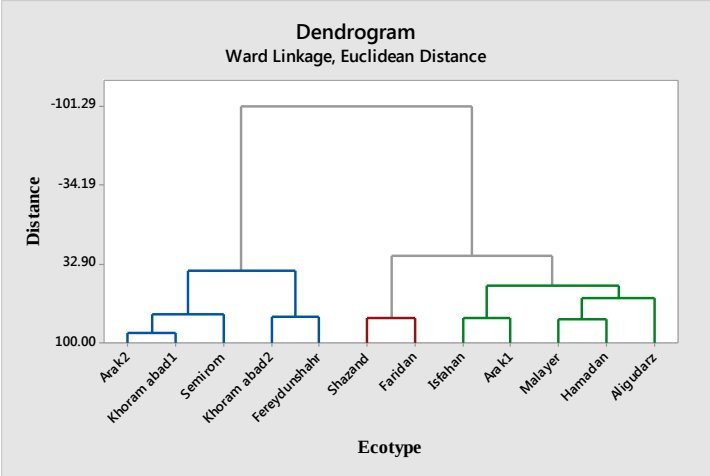
در مقایسه میانگین اثرات اصلی اکوتیپ (جدول ٤)، بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی در اکوتیپ خرم‌آباد ۲ (۱۲/۵۲ گرم) دیده شد که این اکوتیپ با اکوتیپ‌های فریدونشهر و سمیرم از نظر آماری تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی در اکوتیپ الیگودرز (۵/۲٦ گرم) و همدان (٦/۱٦ گرم) دیده شد و این اکوتیپ‌ها با اکوتیپ‌های ملایر، اراک ۱ و اصفهان تفاوت معنی‌دار نداشتند.

گروه‌بندی اکوتیپ‌ها با استفاده از تجزیه خوشه‌ای: گروه‌بندی اکوتیپ‌های مورد مطالعه با استفاده از تجزیه خوشه‌ای در سطح شوری صفر (بدون‌تنش) و شوری ۱۲۰ میلی‌مولار انجام شد. در سطح شوری صفر (بدون‌تنش)، اکوتیپ‌های مورد مطالعه با استفاده از تمام صفات مورد بررسی در محل فاصله اقلیدسی ۳۳ در سه گروه قرار گرفتند (شکل ۱). اکوتیپ‌های اراک ۲، خرم‌آباد ۱، خرم‌آباد ۲، فریدونشهر و سمیرم در گروه اول قرار گرفتند. اکوتیپ‌های 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 ٦). میانگین صفات غلظت سدیم برگ، نسبت سدیم به پتاسیم برگ و نشت یونی در این گروه از میانگین جامعه پایین‌تر بود (جدول ۷). بنابراین می‌توان اکوتیپ‌های اراک ۲، خرم‌آباد ۱، خرم‌آباد ۲، فریدونشهر و سمیرم را جهت دستیابی به مقادیر بیشتر صفات مذکور در شرایط بدون‌تنش شوری در آویشن دنایی پیشنهاد نمود. اکوتیپ‌های شازند و فریدن در شرایط شاهد در گروه دوم قرار گرفتند که این اکوتیپ‌ها از نظر اکثر صفات مورد بررسی مقادیر متوسطی را داشتند (جدول ۷) و بنابراین می‌توان گفت مقادیر صفات در این گروه در شرایط شوری صفر (بدون‌تنش) در حد متوسط هستند. اکوتیپ‌های اصفهان، اراک ۱، ملایر، الیگودرز و همدان در گروه سوم قرار گرفتند و این اکوتیپ‌ها 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 گروه‌ها کمتر بودند و از نظر صفات نسبت سدیم به پتاسیم برگ و نشت یونی از میانگین جامعه بیشتر بودند (جدول ۷).

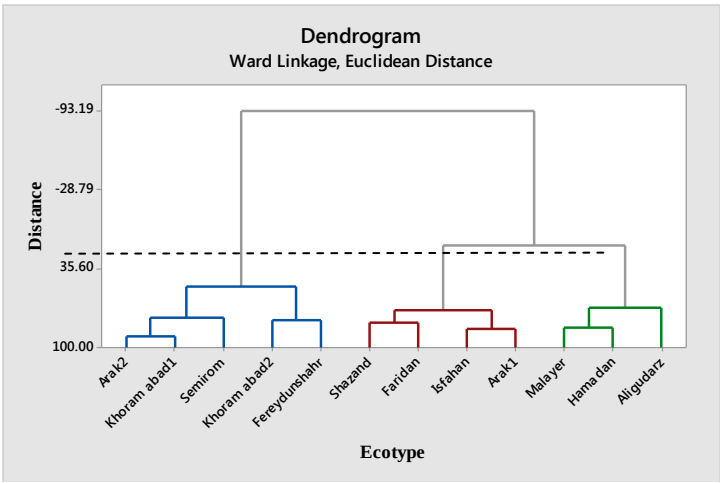
در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار اکوتیپ‌های مورد مطالعه در محل فاصله اقلیدسی ۳۵/۵ در سه گروه قرار گرفتند (شکل ۲). اکوتیپ‌های اراک ۲، خرم‌آباد ۱، خرم‌آباد ۲، فریدونشهر و سمیرم در گروه اول قرار گرفتند که این اکوتیپ‌ها از نظر تمام صفات مورد بررسی به‌جز غلظت سدیم برگ، نسبت سدیم به پتاسیم برگ و نشت یونی مقدار بیشتری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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]



شکل ۱- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای در اکوتیپ‌های آویشن دنایی در شرایط بدون‌تنش



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

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

سطح شوری (میلی‌مولار)	گروه	پرولین	کلروفیل کل	کاروتنوئید	سدیم	پتاسیم	سدیم به پتاسیم	میزان نسبی آب برگ	نشت یونی	وزن خشک اندام هوایی
		(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)			(میلی‌گرم بر گرم وزن خشک)			(٪)		(گرم)
بدون‌تنش	۱	۲/۳٦^{a}	۱۱^{a}	۵/۵۱^{b}	۱۳/٦۲^{b}	۵۱/۳۸^{a}	۰/۲۷^{b}	۷٦/٦۳^{a}	۵۳/٤٤^{b}	۱٦/۰۹^{a}
	۲	۲/۰۲^{ab}	۸/۳۹^{b}	۸/۰۸^{a}	۱۸/۱۳^{a}	٤۱/٤۳^{b}	۰/٤٤^{a}	۷۱/۰۲^{b}	۵۷/٤۵^{b}	۱۲/۸۷^{b}
	۳	۱/۷٤^{b}	٦/٦۸^{b}	٦/٤۱^{ab}	۱٤/۵۵^{ab}	۲۸/٦٤^{c}	۰/۵۳^{a}	٦٤/۷۱^{c}	٦۳/۲٦^{a}	۸/۸٤^{c}
	میانگین	۲/۰٤۵	۸/۷٦	٦/۳۱	۱٤/۷٦	٤۰/۲۵	۰/٤۰٦	۷۰/۷۳	۵۸/۲	۱۲/۵۳
۱۲۰	۱	٤/٤^{a}	۷/٤۳^{a}	۳/۹٦^{a}	٤۱^{c}	۳۲/۹٦^{a}	۱/۲٦^{c}	٦۷/۳۷^{a}	٦۲/٦۵^{c}	٦/٤۵^{a}
	۲	٤/۲^{ab}	۳/٤۸^{b}	۵/۹۸^{a}	٤٦/۳۵^{b}	۲۱/٦۹^{b}	۲/۱۸^{b}	۵۹/۱۲^{b}	٦۷/٤۱^{b}	۵/۰۳^{b}
	۳	٤/۰۳^{b}	۲/۱۹^{b}	۵/٤۵^{a}	۵۳/۳۲^{a}	۱۲/۷۸^{c}	٤/۳٦^{a}	۵۲/۸۳^{c}	۷٤/۳۹^{a}	۳/۸۹^{c}
	میانگین	٤/۲٤	٤/۸	۵/۰۱	٤۵/۸۷	۲٤/۱٦	۲/۳۵	٦۰/۹۸	٦۷/۱۷	۵/۳٤

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]

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

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

جدول ۹- فواصل بین مرکز گروه‌ها در شرایط بدون‌تنش (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	–

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 پرولین، 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 نشت یونی در تفکیک اکوتیپ‌های متحمل و حساس به شوری در آویشن دنایی 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 بدون‌تنش 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 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]

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 نظرگرفتن تمام صفات مورد بررسی در هر دو سطح شوری صفر و ۱۲۰ میلی‌مولار 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 میلی‌مولار 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 دنایی جهت برنامه‌های به‌نژادی معرفی نمود.

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: ۹۶-۸۵.

برازنده، م. م. و باقرزاده، ک. (۱۳۸٦) بررسی ترکیبات شیمیایی روغن فرار آویشن دنایی (*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: ۳٤-۲۲.

حسینی، م.، صمصام‌پور، د.، ابراهیمی، م. و خان‌احمدی، م. (۱۳۹۸) بررسی تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی شیرین‌بیان ایران (*glycyrrhiza glabra*) تحت تنش شوری در شرایط مزرعه. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی ۲۹: ۲۰۱-۱۹۳.

خورشیدی، ج.، شکرپور، م. و ناظری، و. (۱۳۹۷) بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر عملکرد، اسانس و برخی از صفات فیزیولوژیک اکوتیپ‌های آویشن دنایی (*Thymus daenensis* subsp. daenensis) در منطقه کرج. علوم باغبانی ایران ٤۹: ٦۲٤-٦۱۳.

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 ٤۹: ٥٦-٤۷.

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. (۱۳۸٦) بررسی ترکیب‌های شیمیایی و خواص ضدمیکروبی 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. (۱۳۹٦) تأثیر تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.). مجله زیست‌شناسی گیاهی ایران ۳٤: ۸۳-٦۹.

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 ٤۷: ٥٤۱-٥۳۱.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]

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 دنایی (*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: ۱۱۰-۹۹.

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 coccentration 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 driught 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 someenzyme 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 Reviewof Plant Biology 59: 651-681.

Parvaiz, A. and Satyawati, S. (2008) Salt stress and phyto-blochemical 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]

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 aspectsof plant responses toosmotic 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]

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 Eucilidian 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-02-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.27.4]