

## ارتباط مقاومت حرارتی رویشگاه‌های پده (*Populus euphratica*) با ویژگی‌های محیطی در استان بوشهر

ناهید خسروانی<sup>۱</sup>، پیام فیاض<sup>۲\*</sup>، عباس مغانی<sup>۳</sup> و رقیه ذوالفقاری<sup>۲</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۴)

### چکیده

با وجود افزایش امواج گرمایی و حساسیت اکوسیستم‌های جنگلی در مناطق بیابانی، اطلاعات کمی از رویشگاه‌های پده در جنوب کشور در دسترس است. مشخصات درختان مادری، و ویژگی‌های جغرافیایی، اقلیمی و خاکی ده رویشگاه پده در استان بوشهر ثبت گردید. در آبان ماه، چهار درخت از هر رویشگاه انتخاب و ۱۴ قلمه از هر درخت مادری تهیه شد. هفت ماه پس از کاشت، جوانه‌زنی، ارتفاع نهال و شاخه‌زایی ثبت و شوک حرارتی با شدت ۷۰ درجه سانتی‌گراد اعمال شد. چهل روز بعد، زنده‌مانی، ارتفاع نهال، و تاب‌آوری اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که به استثنای مشخصه‌های زنده‌مانی و تاب‌آوری، تفاوت معنی‌داری بین رویشگاه‌های مورد مطالعه وجود دارد. شاخه‌زایی با افزایش قطر درختان مادری کاهش، جوانه‌زنی با افزایش ارتفاع از سطح دریا افزایش، و زنده‌مانی با افزایش شاخص خطر خشکسالی افزایش یافت. همچنین تاب‌آوری و ارتفاع نهال‌ها با بارندگی سالانه و طول جغرافیایی رابطه مستقیم و با تبخیر و تعرق و عرض جغرافیایی رابطه عکس نشان دادند. نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که در مجموع رویشگاه‌هایی که از مناطق گرم، با خاک سنگین، و محتوای آهن زیاد و منگنز کم بودند، جوانه‌زنی کمتر و زنده‌مانی بیشتری داشتند. همچنین تاب‌آوری رویشگاه‌هایی که محتوای فسفر و پتاسیم خاک بالایی داشتند بیشتر بود.

واژه‌های کلیدی: آزمون پرووانس، اکوتیپ، سازگاری، شوک حرارتی، صنوبر

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم زیستی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج.

۲. عضو هیات علمی گروه جنگل، مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج.

۳. مربی جهاد کشاورزی، شهرستان دشتی، بوشهر.

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: pfayyaz@yu.ac.ir

## مقدمه

گونه پده (*Populus euphratica* Olivier) از گونه‌های جنس صنوبر بومی ایران با انتشار وسیع جغرافیایی در ناحیه رویشی ایران- تورانی است که جوامعی از آن به صورت پراکنده در اطراف رودخانه‌های دائمی یا فصلی نواحی بیابانی، از نصف‌النهار مبدأ تا طول جغرافیایی ۱۵۰ درجه شرقی و از مدار استوا تا مدار ۴۵ درجه شمالی به‌طور طبیعی یافت می‌شود (۸). این گونه از نظر بوم‌شناسی جزو گیاهان پیشگام و نورپسند محسوب می‌شود که توان سازگاری زیادی با خاک‌های غرقابی و شور، و هوای گرم و خشک دارد. تفاوت‌های جغرافیایی و اقلیمی در گستره انتشار این گونه سبب شده تا اختلافاتی از نظر فنوتیپی و ژنتیکی میان درختان این گونه حاصل شود (۱۹). رویشگاه‌های پده در ایران - به عنوان مهمترین رویشگاه طبیعی این گونه - در اقلیم‌های نیمه خشک معتدل تا بیابانی خیلی سرد، با دامنه نوسان دمای روزانه از منفی ۲۷ تا مثبت ۵۲ درجه سانتی‌گراد در سال، بارندگی سالانه بین ۶۵ تا ۹۹۰ میلی‌متر، و خاک‌های با بافت سبک تا متوسط (شنی تا لومی)، با خاصیت قلیایی ضعیف (اسیدیته ۷/۳ تا ۸/۸) و دامنه هدایت الکتریکی ۰/۲ تا ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر پراکنده هستند (۶).

نواحی بیابانی ایران در دو بخش فلات مرکزی و نوار ساحلی خلیج فارس گسترش دارند. تحقیقاتی که تاکنون برای شناسایی رویشگاه‌های پده در ایران صورت گرفته است، مربوط به مجموعه‌ای از درختان پده در ایستگاه تحقیقات البرز کرج است که در آن ۲۲ رویشگاه مربوط به ۱۴ استان جمع‌آوری شده است و اطلاعات کمی از توده‌های پده مستقر در ناحیه بیابانی فلات مرکزی و به ویژه نوار بیابانی ساحلی خلیج فارس وجود دارد، به طوری که تنها چهار مورد از ۲۲ کلکسیون پده ایستگاه تحقیقات البرز (دزفول، گتوند، رامهرمز و حمیدیه) از بخش غربی نوار ساحلی خلیج فارس (استان خوزستان) هستند (شکل ۱). استان بوشهر در بین استان‌های ساحلی حاشیه خلیج فارس با ۶۲۵ کیلومتر مرز آبی، حدود ۴۵ درصد از مرز ساحلی

خلیج فارس را به خود اختصاص داده است (۳). با وجود اینکه پیش از این حضور این گونه در استان بوشهر گزارش شده است، اما تاکنون هیچ اطلاعی از وضعیت رویشگاه‌های پده در این استان در دست نیست.

با توجه به افزایش شدت و مدت موج‌های گرمایی در کره زمین، مواجهه با شوک‌های حرارتی در اکوسیستم‌های جنگلی یک تهدید جدی و رو به افزایش است و در حال حاضر حدود ۱۰ درصد از عرصه‌های خشکی زمین را تهدید می‌کند (۲۵). واکاوی ساختار دمایی ایران نشان می‌دهد که نوار جنوبی کشور به همراه بخش‌هایی از کویر لوت و جنوب شرقی ایران کانون گرم‌ترین نواحی ایران هستند (۲) و در معرض تهدید بیابان‌زایی قرار دارند (۱۷). همچنین تحلیل تغییرات اقلیمی نشان می‌دهد که شدیدترین امواج گرمایی ایران در سواحل جنوبی آن رخ داده و فراوانی امواج گرمایی کشور نیز به طور معنی‌داری رو به افزایش است (۴). از این‌رو استفاده از پایه‌های مقاوم به تنش‌های حرارتی در این نواحی ضروری است.

تحمل دمایی در درختان بسته به نوع گونه، سن، مرحله رویشی، فصل، شدت، سرعت و مدت در معرض بودن متفاوت است. در نهال‌های گونه‌های درختی به طور میانگین رسیدن دمای سطح خاک به حدود ۵۲ درجه سانتی‌گراد موجب بروز نشانه‌های آسیب به ساقه و مرگ بافت‌های گیاه می‌شود و نهال‌های کمی قادر به تحمل دمای بالای ۶۶ درجه سانتی‌گراد هستند (۱۱). تاکنون اطلاعاتی از آستانه تحمل دمایی پده در شرایط رویشگاهی گزارش نشده است، اما بیشترین دمای هوای ثبت شده در بین رویشگاه‌های شناخته شده پده در ایران مربوط به رویشگاه‌های استان خوزستان با بیشینه دمای مطلق ۵۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که نشان دهنده توان بالای این گونه در تحمل دماهای بالا است (۶). سیلوا و روساتو (۲۴) با ارزیابی مقاومت دمایی ۳۰ گونه درختی نشان دادند که به طور میانگین عملکرد فتوسنتز آنها در ۵۰ درجه سانتی‌گراد به نصف کاهش می‌یابد.

با توجه به گسترش بیابان‌زایی در نواحی ساحلی خلیج

در جدول ۱، و مشخصات خاکشناسی آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. از میان شاخه‌های جمع‌آوری شده تعداد ۱۴ قلمه برای هر درخت تهیه و در گلدان‌های دو لیتری حاوی خاک لومی کاشته و در گلخانه مستقر شد. آبیاری گلدان‌ها با توجه به رطوبت خاک دو تا سه بار در هفته، به مدت هفت ماه تا خرداد ۱۴۰۰ انجام شد.

#### اعمال تیمار و صفات مورد مطالعه

شوک دمایی با قطع تجهیزات برودتی گلخانه در نهم خرداد ۱۴۰۰ به نهال‌ها اعمال شد و حداکثر دمای محیط به حدود ۷۰ درجه سانتی‌گراد (۶۹/۴°C) رسید. یک روز پس از اعمال تنش دمایی، شرایط دمای محیطی به صورت بهینه تنظیم شد. نهال‌ها به مدت ۴۰ روز دیگر در شرایط بهینه به عنوان دوره احیاء نگهداری شدند.

هفت ماه پس از کاشت قلمه‌ها، درصد جوانه‌زنی (Cuttings germination)، ارتفاع ساقه (Stem height) و تعداد شاخه‌های جانبی (Branch Nr.) به عنوان ویژگی‌های رویشی پیش از تنش حرارتی ثبت شد. مقدار جوانه‌زنی قلمه‌های پده به تفکیک هر رویشگاه از نسبت تعداد قلمه‌های سبز شده به تعداد کل قلمه‌ها بر حسب درصد محاسبه گردید. ارتفاع ساقه با در نظر گرفتن طول غالب برای هر نهال با دقت سانتی‌متر ثبت شد. تعداد شاخه‌های جانبی با شمارش تمام شاخه‌های خارج شده از قلمه برای هر نهال محاسبه شد. چهل روز پس از اعمال تنش حرارتی، درصد زنده‌مانی (Revival)، ارتفاع ساقه، و نرخ تاب‌آوری (Resilience) به عنوان ویژگی‌های پس از تنش حرارتی ثبت شدند. درصد زنده‌مانی نهال‌های پده به تفکیک هر پرونانس از نسبت تعداد نهال‌های زنده مانده (سبز شده) پس از تنش به تعداد کل نهال‌های جوانه‌زده پیش از تنش محاسبه گردید. ارتفاع ساقه برای بار دوم همانند مرتبه اول ثبت شد. نرخ تاب‌آوری برای هر نهال از نسبت ارتفاع ساقه پس از تنش به ارتفاع ساقه پیش از تنش بدست آمد (۲۳).

مشخصات خاک هر رویشگاه از مخلوط نمونه‌های خاک

فارس و اطلاعات اندک از توده‌های پده در این ناحیه، این تحقیق در نظر دارد تا اطلاعات پایه‌ای در خصوص ویژگی‌های رویشگاهی توده‌های طبیعی پده در استان بوشهر ارائه دهد. همچنین با توجه به نقش مهم درختان پده در حفظ اکوسیستم‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران و افزایش جهانی و منطقه‌ای دمای هوا بر اساس الگوهای پیش‌بینی‌کننده، شناسایی پرونانس‌های مقاوم به این تنش گرمایی از دیگر اهداف این پژوهش می‌باشد. در نهایت با مطالعه همبستگی اثرات محیطی رویشگاه‌های مبداء با مقاومت دمایی نهال‌های تولید شده در این تحقیق، راهکارهایی برای توسعه جنگلکاری با این گونه درختی در مناطق بیابانی ارائه می‌شود.

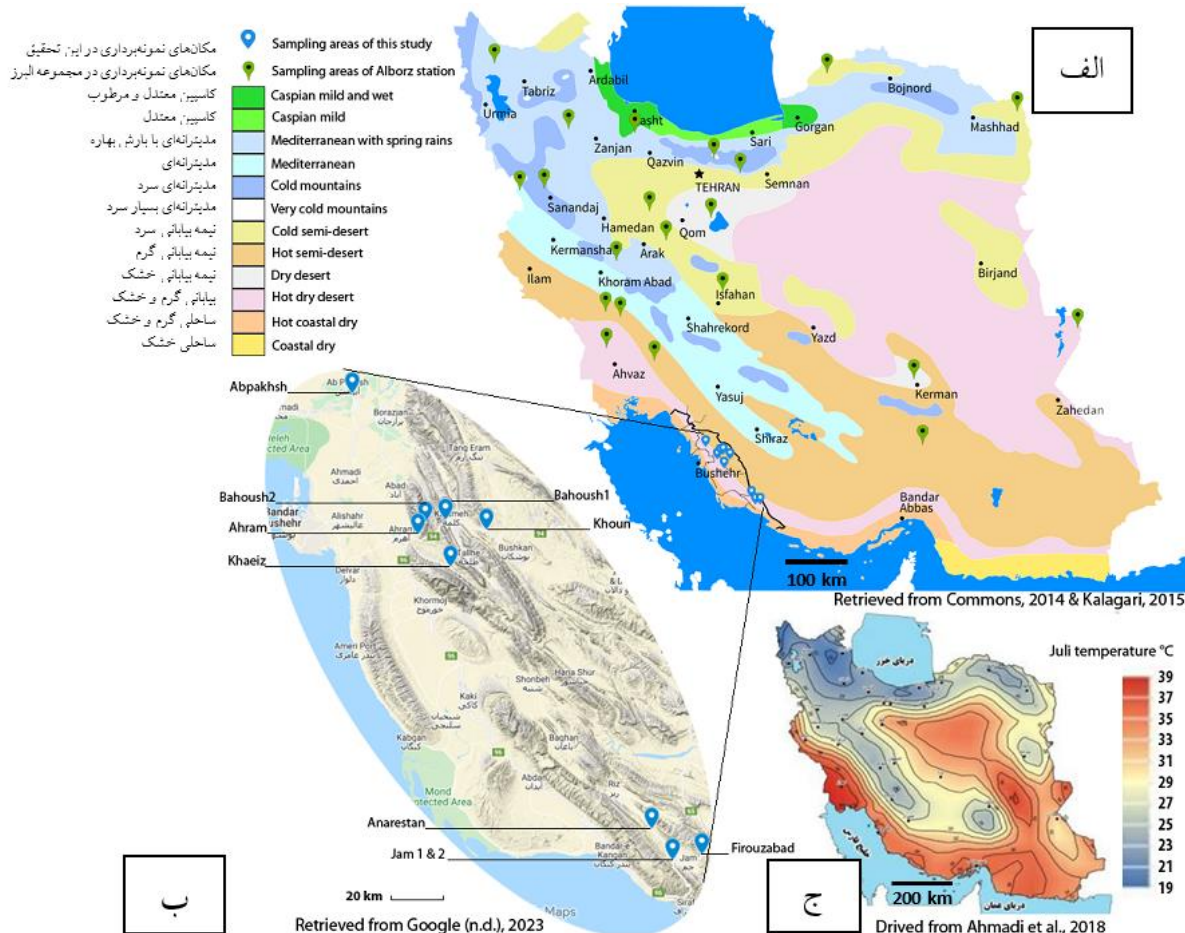
#### مواد و روش‌ها

##### منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش تعداد ده رویشگاه پده در استان بوشهر، از جنوبی‌ترین توده در جم (۵۲°۲۹'۰۱" طول شرقی تا ۸۱°۲۷'۲۶" عرض شمالی) تا شمالی‌ترین توده در آپبخش دشتستان (۵۱°۰۸'۰۱" طول شرقی تا ۲۹°۳۳'۸۷" عرض شمالی)، بر اساس اطلاعات کارشناسان اداره کل منابع طبیعی استان مورد بازدید میدانی و نمونه‌برداری قرار گرفت (شکل ۱، جدول ۱).

##### انتخاب درختان مادری، نمونه‌برداری و تهیه نهال

در آبان ۱۳۹۹ ده رویشگاه پده در استان بوشهر مورد بازدید قرار گرفت و چهار درخت از هر رویشگاه به صورت تصادفی و با حداقل فاصله ۲۰۰ متر از یکدیگر انتخاب شدند. همزمان پس از ثبت ویژگی‌های مکانی و جنگلشناسی، شاخه‌هایی از هر درخت قطع و با حفظ رطوبت در کیسه‌ای مرطوب به گلخانه دانشگاه یاسوج به منظور تهیه قلمه انتقال یافت. همچنین در محدوده سایه‌انداز تاج درختان خاک‌هایی از عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری برداشت و برای هر رویشگاه مخلوط شد. مشخصات مکانی، جنگلشناسی و اقلیمی توده‌های مورد مطالعه



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و اقلیمی رویشگاه‌های پده در این تحقیق (نشانگرهای آبی) و در مجموعه ایستگاه تحقیقات البرز (نشانگرهای سبز). موقعیت رویشگاه‌های پده در مقیاس کشوری (الف)، موقعیت رویشگاه‌های پده در محدوده مورد مطالعه (ب)، پهنه‌بندی متوسط دمای گرمترین ماه سال در کشور (ج). منابع مورد استفاده در زیر هر نقشه آورده شده است.

به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و با استفاده از شعله‌سنج، عناصر کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون عصاره گل اشباع با Ethylene Diamine Tetraacetic Acid (EDTA) و کربن آلی به روش اکسیداسیون تر با اسید کرومیک و تیتراسیون برگشتی با فرو آمونیوم سولفات اندازه‌گیری گردید (۲۱).

از میان متغیرهای اقلیمی، میانگین دمای روزانه، مجموع بارندگی سالانه، تبخیر و تعرق سالانه، درصد وقوع خشکسالی، و شاخص تنش خشکی با استفاده از نقشه‌های هیسومتری منطقه منتشر شده در برنامه آمایش استان بوشهر استخراج شد (بی‌نام، ۱۳۹۹). در این گزارش (آمایش استان بوشهر) درصد وقوع

هر رویشگاه پس از خشک کردن و عبور از الک ۲ میلی‌متری اندازه‌گیری شد. بافت خاک به روش هیدرومتری، پی‌اچ خاک در محلول خاک با نسبت خاک به آب ۱ به ۲/۵ با استفاده از دستگاه pH متر، هدایت الکتریکی خاک در عصاره گل اشباع با استفاده از دستگاه EC متر، کربنات کلسیم معادل (Calcium Carbonate Equivalent, CCE) به روش نیلسون یا هضم با اسید کلریدریک و تیتراسیون با سود، فسفر قابل جذب به روش اولسن یا عصاره‌گیری با بی‌کربنات سدیم و رنگ‌سنجی فسفو مولیبدات، عناصر آهن، منگنز و روی به روش عصاره‌گیری با Diethylene Triamine Pentaacetic Acid (DTPA) و با استفاده از طیف سنج اتمی، عناصر سدیم و پتاسیم قابل جذب

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی، اقلیمی و جنگلشناسی توده‌های پده مورد مطالعه در استان بوشهر

رویشگاه	شهرستان	ویژگی‌های جغرافیایی			ویژگی‌های درخت		ویژگی‌های اقلیمی						
		طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	قطر برابر سینه (cm)	ارتفاع (m)	میانگین دمای سالانه (°C)	میانگین بارندگی سالانه (mm)	تبخیر و تعرق سالانه (mm)	رطوبت نسبی (%)	فراوانی خشکی متوسط (%)	فراوانی خشکی شدید (%)	فراوانی خشکی بسیار شدید (%)
آب‌پخش	دشتستان	۵۱/۰۸	۲۹/۳۴	۲۳	۳۷	۷	۲۷	۲۰۰۰	۶۰	۸	۴	۲	۲۵
خون	دشتستان	۵۱/۵۹	۲۸/۸۹	۶۸۱	۳۳	۵	۲۶	۱۹۰۰	۶۸	۸	۲	۲	۲۱
باهوش ۱	دشتستان	۵۱/۴۴	۲۸/۹۳	۳۷۹	۴۱	۶	۲۶	۱۹۰۰	۶۸	۸	۲	۲	۲۱
باهوش ۲	تنگستان	۵۱/۳۶	۲۸/۹۲	۶۹۴	۳۴	۵	۲۶	۱۹۰۰	۶۸	۸	۲	۲	۲۱
اهرم	تنگستان	۵۱/۳۳	۲۸/۸۸	۱۵۳	۴۴	۷	۲۶	۱۹۰۰	۶۸	۸	۲	۳	۲۱
خائیز	تنگستان	۵۱/۴۶	۲۸/۷۷	۳۲۵	۲۴	۵	۲۶	۱۹۰۰	۶۸	۸	۲	۳	۲۱
انارستان	جم	۵۲/۲۱	۲۷/۹۲	۵۱۱	۳۶	۶	۲۶	۱۹۰۰	۵۰	۸	۴	۵	۳۱
فیروزآباد	جم	۵۲/۴۰	۲۷/۸۳	۵۰۸	۷۴	۱۷	۲۶	۱۸۰۰	۳۵۰	۵	۵	۵	۳۰
جم ۲	جم	۵۲/۲۹	۲۷/۸۱	۶۷۴	۳۲	۶	۲۶	۱۸۰۰	۳۵۰	۵	۵	۵	۳۰
جم ۱	جم	۵۲/۲۹	۲۷/۸۱	۶۹۹	۴۵	۶	۲۶	۱۸۰۰	۳۵۰	۵	۵	۵	۳۰

درختان مادری، ابتدا میانگین صفات مورد مطالعه برای نهال‌های هر درخت مادری محاسبه و به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد (ده رویشگاه و چهار درخت مادری در هر رویشگاه). سپس آنالیز واریانس در قالب طرح کاملاً تصادفی متعادل با ۱۰ تیمار و چهار تکرار انجام شد. مقایسه میانگین‌ها در صورت معنی‌داری اثر رویشگاه به روش دانکن و با احتمال خطای ۵ درصد صورت گرفت. درجه همبستگی بین عملکرد نهال‌های پده در گلخانه با متغیرهای محیطی رویشگاه‌های مربوطه با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن برآورد گردید (با توجه به کوچک بودن مقیاس مکانی هر رویشگاه، مقدار متغیرهای اقلیمی و خاکی برای هر رویشگاه ثابت در نظر گرفته شد و یک عدد برای صفات مرتبط با اقلیم و خاک برای هر رویشگاه ثبت شد. در مجموع ده عدد برای ده رویشگاه برای برآورد همبستگی مورد استفاده قرار گرفت).

خشکسالی برای هر منطقه بر اساس فراوانی شاخص استاندارد بارندگی (Standard Precipitation Index, SPI) در مقیاس سالانه (۱۲ ماهه منتهی به خرداد) و به تفکیک برای درصد وقوع خشکسالی متوسط (فراوانی SPI بین ۱- تا ۱/۴۹-)، شدید (فراوانی SPI بین ۱/۵- تا ۱/۹۹-) و خیلی شدید (فراوانی SPI کمتر از ۲-) در نظر گرفته شده است. همچنین شاخص خطر خشکسالی از میانگین وزنی درجه خشکسالی (وزن ۱، ۲ و ۳ به ترتیب برای خشکسالی متوسط، شدید و خیلی شدید) محاسبه شده است (۹). تبخیر و تعرق پتانسیل (Evapotranspiration, ET) نیز از روش تورنت وایت اصلاح شده محاسبه و در نقشه‌های پهنه‌بندی آمایش استان بوشهر آمده است (۱۶).

### تجزیه و تحلیل آماری

به منظور بررسی اثر رویشگاه بر ویژگی‌های رویشی نهال‌های

جدول ۲. مشخصات خاکشناسی توده‌های پده مورد مطالعه در استان بوشهر.

رویشگاه	ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک															
	سدیم (ppm)	پتاسیم (ppm)	کلسیم (ppm)	منیزیم (ppm)	فسفر (ppm)	آهن (ppm)	منگنز (ppm)	روی (ppm)	هدایت الکتریکی (dS/m)	تج‌اج (pH)	ماده آلی (%)	کربنات کلسیم معادل (%)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	باقی خاک
آب‌پخش	۱۱۷	۵۳۳	۸۰۲	۳۴۰	۲	۱۱	۶	۶	۲	۷/۷	۰/۰	۵۶	۲۰	۶۰	۲۰	سیلت لومی
خون	۹۵	۵۵۶	۱۰۰۲	۳۴۰	۳	۳	۶	۲	۲	۷/۴	۰/۸	۶۰	۱۶	۴۰	۴۴	لوم رسی سیلتی
باهوش ۱	۱۱۱	۶۳۷	۷۰۵۴	۹۷۳	۱	۴	۹	۶	۲	۸/۲	۱/۰	۵۰	۸	۳۰	۶۲	لوم رسی سیلتی
باهوش ۲	۱۳۳	۶۴۸	۷۰۱۴	۹۴۸	۱	۵	۱۰	۶	۴	۷/۹	۰/۸	۶۱	۴	۲۰	۷۶	سیلت لومی
اهرم	۴۴۶	۷۹۸	۸۴۱۷	۹۴۸	۴	۲	۷	۳	۱۴	۸/۲	۱/۸	۴۰	۱۰	۴۴	۴۶	لوم
خائیز	۱۳۸	۶۷۱	۶۲۱۲	۱۵۵۶	۳	۳	۸	۸	۳	۷/۴	۱/۹	۴۶	۸	۶۲	۳۰	رسی
انارستان	۱۰۶	۴۶۳	۴۰۱	۳۴۰	۳	۹	۹	۵	۱	۷/۶	۱/۰	۶۲	۲	۱۴	۸۵	سیلت لومی
فیروزآباد	۱۲۸	۶۰۲	۵۲۱	۱۴۶	۳	۴	۷	۵	۱	۸/۰	۰/۸	۶۲	۶	۲۰	۷۴	سیلت لومی
جم ۲	۱۰۶	۷۰۶	۱۰۸۲	۴۱۳	۹	۱۱	۷	۵	۳	۷/۴	۱/۰	۶۰	۱۸	۵۸	۲۴	رسی
جم ۱	۱۰۶	۵۴۴	۷۲۱	۳۸۹	۳	۴	۹	۱۲	۲	۸/۱	۰/۲	۶۱	۸	۲۰	۷۲	سیلت لومی
میانگین	۱۴۹	۶۱۶	۳۳۲۳	۶۳۹	۳	۶	۸	۶	۳	۸	۱	۵۶	۱۰	۳۷	۵۳	
ضریب تغییرات (%)	۷۱	۱۶	۱۰۱	۶۹	۷۰	۶۱	۱۸	۴۷	۱۱۳	۴	۶۴	۱۴	۶۰	۵۰	۴۴	

رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS نسخه ۱۹ صورت گرفت.

### نتایج و بحث

#### مشخصه‌های محیطی رویشگاه‌های پده در استان بوشهر

در این مطالعه ویژگی‌های بوم‌شناختی ۱۰ رویشگاه پده در استان بوشهر شامل ویژگی‌های جغرافیایی، اقلیمی، خاکی و جنگلشناسی درختان مادری شناسایی و گزارش گردید. این رویشگاه‌ها در سه شهرستان از نه شهرستان استان بوشهر شامل دشتستان، تنگستان و جم شناسایی شدند و در سایر شهرستان‌ها اطلاعاتی از استقرار توده‌های پده مشاهده نشد. مقایسه ویژگی‌های این رویشگاه‌ها با سایر رویشگاه‌های پده شناسایی شده در کشور (۶) مشخص کرد که رویشگاه‌های پده

از همبستگی اسپیرمن و تجزیه به مولفه‌های اصلی برای انتخاب متغیرهای محیطی مستقل و موثر در عملکرد نهال‌های پده استفاده شد. برای این منظور داده‌های محیطی شامل اندازه درختان مادری، مشخصات جغرافیایی، اقلیمی، و خاکی (در مجموع ۲۸ صفت) در تجزیه به مولفه‌های اصلی مورد استفاده قرار گرفت. متغیرهای با قدر مطلق ضریب رگرسیون بیش از ۰/۶ (در توابع مولفه‌های اصلی) به عنوان متغیرهای موثر در تشکیل هر مولفه در نظر گرفته شد (۲۶). سپس همبستگی مولفه‌های اصلی استخراج شده با عملکرد نهال‌های پده در رویشگاه‌های مختلف با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن تعیین گردید. تفکیک رویشگاه‌ها از نظر عملکرد نهال‌های پده بر اساس مشخصه‌های محیطی با استفاده از نمودار دو بعدی وزنی (Weighted biplot) ترسیم شد. انجام آنالیزهای آماری و

سانتی‌متر (۱/۸ سانتی‌متر در هفته) رسید.

تنها ۳۰ درصد از نهال‌های پده پس از شوک حرارتی زنده ماندند و از این نظر تفاوت معنی‌داری بین رویشگاه‌های مختلف مشاهده نشد. اما درختان مادری شماره ۴، ۱۱، ۱۲، ۳۲ و ۳۴ در مناطق آب‌پخش، انارستان، خائیز و جم ۲ بین ۷۵ تا ۱۰۰ درصد زنده‌مانی داشتند. همچنین متوسط نرخ تاب‌آوری رویشگاه‌های پده در برابر شوک حرارتی برابر با یک بود که به طور کلی نشان دهنده عدم تغییر در متوسط ارتفاع نهال‌ها قبل و بعد از شوک حرارتی بود. هر چند اثر رویشگاه بر نرخ تاب‌آوری معنی‌دار نبود اما نرخ تاب‌آوری نتاج حاصل از درختان مادری شماره ۱۵، ۲۵، ۲۷، ۲۹، ۳۰ و ۳۴ مربوط به رویشگاه‌های باهوش ۱، جم و خائیز بیشتر از ۲ بود. عدم تفاوت معنی‌دار بین رویشگاه‌ها به دلیل واریانس درون گروهی بالا و نشان دهنده تفاوت‌های فردی در درون هر رویشگاه می‌باشد. این نتیجه نشان می‌دهد که اختلافات محیطی بین مناطق مورد مطالعه به اندازه‌ای نبوده که اکوتیپ‌های متفاوتی تولید کند. اما برای دستیابی به پایه‌های مقاوم‌تر می‌توان از تنوع ژنتیکی درون رویشگاهی برای گزینش پایه‌های برتر بهره برد. برای نمونه در این تحقیق درخت مادری شماره ۳۴ مربوط به خائیز نهال‌های مقاوم به شوک حرارتی تولید کرد (زنده‌مانی بالا) که از نظر نرخ تاب‌آوری عملکرد بالایی داشت و درختان مادری ۴، ۱۱، ۱۲ و ۳۲ نتاج مقاومی تولید کردند (زنده‌مانی بالا) که نرخ تاب‌آوری کمی (کوچکتر مساوی یک) داشتند.

**ارتباط متغیرهای محیطی با عملکردهای رویشی رویشگاه‌های پده**

نرخ شاخه‌زایی با افزایش قطر درختان مادری کاهش داشت که با نتایج سینگ و همکاران (۲۲) تفاوت داشت. این اختلاف می‌تواند نشان‌دهنده متفاوت بودن الگوی همبستگی نرخ شاخه‌زایی قلمه با سن درخت مادری در گونه‌های مختلف باشد. درصد جوانه‌زنی قلمه با افزایش ارتفاع از سطح دریا افزایش یافت. رابطه مستقیم بین نرخ جوانه‌زنی قلمه و ارتفاع از سطح دریا در سایر گونه‌ها نیز گزارش شده است (۵).

در بوشهر جزو گرم‌ترین، جنوبی‌ترین و دارای بافت سنگین در مقایسه با رویشگاه‌های پده شناسایی شده در کشور هستند و در گروه رویشگاه‌های با خاک غیر شور (به استثنای باهوش ۱ و اهرم) قرار می‌گیرند (۷).

### مقایسه عملکرد رویشی رویشگاه‌های پده

متوسط نرخ جوانه‌زنی قلمه‌ها در رویشگاه‌های مختلف ۴۶ درصد بود (۱۴ درصد در آپخش کمترین، ۸۶ درصد در باهوش ۲ بیشترین) که این مقدار کمتر از نتایج بیشتر مطالعات گذشته است. نرخ جوانه‌زنی قلمه‌های پده در گزارش احمدی و همکاران (۱) حدود ۸۸ درصد گزارش شده است. علت بالاتر بودن نرخ جوانه‌زنی قلمه در گزارش احمدی و همکاران (۱) می‌تواند استفاده از هورمون اکسین برای ریشه‌دار کردن قلمه‌ها، اختلاف زمان تهیه قلمه (بهمن)، سن قلمه و همچنین اختلاف مبداء قلمه (معصومیه قم) باشد. غدیریور و همکاران (۱۰) نیز در پژوهشی قلمه‌هایی از ۲۰ رویشگاه پده را، اما بدون استفاده از هورمون رشد، کشت نمودند (۳۰ قلمه ۲۵ سانتی‌متری در بهمن ماه) و هشت ماه پس از کاشت (اواخر تابستان) درصد جوانه‌زنی قلمه‌ها بین ۳۹ تا ۹۶ درصد (میانگین جوانه‌زنی ۸۰ درصد) بدست آمد، که همچنان بیشتر از نتایج تحقیق حاضر بود. با توجه به اینکه قلمه‌های تهیه شده در این تحقیق مستقیماً از درختان مادری مستقر در عرصه با سنین مختلف تهیه شده است، کاهش نرخ جوانه‌زنی قلمه‌ها در این تحقیق ممکن است تحت تأثیر این عامل قرار گرفته باشد.

مقایسه رویش ارتفاعی رویشگاه‌ها نشان داد که رویشگاه‌های مختلف پده در استان بوشهر در سال اول رشد، با متوسط رویش ۳۴ سانتی‌متر در سال اول (رویش متوسط یک سانتی‌متر در هفته با احتساب هشت ماه طول دوره رشد) در حد رویش مورد انتظار براساس مرور منابع برای نهال‌های گلدانی پده بودند (۱). ارتفاع نهال‌های پده در سال اول در رویشگاه برتر (فیروزآباد) به ۴۵ سانتی‌متر (۱/۴ سانتی‌متر در هفته) و در نتاج برتر (درخت شماره ۴ باهوش ۱) به ۵۷

رویشگاه‌هایی که از مناطق با شاخص خطر خشکسالی بالاتری بودند مقاومت بیشتری در برابر شوک حرارتی داشتند و درصد زنده‌مانی نهال‌ها پس از شوک حرارتی در آن مناطق بیشتر بود. تغییر مقاومت دمایی در یک گونه می‌تواند به تفاوت‌های ژنتیکی و محیطی آن گونه مرتبط باشد. از عوامل محیطی موثر بر مقاومت حرارتی می‌توان به پیش‌تیمارهای دمایی، خشکی و شوری اشاره کرد که اثرات کوتاه مدت و طولانی مدت این پیش‌تیمارها بر مقاومت حرارتی توسط لجال و همکاران (۱۳) گزارش شد.

رویشگاه‌هایی که از مناطق پرباران‌تر بودند و یا نرخ تبخیر و تعرق کمتری داشتند (رویشگاه‌های شرقی استان بوشهر)، نهال‌های با تاب‌آوری بیشتری در برابر شوک حرارتی تولید کردند که از رویش ارتفاعی نهایی بیشتری برخوردار بودند، اما رویش ارتفاعی اولیه رویشگاه‌ها تحت تأثیر هیچ یک از عوامل محیطی مورد مطالعه قرار نداشت. رویش ارتفاعی بیشتر در رویشگاه‌های پده با منشأ مرطوب‌تر می‌تواند به دلیل ذخیره مواد غذایی و آمادگی فیزیولوژیکی بالاتر آن‌ها باشد. این اثر در تحقیقات دیگران نیز به صورت مشابه گزارش شده است. از جمله کنوتسن و همکاران (۱۲) نشان دادند که رویشگاه‌های با مبدأ پرباران‌تر نهال‌های با روابط آبی بهتری (پتانسیل آبی و هدایت روزنه ای بیشتر) را در شرایط کم آبی تولید می‌کند، اما تأثیری در رویش ارتفاعی نهال‌ها ندارد. نهال‌هایی که رویش ارتفاعی کمتری بعد از شوک حرارتی داشتند، در نتیجه از نرخ تاب‌آوری کمتری برخوردار شدند. کاهش نرخ تاب‌آوری در یک گروه را نمی‌توان الزاماً به حساس بودن آن‌ها در برابر تنش تفسیر کرد. زیرا کاهش رشد ارتفاعی بعد از تنش (کاهش نرخ تاب‌آوری) خود می‌تواند یک پاسخ محافظتی در گیاه برای مقابله با موج‌های احتمالی بعدی تنش (شوک حرارتی) باشد.

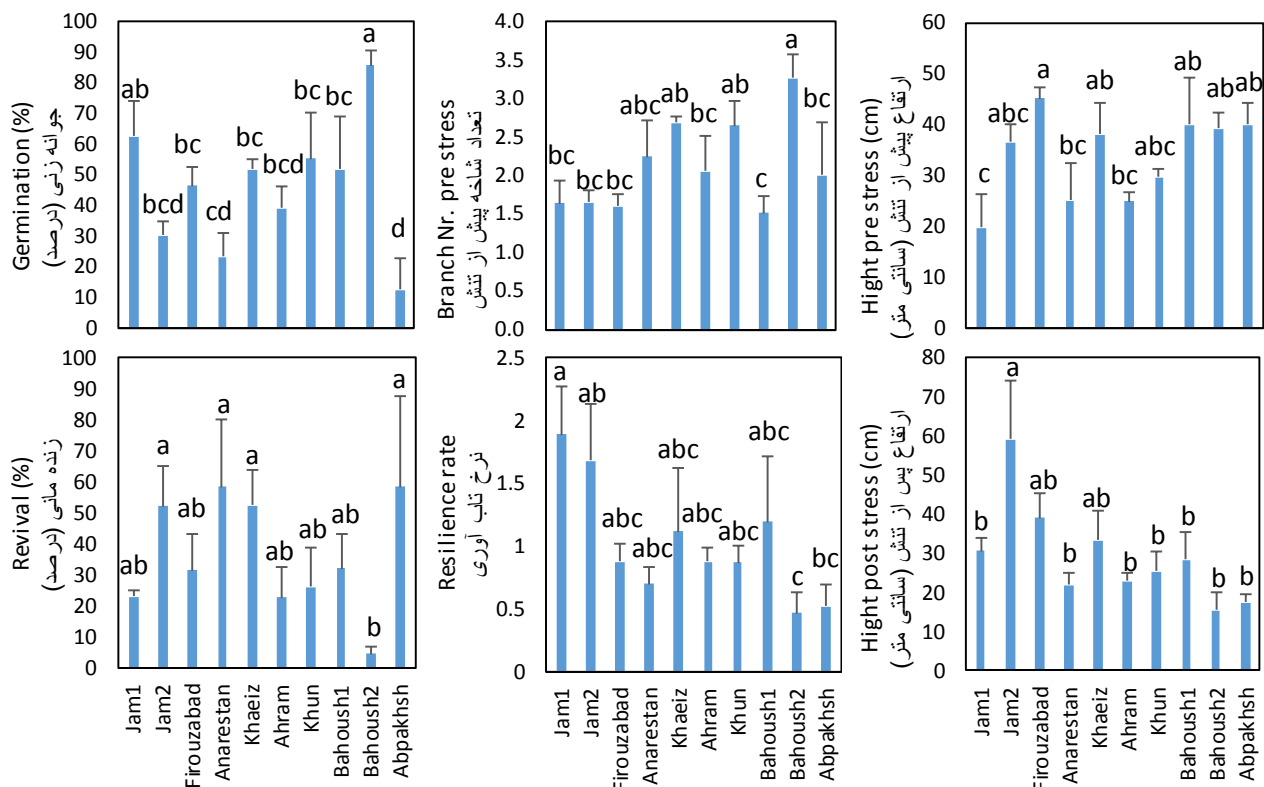
معمولاً رویشگاه‌هایی که از عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر هستند، گیاهانی روزکوتاه و با حساسیت زیاد نسبت به تناوب نوری (۲۷) هستند که رویش ارتفاعی بیشتری (۱۸) نسبت به سایر رویشگاه‌ها دارند. در این تحقیق ارتباطی بین عرض

جغرافیایی مبدأ و رشد ارتفاعی نهال پیش از شوک حرارتی مشاهده نشد، اما پس از شوک حرارتی گیاهانی که از عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر (رویشگاه‌های با مبدأ شهرستان جم) آمده بودند به طور میانگین رشد بیشتری داشتند. ویتترز و همکاران (۲۸) گزارش کردند که جمعیت‌های انتقال یافته از عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر حساسیت بیشتری به شوک حرارتی دارند، اما پس از سپری شدن موج گرما، عملکردهای رویشی و فیزیولوژیکی آن‌ها به سرعت بهبود می‌یابد.

در تحقیق حاضر شواهدی از وجود اکوتیپ‌های بالقوه مقاوم به تنش حرارتی در مناطقی که ارزش مولفه دوم آن‌ها کمتر است دیده می‌شود (ضریب همبستگی ارزش مولفه دوم با میزان تاب‌آوری ۰/۶- در شکل ۳) و احتمالاً به دلیل اثر انتخاب طبیعی، ساختار ژنتیکی پایه‌ها در این رویشگاه‌ها متفاوت می‌باشد. بطوریکه قلمه‌هایی که از رویشگاه‌های گرم و دارای خاک‌های سنگین با نسبت آهن به منگنز بالا تهیه شده بودند، نهال‌های مقاوم‌تری در برابر تنش حرارتی تولید کردند (اما درصد جوانه‌زنی قلمه در آن رویشگاه‌ها کمتر بود). همچنین رویشگاه‌هایی که در خاک رویشگاه مبدأ خود فسفر و پتاسیم بیشتری (ارزش مولفه سوم بیشتر) داشتند نرخ تاب‌آوری و رویش ارتفاعی ثانویه بیشتری را نشان دادند (شکل ۳، شکل ۴ و شکل ۵). پیش از این اثر مثبت فسفر در رشد قلمه‌های تهیه شده از خزانه‌های غنی از فسفر توسط لاو و همکاران، ۲۰۲۱ (۱۴)، و همچنین اثر مثبت محلول‌پاشی عناصر مغذی مانند پتاسیم در کاهش اثرات تنش حرارتی در گیاهان در پژوهش محمد و همکاران، ۲۰۱۹ (۱۵) گزارش شده است. اما پژوهشی در مورد اثر عناصر مغذی بستر کاشت خزانه بر مقاومت به تنش دمایی در گیاهان یافت نشد.

همبستگی مقاومت دمایی رویشگاه‌های پده با متغیرهای محیطی رویشگاه مبدأ در مولفه‌های اصلی نشان دهنده وزن بیشتر صفات مرتبط با خاک رویشگاه مبدأ بر مقاومت دمایی نهال‌های پده می‌باشد. بیشتر مطالعات، برای تمایز اکوتیپ‌ها از کلاین‌های جغرافیایی و اقلیمی استفاده می‌کنند، و برخی پژوهشگران مانند





شکل ۲. میانگین عملکرد رویشی نهال‌های قلمه‌ای یکساله پده در رویشگاه‌های مختلف استان بوشهر از نظر نرخ جوانه‌زنی

(Germination)، شاخه‌زایی (Branch Nr.)، ارتفاع ساقه (Height) قبل و بعد از شوک حرارتی، زنده‌مانی (Revival) و تاب‌آوری

(Resilience). هر ستون نماینده میانگین عملکرد نهال‌های حاصل از چهار درخت مادری (۱۴ قلمه از هر درخت) و هر خط در هر ستون

نشان دهنده یک اشتباه معیار می‌باشد. حروف مشابه در هر گروه نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است. صفاتی

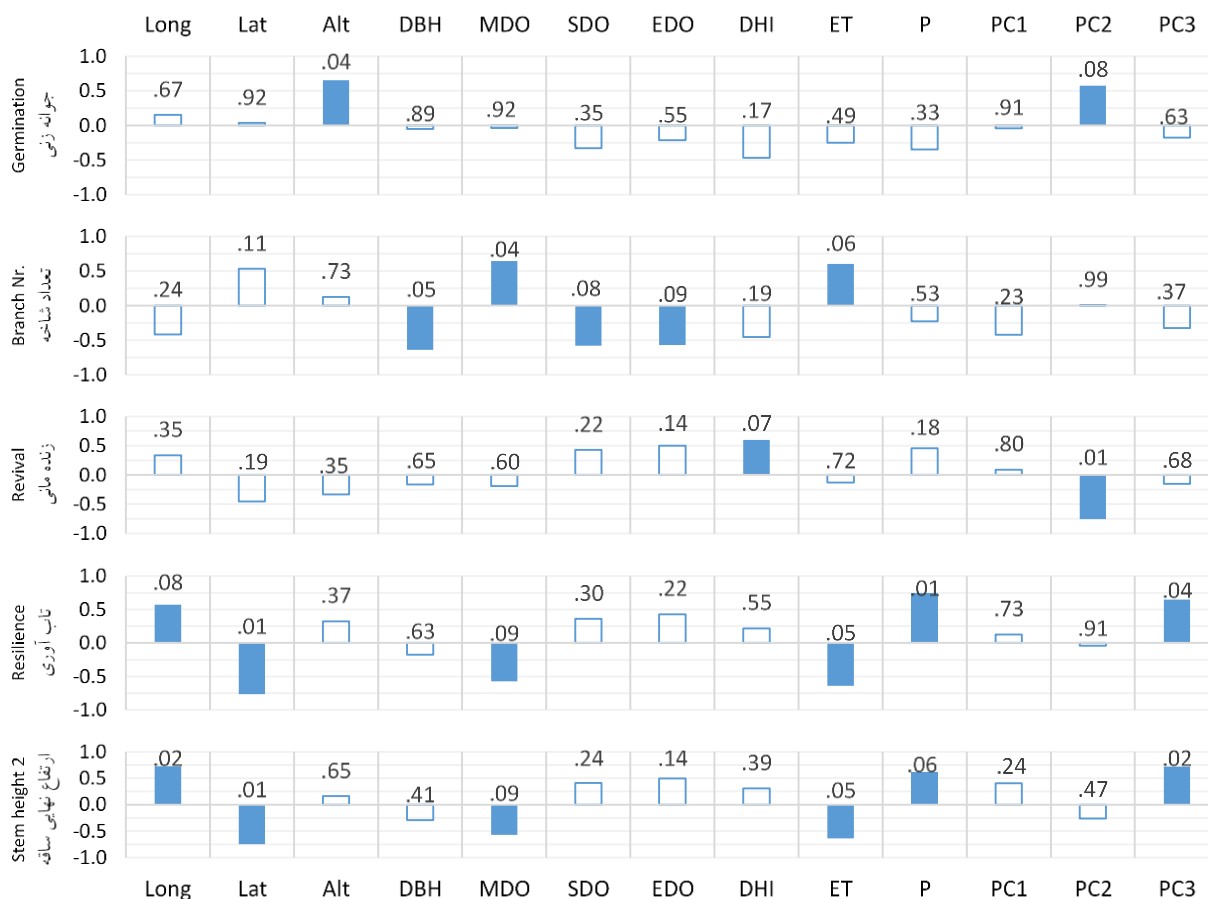
که اثر رویشگاه در آزمون F برای آن‌ها معنی‌دار نبود، برای مقایسه میانگین گروه‌بندی نشده‌اند.

ویژگی‌های محیطی آن‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. این رویشگاه‌ها جزو گرم‌ترین، جنوبی‌ترین و دارای بافت سنگین در مقایسه با رویشگاه‌های پده شناسایی شده در کشور هستند و عملکردهای رویشی متفاوتی از نظر جوانه‌زنی، شاخه‌زایی، و رویش ارتفاعی در بین رویشگاه‌های مورد مطالعه مشاهده شد. رویشگاه‌ها از نظر زنده‌مانی و تاب‌آوری در برابر شوک حرارتی تفاوتی نداشتند، اما نتایج حاصل از درختان مادری در درون مناطق از این نظر تنوع بیشتری داشتند. برخی از متغیرهای جنگل‌شناسی، جغرافیایی و اقلیمی با صفات عملکردی همبستگی داشتند و متغیرهای خاکی به تنهایی در تغییر عملکرد رویشگاه‌ها موثر نبودند. بنحوی که شاخه‌زایی با افزایش قطر درختان مادری کاهش، جوانه‌زنی با افزایش ارتفاع از سطح دریا

راپراخت و همکاران (۲۰) نیز که اثر متغیرهای خاکی رویشگاه مبدأ را برای تمایز اکوتیپ‌ها مورد بررسی قرار داده‌اند، به طور کلی نقش این متغیرها را در تمایز اکوتیپ‌ها ناچیز ارزیابی کردند. به نظر می‌رسد با توجه به مقیاس کوچک پراکنش جغرافیایی پروونانس‌های مورد مطالعه، تفاوت‌های جغرافیایی و اقلیمی مناطق مورد مطالعه در مقایسه با تغییر خصوصیات خاک این مناطق کمتر بوده و از این جهت ارتباط معنی‌داری بین مولفه اول و عملکردهای رویشی و فیزیولوژیکی پروونانس‌های پده مشاهده نشد (شکل ۳ و شکل ۴).

### نتیجه‌گیری

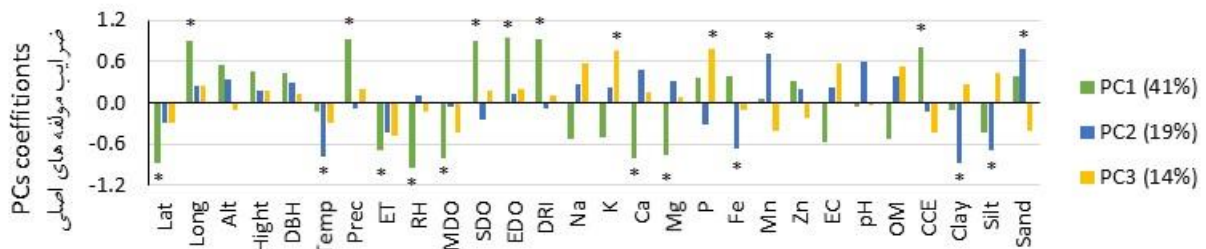
در این تحقیق ده رویشگاه پده در استان بوشهر به همراه



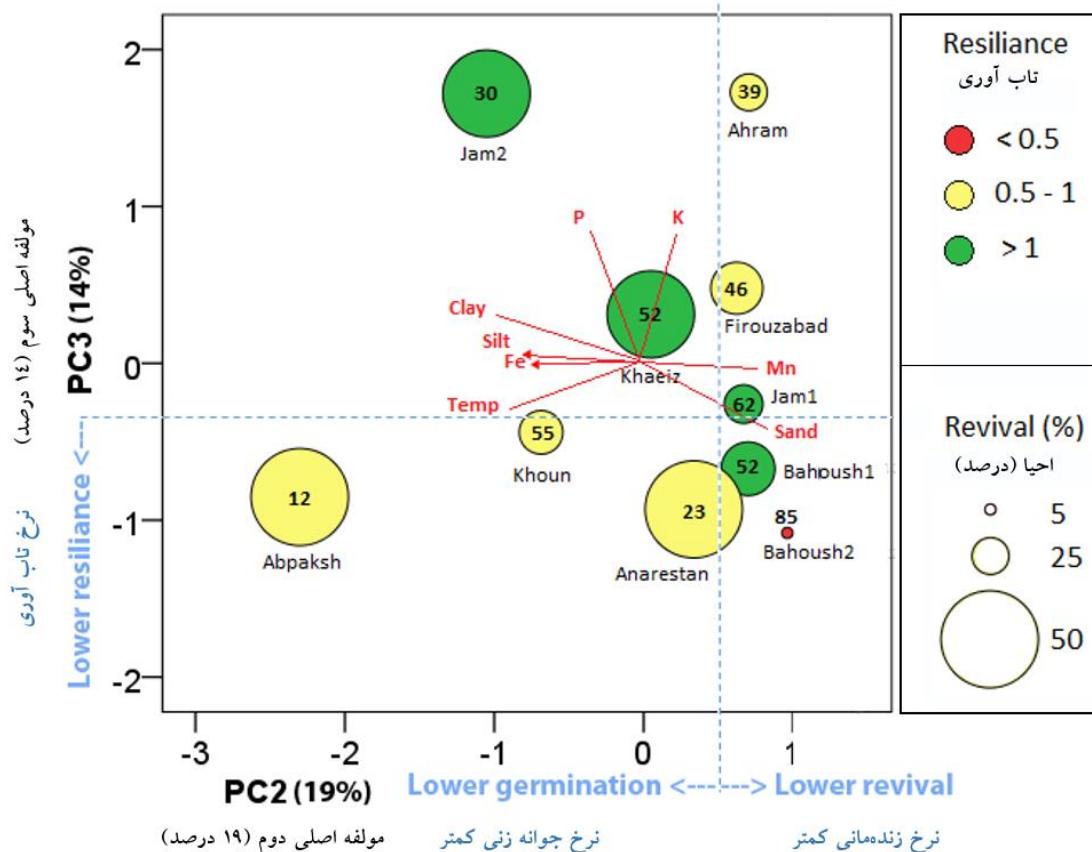
شکل ۳. ضرایب همبستگی اسپیرمن بین متغیرهای وابسته (عملکردهای رویشی نهال) و متغیرهای محیطی (جغرافیایی، اقلیمی، اداپتیکی). متغیرهای محیطی فاقد همبستگی معنی‌دار با عملکردهای رویشی نهال حذف شده‌اند. اعداد روی هر ستون نشان دهنده احتمال خطای آلفا است. همبستگی‌های با مقادیر خطای آلفا کمتر از ۰/۱ به صورت ستون‌های توپر و همبستگی‌های با مقادیر خطای آلفا بیشتر از ۰/۱ به صورت ستون‌های توخالی نشان داده شده‌اند (تکرار ۱۰ فرد). علائم اختصاری نشان دهنده طول جغرافیایی (Longitude, Long)، عرض جغرافیایی (Latitude, Lat)، ارتفاع از سطح دریا (Altitude, Alt)، قطر برابر سینه درخت مادری (Diameter at breast height, DBH)، فراوانی وقوع خشکسالی متوسط (Moderate drought occurrence, MDO)، خشکسالی شدید (Severe drought occurrence, SDO)، خشکسالی بسیار شدید (Extreme drought occurrence, EDO)، شاخص خطر خشکسالی (Drought hazard index, DHI)، تبخیر و تعرق پتانسیل (Evapotranspiration, ET)، غلظت فسفر خاک (P) و مولفه اصلی (Principal component, PC) می‌باشد.

و اقلیمی بر عملکرد نهال‌های پده پس از شوک حرارتی دارند. در نتیجه اگر در جستجوی ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش حرارتی و با تاب‌آوری بالا باشیم با انتخاب درختان مادری برتر از رویشگاه‌های گرم دارای خاک سنگین با نسبت آهن به منگنز زیاد و غنی از فسفر و پتاسیم، بیشترین دستاورد ژنتیکی مورد انتظار خواهد بود. به هر روی نباید از نظر دور داشت که این

افزایش، و زنده‌مانی با افزایش شاخص خطر خشکسالی افزایش یافت. همچنین، تاب‌آوری و ارتفاع نهال‌ها با بارندگی سالانه و طول جغرافیایی رابطه مستقیم و با تبخیر و تعرق و عرض جغرافیایی رابطه عکس نشان دادند. همبستگی عملکرد رویشگاه‌های پده با مولفه‌های اصلی نشان داد که متغیرهای خاکی تأثیر غیر مستقیم بیشتری نسبت به متغیرهای جغرافیایی



شکل ۴. مقادیر ضرایب تشکیل دهنده توابع در سه مولفه اصلی اول مستخرج از صفات محیطی رویشگاه‌های پده. ضرایب تابع بزرگتر از ۰/۶ با ستاره (\*) مشخص شده‌اند. درصد مقادیر ویژه (Eigen value) هر مولفه داخل پرانتز ذکر شده است. علائم اختصاری در این شکل نشان دهنده قطر برابر سینه درخت مادری (DBH)، میانگین دمای سالانه (Temp)، میانگین بارندگی سالانه (Prec)، تبخیر و تعرق سالانه (ET)، درصد وقوع خشکسالی متوسط، شدید و بسیار شدید (MDO، SDO، EDO)، شاخص خطر خشکسالی (DHI)، تبخیر و تعرق پتانسیل (ET)، غلظت سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر، آهن، منگنز، و روی خاک (Na، K، Ca، Mg، Fe، P، Mn، Zn)، هدایت الکتریکی خاک (EC)، درصد مواد آلی خاک (OM) و کربنات کلسیم معادل (CCE) می‌باشد.



شکل ۵. ابرنقاط حاصل از مولفه‌های اصلی دوم و سوم متغیرهای محیطی (درخت مادری، جغرافیایی، اقلیمی و ادافیکی) رویشگاه‌های مورد مطالعه. متغیرهای وابسته مورد بررسی شامل جوانه‌زنی، زنده‌مانی و تاب آوری به ترتیب با عدد، اندازه و رنگ برای هر رویشگاه وزندهی و مشخص شده است. اندازه و جهت ضرایب توابع مولفه‌های اصلی برای مقادیر قدرمطلق بزرگتر از ۰/۶ نشان داده شده است. نام هر رویشگاه در کنار هر نقطه آورده شده است.

## سیاسگزاری

این تحقیق بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد خانم ناهید خسروانی است که با حمایت مالی دانشگاه یاسوج اجرا شده است.

نتایج مربوط به پاسخ نهال‌های یکساله به شوک حرارتی می‌باشد و برای تعمیم نتایج این تحقیق، به پژوهش‌های بیشتری در سنین بالاتر نیاز است.

## منابع مورد استفاده

1. A. Ahmadi, H. Bayat and H. Tavakoli Neko. 2017. Morpho-physiological responses of Euphrates Poplar (*Populus euphratica* Oliv.) seedlings to salinity stress in greenhouse conditions. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* 25(1): 127-136.
2. Ahmadi, M., A. Dadashi Roudbari, H. Ahmadi and Z. Alibakhshi. 2018. Analysis of Iran temperature structure based on ECMWF, ERA interim version. *Physical Geography Research* 50(2):353-372. (In Persian).
3. Anonymous. 2020. Land-use planning of Bushehr Province, Situational and topographical analysis of the province, 3<sup>rd</sup> edition, *Management and planning organization portal of Bushehr province*, 54 pp. (In Persian) Available at <https://www.mpob.ir/bushehr-planning-program/>
4. Baharvandi N., F. Mojarrad and J. Masompour. 2021. Identification of heat waves and analysis of their temporal-spatial variations in Iran. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences* 20(59): 39-58.
5. Bhatt, B. P. and N. P. Todaria. 1993. Rooting response of cuttings collected at two different altitudes of two Himalayan multipurpose tree species. *Journal of Tropical Forest Science* 6(2): 131-135.
6. Calagari, M. 2018. Ecological characteristics of *Populus euphratica* in natural habitats of Iran and its potential use in wood farming. *Iran Nature* 3(1): 22-30. (In Persian).
7. Dehghani, H. and M. Khodadadi. 2018. Plant breeding for abiotic stress: drought and salinity, Jihad Daneshgahi Publisher, Tehran (In Persian).
8. Fay, M. F., M. D. Lledó, M. M. Kornblum and M. B. Crespo. 1999. From the waters of Babylon? *Populus euphratica* in Spain is clonal and probably introduced. *Biodiversity and Conservation* 8(6): 769-778.
9. Ghaseminejad, S., S. Soltani and A. Soffianian. 2014. Drought risk assessment in Isfahan Province. *Journal of Water and Soil Science* 18(68): 213-226. (In Persian).
10. P. Ghadiripour, M. Calagari and M. H. Saleh Shushtari. 2015. Study of growth and morphological characteristics of Euphrates poplar (*Populus euphratica*) provenances at experimental nursery of Khuzestan Province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* 23(1): 154-166 (in Persian).
11. Helgerson, O. T. 1990. Heat damage in tree seedlings and its prevention. *New Forests* 3: 333-358.
12. Knutzen, F., I. C. Meier and C. Leuschner. 2015. Does reduced precipitation trigger physiological and morphological drought adaptations in European beech (*Fagus sylvatica* L.)? Comparing provenances across a precipitation gradient. *Tree Physiology* 35(9): 949-963.
13. Ladjal, M., D. Epron and M. Ducrey. 2000. Effects of drought preconditioning on thermotolerance of photosystem II and susceptibility of photosynthesis to heat stress in cedar seedlings. *Tree physiology* 20(18): 1235-1241.
14. Lowe, G. E., M. Shepherd, C. Raymond and T. Rose. 2021. Higher stock plant nitrogen and phosphorus levels favor rooting on mini cuttings of tea tree. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 184(5): 515-519.
15. Muhammad, S., M. F. Saleem, N. Ullah, A. Shafaqat, R. Muhammad, M. R. Shahid, M. N. Alyemeni, S. A. Alamri and A. Parvaiz. 2019. Role of mineral nutrition in alleviation of heat stress in cotton plants grown in glasshouse and field conditions. *Scientific Reports* 9(1): 13022.
16. Mohammadi, H., A. Hanafi and M. Soltani. 2010. Estimating the amount of potential evapotranspiration in the stations of Isfahan province. *Journal of Studies of Human Settlements Planning* 5(12): 154-167. (In Persian).
17. Raeesi, A., G. Zehtabian, H. Ahmadi and H. Khosravi. 2012. Evaluation of current desertification status in shore deserts using biophysical criteria of IMDPA model. *Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi)* 97: 43-51.
18. Ren, L., X. Guo, S. Liu, T. Yu, W. Guo, R. Wang, S. Ye, C. Lambertini, H. Brix and F. Eller. 2020. Intraspecific variation in *Phragmites australis*: Clinal adaption of functional traits and phenotypic plasticity vary with latitude of origin. *Journal of Ecology* 108(6): 2531-2543.
19. Rottenberg, A., E. Nevo and D. Zohary. 2000. Genetic variability in sexually dimorphic and monomorphic populations of *Populus euphratica* (Salicaceae). *Canadian Journal of Forest Research* 30(3): 482-486.

20. Rupprecht, D., N. Hölzel and A. Bucharova. 2021. Is there local adaptation in plant species to soil reaction? A lesson from a multispecies experiment. *Restoration Ecology* 29(5): e13393.
21. Rakshit, A., S. Ghosh, S. Chakraborty, V. Philip and A. Datta. 2020. Soil analysis: recent trends and applications, Springer, Singapore.
22. Singh, B., R. Yadav and B. P. Bhatt. 2011. Effects of mother tree ages, different rooting mediums, light conditions and auxin treatments on rooting behaviour of *Dalbergia sissoo* branch cuttings. *Journal of Forestry Research* 22: 53-57.
23. Schwarz, J., G. Skiadaresis, M. Kohler, J. Kunz, F. Schnabel, V. Vitali and J. Bauhus. 2020. Quantifying growth responses of trees to drought—A critique of commonly used resilience indices and recommendations for future studies. *Current Forestry Reports* 6: 185-200.
24. Silva, B. H. P. and D. R. Rossatto. 2022. Leaves of neotropical savanna tree species are more heat-tolerant than leaves of semi-deciduous forest species. *Theoretical and Experimental Plant Physiology* 34:227–237.
25. Teskey, R., T. Wertin, I. Bauweraerts, M. Ameye, M. A. McGuire and K. Steppe. 2015. Responses of tree species to heat waves and extreme heat events. *Plant, cell & environment* 38(9): 1699-1712.
26. Tózsér, J., F. L. Kézér, L. Kovács and N. Fazekas. 2020. Evaluation of animal-based parameters of welfare in two Hungarian dairy farms using principal component analysis. *Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia* 16(2): 177-188. (In Hungarian).
27. Uga, Y., Y. Nonoue, Z. W. Liang, H. X. Lin, S. Yamamoto, U. Yamanouchi and M. Yano. 2007. Accumulation of additive effects generates a strong photoperiod sensitivity in the extremely late-heading rice cultivar 'Nona Bokra'. *Theoretical and Applied genetics* 114: 1457-1466.
28. Winters, G., P. Nelle, B. Fricke, G. Rauch and T. B. Reusch. 2011. Effects of a simulated heat wave on photophysiology and gene expression of high-and low-latitude populations of *Zostera marina*. *Marine Ecology Progress Series* 435: 83-95.

## Thermal Resistance in Euphrates Poplar (*Populus Euphratica*) Provenances and Environmental Dependency in Bushehr Province

N. Khosravani<sup>1</sup>, P. Fayyaz<sup>2\*</sup>, A. Moghani<sup>3</sup> and R. Zolfaghari<sup>2</sup>

(Received: June 12-2023; Accepted November 25-2023)

### Abstract

Despite the increase in heat waves and the sensitivity of forest ecosystems in desert areas, little information is available about the habitats of the Euphrates poplar in the southern parts of Iran. Characteristics of mother trees and geographical, climatic and soil characteristics of ten Euphrates poplar habitats in Bushehr province were recorded. In November, four trees from each habitat were selected and 14 cuttings were prepared from each mother tree. Seven months after planting, germination, sapling height, and branching were recorded and heat shock was applied at 70°C. Forty days later, traits of revival, sapling height, and resilience were measured. The results showed that, except for revival and resilience, there is a significant difference between the studied provenances. Branching decreased with increasing diameter of mother trees, germination increased with increasing height above sea level, and revival increased with increasing drought risk index. The resilience and height of seedlings showed a direct relationship with annual rainfall and latitude and an inverse relationship with evapotranspiration and latitude. The results of principal component analysis revealed that provenances that originated from relatively hot areas, with heavy soil, and high iron and low manganese contents had a lower germination and a higher revival rate. In addition, the resilience of provenances with high soil phosphorus and potassium contents was higher.

**Keywords:** Adaptation, Ecotype, Heat shock, Poplar, Provenance trial

- 
1. MSc Student of Forest Biology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Yasouj University.
  2. Assoc. Prof. of Forest, Range and Watershed, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Yasouj University.
  3. Instructor, Jahad Keshavarzi Organization, Dashti, Bushehr.
- \*: Corresponding Author, Email: pfayyaz@yu.ac.ir