

## تنوع جغرافیایی صفات بذر، برگ و نونهال بادامک (*Amygdalus scoparia* Spach.) در استان فارس

مسعود باباییان<sup>۱</sup>، داود آزادفر<sup>۲\*</sup>، محمدهادی پهلوانی<sup>۳</sup>، زهره سعیدی<sup>۴</sup> و محمدحسین ارزانش<sup>۵</sup>

۱- دانشجوی دکتری علوم جنگل، گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲- دانشیار، گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

پست الکترونیک: azadfar.d@gmail.com

۳- دانشیار، دانشکده تولیدات گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۴- دکترای علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۵- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات آب و خاک، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۲

### چکیده

مطالعه تنوع جغرافیایی در درون گسترشگاه بومی هر گونه جنگلی، اولین گام منطقی برای مطالعات ژنتیکی است. بادامک (*Amygdalus scoparia* Spach.) گونه‌ای چندمنظوره با دامنه پراکنش گسترده در بیشتر نواحی رویشی ایران است. به منظور بررسی تنوع جغرافیایی این گونه، ۱۹ صفت زیست‌سنجی بذر، برگ و نونهال از هفت جمعیت طبیعی آن در استان فارس اندازه‌گیری و مقایسه شد. بر اساس نتایج، تفاوت‌های معنی‌داری بین جمعیت‌های مورد مطالعه و برای کلیه صفات مورد بررسی مشاهده شد. وزن ۱۰۰ دانه، مساحت برگ و تعداد ساقه بیشترین تنوع را بین صفات مورد مطالعه نشان دادند. صفات بذر همبستگی مثبت و معنی‌داری را با میانگین بارندگی سالانه نشان دادند. همبستگی بین صفات زیست‌سنجی و عامل‌های ژئوکلیماتیک نشان از وجود تنوع کلایینی در بعضی از صفات بذر و برگ داشت. ابعاد برگ نونهال‌ها به تدریج از جمعیت شمال به جنوب و ارتفاع نونهال‌ها از جمعیت شرق به غرب استان فارس کاهش یافت. این بدان معنی است که گیاه در مرحله نونهالی، تنوع دوسویه‌ای را با عرض و طول جغرافیایی نشان می‌دهد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای، جمعیت‌ها را در چهار گروه مجزا قرار داد و جمعیت‌های نواحی با بارندگی زیاد را از جمعیت‌های نواحی با بارندگی کم جدا کرد. همچنین، نتایج نشان داد که بادامک از راهکارهای سازشی در پاسخ به کمبود آب استفاده می‌کند.

واژه‌های کلیدی: پروونانس، تنوع درون‌گونه‌ای، تنوع کلایینی، صفات زیست‌سنجی.

### مقدمه

۲۷۰۰ متری از سطح دریا به همراه گونه‌های شاخصی مانند بنه، بلوط و کنار رویش دارد (Sabeti, 2008). بخش عمده‌ای از دامنه پراکنش بادامک در جنگل‌های نواحی رویشی ایران - تورانی، زاگرسی و ارتفاعات خلیج و عمانی

بادامک (*Amygdalus scoparia* Spach.) گونه‌ای بومی است که از دامنه‌های جنوبی البرز تا دامنه‌های شمالی کوه‌های مکران (Vafadar et al., 2008) از ارتفاع ۶۰۰ تا

بارندگی مبداء بذر همبستگی دارد (Cai *et al.*, 2016). در درون یک گونه، صفات بذر، برگ، نهال و نرخ رشد جمعیت-های مختلف آن متفاوت و موضوع مطالعات زیادی بوده است (Rawat & Bakshi, 2011). برگ‌ها از اندام‌های بسیار با اهمیت در زمینه تولید و سازگاری با شرایط محیطی مختلف هستند. تنوع موجود بین ژنوتیپ‌ها و جمعیت‌ها بر مبنای ریخت‌شناسی برگ نیز در گونه‌های درختی زیادی بررسی شده است (Espahbodi *et al.*, 2007). چندین مطالعه، شواهدی عالی از اصلاح رشد درخت با گزینش و اصلاح صفات معینی از ریخت‌شناسی، آناتومی و فیزیولوژی برگ را ارائه کرده‌اند. به‌عنوان مثال، Marron و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که برخی از صفات ریخت‌شناسی برگ در گونه‌های صنوبر هیبرید با تولید زی‌توده بیشتر مرتبط بوده و بنابراین به‌منظور گزینش درختان با هدف تولید زی‌توده بیشتر می‌توان این صفات را مورد توجه قرار داد.

ایران از خاستگاه‌های اصلی گونه‌های مختلف بادام‌های وحشی است که تنوع صفات بذر و برگ بعضی از آن‌ها بررسی شده است. اغلب این پژوهش‌ها به مقایسه صفات ریخت‌شناسی بذر و برگ در گونه‌های پرشمار بادام وحشی از جمله بادامک پرداخته‌اند (Sorkheh *et al.*, 2009; Nikoumanesh *et al.*, 2011; Rahemi *et al.*, 2011). تنها در یک پژوهش، تنوع درون‌گونه‌ای صفات ریخت‌شناسی درختان مادری، بذر و برگ چندین جمعیت بادامک با استفاده از آمار چندمتغیره بررسی شد (Khadivi-khub & Anjam, 2014). در همگی این پژوهش‌ها، تنوع فنوتیپی وسیعی در میان گونه‌های مختلف بادام و جمعیت‌های طبیعی بادامک بر مبنای صفات بذر و برگ گزارش شده است.

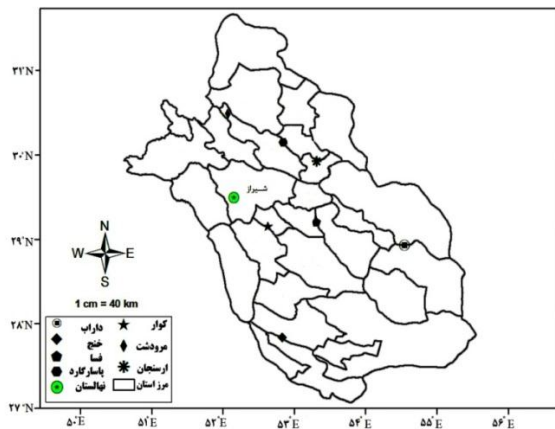
با توجه به دامنه پراکنش وسیع بادامک و کارکردهای متعدد این گونه بومی چندمنظوره، به مطالعات مبسوطی در زمینه تنوع ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک، فنولوژیک، بیوشیمیایی و ملکولی در گستره پراکنش رویشگاه‌های طبیعی و جمعیت‌های مختلف آن به‌منظور اتخاذ تدابیر لازم برای عملیات اصلاحی، مدیریت تجدید حیات و احیاء رویشگاه‌های مخروبه و ارائه راهبردهای حفاظتی برای حفظ جمعیت‌های با ارزش آن نیاز است.

استان فارس قرار دارد. این گونه چندمنظوره و پیشگام از جنبه‌های مختلفی مانند ایجاد پوشش به‌منظور جلوگیری از فرسایش خاک در حوضه‌های آبخیز (Gharaghani & Eshghi, 2015)، منبع ژرم‌پلاسمی غنی برای اصلاح بادام خوراکی (Sorkheh *et al.*, 2009)، تولید صمغ (Fadavi *et al.*, 2014)، روغن (Farhoosh & Tavakoli, 2008)، عسل، تنقلات و خوراکی (Sedaghat & Pazhouhanmehr, 2014) و ماده خام برای صنایع مختلف (Rieger *et al.*, 2003) مورد توجه است.

از آنجا که یک گونه در گستره پراکنش خود به‌طور طبیعی در محیط‌های متفاوتی به‌سر می‌برد، به‌طور معمول در نتیجه سازگاری با این شرایط مختلف محیطی از جمعیت‌های تمایز یافته ژنتیکی تشکیل شده است و این تمایزهای ژنتیکی از الگوهای تنوع محیطی پیروی کرده و به شیوه‌های مختلف فنولوژیک، ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک، ملکولی و بیوشیمیایی بروز یافته و آشکار می‌شوند (Abutaba *et al.*, 2015). آگاهی از میزان تنوع صفات مختلف گونه‌های طبیعی در گستره پراکنش آن‌ها پیش‌نیازی ضروری برای شروع عملیات اصلاحی است و ارزان‌ترین و ساده‌ترین بازده ژنتیکی در یک گونه را می‌توان با استفاده از بهترین مبداهای جغرافیایی به‌دست آورد. بنابراین، شناخت این ظرفیت طبیعی و بررسی تنوع جغرافیایی در درختان جنگلی از اهمیت خاصی برخوردار است (Kundu & Tigerstedt, 1997).

آگاهی از تنوع جغرافیایی در موضوع‌های مختلفی همانند علوم بذر، فیزیولوژی درخت، جنگل‌شناسی و جنگل‌کاری، معرفی گیاه، آگروفارستری و حفاظت ژن از اهمیت اساسی برخوردار است (Morgenstern, 1996). بذر مهم‌ترین و اساسی‌ترین بخش گیاه است که در بازسازی، حفظ و انتقال مواد ژنتیکی گیاه و همچنین مکانیزم‌های پراکنش، تکثیر و بقای گیاه در شرایط بسیار سخت نقش بارزی دارد (Fornah *et al.*, 2017). یکی از تصمیم‌های اساسی در مدیریت منابع جنگلی، انتخاب مبداء بذر مناسب برای حصول اطمینان از تولید موفقیت‌آمیز است. اندازه بذر با متغیرهای ژئوکلیماتیک طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، درجه حرارت و

گرم اندازه‌گیری شد. ابعاد بذرها (طول، عرض، ضخامت) با کولیس دیجیتال با دقت میلی‌متر در نمونه‌ای ۱۰۰ بذری که به سه تکرار (۱۰۰ = ۳۰+۳۰+۴۰) تقسیم شده بود، بررسی و وزن هر یک از بذرها این نمونه نیز با ترازو اندازه‌گیری شد (Kundu & Tigerstedt, 1997).



شکل ۱- پراکنش جغرافیایی جمعیت‌های مورد مطالعه بادامک و محل نهالستان در استان فارس

برای بررسی صفات برگ، در جهت قطرهای کوچک و بزرگ تاج، شاخه‌های برگ‌دار در نظر گرفته شده و ۲۰ عدد از برگ‌های سالم این شاخه‌ها به‌طور تصادفی انتخاب و پس از پرس و خشک کردن، بر روی کاغذ نصب و اسکن شده و ابعاد (طول، عرض، مساحت و محیط) آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار فتوشاپ اندازه‌گیری شد. در زمستان ۱۳۹۴، ۱۰ درخت مادری هر جمعیت به‌طور تصادفی انتخاب و بذرها آن‌ها با حفظ هویت تحت تیمار سرما و رطوبت قرار گرفت و در نهالستان کوهمره‌سرخ در ۵۵ کیلومتری غرب شیراز در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار کاشته شد. هفتاد پایه مادری به‌عنوان ۷۰ ژنوتیپ به‌طور تصادفی در هر تکرار قرار گرفت و به ازای هر پایه مادری، هفت بذر در گلدان‌های پلی‌اتیلنی حاوی خاک زراعی و کود دامی به نسبت ۳:۱ که به‌صورت خطی قرار گرفته بودند، کاشته شد. در پایان دوره رویش، طول ریشه اصلی و ارتفاع نونهال‌ها با خط‌کش با دقت سانتی‌متر و قطر یقه با کولیس دیجیتال با دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

پژوهش پیش‌رو سعی دارد با بررسی تعدادی از صفات ریخت‌شناسی بذر، برگ و نونهال در بخشی وسیعی از دامنه پراکنش این گونه در استان فارس، تأثیر عامل‌های ژئوکلیماتیک غالب روی‌شگاه‌های مختلف را بر تفاوت‌های ریخت‌شناسی و همچنین برخی از راهبردهای سازشی جمعیت‌های بادامک در مقابله با خشکی را به‌عنوان پیش‌نیازی ضروری برای مدیریت ژنتیکی این گونه بررسی کند.

## مواد و روش‌ها

استان فارس پهناورترین پهنه جنگلی ایران است. ۱۸ درصد از مساحت این استان با مساحتی بالغ بر ۱۲/۴ میلیون هکتار، اراضی جنگلی است که ۳۷/۵ درصد آن در ناحیه رویشی زاگرس، ۴۵/۵ درصد در ناحیه رویشی ایران-تورانی و ۱۷ درصد در ناحیه رویشی خلیج و عمانی واقع شده است (Bordbar et al., 2010). بخش گسترده‌ای از دامنه پراکنش جغرافیایی بادامک و سایر گونه‌های جنس بادام در استان فارس واقع شده است. توده‌های خالص و آمیخته این گونه همراه با گونه‌های شاخصی مانند بلوط، بنه و سایر گونه‌های بادام وحشی بیشترین مساحت چشم‌اندازهای جنگلی استان را تشکیل می‌دهد (Montazeri et al., 2015). بادامک در سه ناحیه رویشی استان فارس حضور دارد. با استفاده از تجارب میدانی و گفتگو با متخصصان مرکز تحقیقات استان، هفت جمعیت بادامک (شکل ۱) با صفات فنوتیپی و بذردهی مناسب انتخاب و در اواخر بهار سال ۱۳۹۴ نمونه‌های بذر و برگ درختان آن‌ها جمع‌آوری شد.

مطابق با جدول ۱، در هر جمعیت تعدادی درخت مادری با گرده‌افشانی آزاد و با سیمای ظاهری و بذردهی مناسب (به‌منظور حذف قرابت‌های ژنتیکی، فاصله تقریبی درختان نمونه حداقل ۱۰۰ متر بود) انتخاب و مختصات جغرافیایی آن‌ها توسط GPS ثبت شد (Shu et al., 2012). بذرها هر درختچه با تفکیک هویتی جمع‌آوری و تا زمان کاشت این تفکیک حفظ شدند. برای تعیین وزن ۱۰۰ دانه بذر، از هر درختچه ۴۰۰ بذر به‌طور تصادفی انتخاب و به چهار تکرار صدتایی تقسیم و وزن آن‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت صدم

تجزیه واریانس، مقایسه‌های میانگین‌ها، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از نرم‌افزارهای R، Minitab و SAS استفاده شد.

تعداد برگ، ساقه و شاخه نونهال‌ها نیز شمارش شد. به منظور تجزیه و تحلیل آماری، پس از ثبت داده‌ها در نرم‌افزار Excel، برای محاسبه شاخص‌های آماری، ضریب‌های همبستگی ساده،

جدول ۱- مشخصات ژئوکلیماتیک مناطق و تعداد درختان مادری مورد بررسی در جمعیت‌های مورد مطالعه

نام جمعیت							ویژگی
پاسارگارد	ارسنجان	فسا	کوار	داراب	خنج	مرودشت	
pa	ar	fa	ka	da	kh	Ma	کد جمعیت
۳۰° ۰۷'	۲۹° ۵۴'	۲۹° ۱۱'	۲۹° ۰۹'	۲۸° ۵۰'	۲۷° ۴۹'	۳۰° ۲۹'	عرض جغرافیایی
۵۲° ۵۴'	۵۳° ۲۲'	۵۲° ۲۱'	۵۲° ۳۹'	۵۴° ۳۷'	۵۲° ۵۰'	۵۲° ۰۶'	طول جغرافیایی
۱۸۱۵	۱۶۷۰	۱۸۲۰	۱۸۰۵	۲۲۰۰	۱۴۷۰	۱۹۶۰	ارتفاع از سطح دریا (متر)
۴۵۳/۳	۳۷۶	۴۵۱/۳	۴۹۴/۸	۳۸۵/۱	۳۹۳/۴	۵۲۴/۹	میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر)
۱۳/۷	۱۳	۱۷/۶	۱۴/۶	۱۵/۱	۲۱/۶	۱۴/۷	میانگین دمای سالانه (سانتیگراد)
۲۵	۲۵	۲۵	۲۴	۲۵	۱۶	۲۱	تعداد درختان مادری

برآورد میانگین بارندگی سالانه و میانگین دمای سالانه با استفاده از آمار ۲۰ ساله (۱۳۹۵-۱۳۷۵) نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی به مناطق مورد مطالعه انجام شد.

## نتایج

ضریب‌های همبستگی در جدول‌های ۵ و ۶ ارائه شده‌اند. در جمعیت‌های مورد مطالعه، ابعاد بذرها همبستگی مثبت و معنی‌داری را با میانگین بارندگی سالانه نشان داد. از صفات مربوط به ابعاد بذر، تنها طول بذر همبستگی مثبت و معنی‌داری را با عرض جغرافیایی نشان داد. مساحت برگ درختان مادری با میانگین بارندگی سالانه و کلیه صفات برگ نونهال‌ها با عرض جغرافیایی همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان دادند. صفات طول، عرض و محیط برگ درختان مادری همبستگی منفی و معنی‌داری را با میانگین درجه حرارت سالانه نشان دادند. همچنین، تعداد برگ نونهال‌ها با عرض جغرافیایی و میانگین بارندگی سالانه همبستگی منفی معنی‌دار و با ابعاد برگ نونهال‌ها همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند. ارتفاع نونهال‌های بادامک با طول جغرافیایی همبستگی منفی و معنی‌دار را نشان دادند.

تجزیه واریانس نشان از تفاوت معنی‌دار کلیه صفات مورد بررسی جمعیت‌های بادامک در سطح اطمینان ۹۹ درصد داشت. آماره‌های توصیفی بذر، برگ و نونهال‌ها و مقایسه میانگین‌ها به تفکیک در جدول‌های ۲، ۳ و ۴ ارائه شده‌اند. ضریب تغییرات طول، عرض، ضخامت، نسبت طول به عرض و وزن هر دانه بذر به ترتیب ۱۴/۷، ۱۳/۳، ۱۰/۴، ۱۲/۱ و ۳۵/۱ به دست آمد. از نظر صفات برگ، بیشترین ابعاد برگ متعلق به جمعیت مرودشت و کمترین آن متعلق به جمعیت خنج بود. ضریب تغییرات مساحت، محیط، طول و عرض برگ به ترتیب ۵۲/۸، ۲۷/۵، ۲۷/۹ و ۳۴/۶ بود. بیشترین رویش ارتفاعی نونهال‌ها در جمعیت‌های خنج و کوار و کمترین آن در ارسنجان و داراب مشاهده شد. قطر یقه جمعیت‌های مرودشت، فسا و کوار با دیگر جمعیت‌ها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری داشت. جمعیت‌های شمال غربی استان (مرودشت و پاسارگارد) از تعداد ساقه کمتری برخوردار بودند و بیشترین ضریب تغییرات صفات نونهال‌ها نیز مربوط به تعداد ساقه بود.

جدول ۲- میانگین، انحراف معیار و مقایسه میانگین‌های صفات بذر جمعیت‌های مورد مطالعه

جمعیت	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	عرض بذر (میلی متر)	طول بذر (میلی متر)	ضخامت بذر (میلی متر)	وزن هر دانه بذر (گرم)	نسبت طول به عرض بذر
خنج	۳۲/۰۹ ± ۶/۱۲ <sup>c</sup>	۸/۲۵ ± ۰/۸۷ <sup>f</sup>	± ۱/۱۱ <sup>g</sup>	۶/۷۷ ± ۰/۵۷ <sup>f</sup>	۰/۳۲ ± ۰/۰۸ <sup>c</sup>	۱/۵۰ ± ۰/۱۸ <sup>d</sup>
داراب	۳۲/۶۸ ± ۵/۹۳ <sup>c</sup>	۸/۷۰ ± ۰/۹۳ <sup>e</sup>	± ۰/۹۹ <sup>f</sup>	۶/۸۹ ± ۰/۵۴ <sup>e</sup>	۰/۳۳ ± ۰/۰۹ <sup>c</sup>	۱/۳۵ ± ۰/۱۲ <sup>f</sup>
ارسنجان	۳۵/۲۴ ± ۷/۵۶ <sup>c</sup>	۸/۶۲ ± ۰/۷۵ <sup>e</sup>	± ۱/۴۸ <sup>e</sup>	۶/۹۴ ± ۰/۵۲ <sup>e</sup>	۰/۳۵ ± ۰/۰۹ <sup>c</sup>	۱/۵۹ ± ۰/۱۵ <sup>a</sup>
کوار	۴۷/۸۱ ± ۱۰/۱۹ <sup>b</sup>	۹/۸۴ ± ۰/۹۸ <sup>c</sup>	± ۱/۷۰ <sup>d</sup>	۷/۶۶ ± ۰/۵۸ <sup>c</sup>	۰/۴۸ ± ۰/۱۴ <sup>b</sup>	۱/۴۴ ± ۰/۱۴ <sup>e</sup>
فسا	۵۷/۹۸ ± ۷/۲۱ <sup>a</sup>	۱۰/۶۷ ± ۰/۹۷ <sup>a</sup>	± ۱/۱۶ <sup>c</sup>	۸/۱۵ ± ۰/۵۷ <sup>a</sup>	۰/۵۷ ± ۰/۱۱ <sup>a</sup>	۱/۳۶ ± ۰/۱۲ <sup>f</sup>
پاسارگارد	۴۸/۳۱ ± ۱۲/۷۰ <sup>b</sup>	۹/۷۳ ± ۰/۹۹ <sup>d</sup>	± ۱/۷۸ <sup>b</sup>	۷/۳۹ ± ۰/۷۳ <sup>d</sup>	۰/۴۹ ± ۰/۱۴ <sup>b</sup>	۱/۵۲ ± ۰/۱۸ <sup>c</sup>
مرودشت	۶۱/۴۳ ± ۱۲/۰۱ <sup>a</sup>	۱۰/۵۳ ± ۰/۹۱ <sup>b</sup>	± ۱/۸۲ <sup>a</sup>	۷/۸۳ ± ۰/۶۵ <sup>b</sup>	۰/۶۱ ± ۰/۱۴ <sup>a</sup>	۱/۵۷ ± ۰/۱۸ <sup>b</sup>
میانگین	۳۱۹۴/۰۶	۱۲۰۸/۷	۳۲۸۴/۵	۳۷۷/۸۹۸	۱۸/۶۱	۱۳/۲۰
F	۳۷/۳۴	۱۴۳۴/۸۳	۱۵۰۷/۰۷	۱۰۵۸/۰۶	۱۳۶۰/۳۶	۵۶۲/۴۳
معنی داری	۰/۰۰ <sup>**</sup>	۰/۰۰ <sup>**</sup>	۰/۰۰ <sup>**</sup>	۰/۰۰ <sup>**</sup>	۰/۰۰ <sup>**</sup>	۰/۰۰ <sup>**</sup>

\*\* معنی دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند، در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی دار ندارند.

جدول ۳- میانگین، انحراف معیار و مقایسه میانگین‌های صفات نهال‌های جمعیت‌های مورد مطالعه بادامک

جمعیت	ارتفاع (سانتی متر)	قطر یقه (میلی متر)	تعداد ساقه	طول ریشه اصلی (سانتی متر)	تعداد برگ
خنج	۲۳/۴ ± ۱۰/۵ <sup>a</sup>	۲/۶۸ ± ۰/۴۰ <sup>b</sup>	۲/۶ ± ۱/۵ <sup>a</sup>	۱۳/۶ ± ۷/۷ <sup>e</sup>	۸۸/۲ ± ۵۵/۶ <sup>a</sup>
داراب	۱۶/۹ ± ۸/۴۹ <sup>c</sup>	۲/۶۸ ± ۰/۳۷ <sup>b</sup>	۱/۹ ± ۱/۳ <sup>c</sup>	۲۲/۳ ± ۱۰/۶ <sup>a</sup>	۵۴/۳ ± ۲۷/۷ <sup>cd</sup>
ارسنجان	۱۵/۷ ± ۸/۵ <sup>c</sup>	۲/۷۱ ± ۰/۳۷ <sup>b</sup>	۲/۴ ± ۱/۶ <sup>ab</sup>	۲۰/۳ ± ۱۰/۰ <sup>ab</sup>	۶۴ ± ۴۲/۱ <sup>bc</sup>
کوار	۲۳/۲ ± ۱۰/۵ <sup>a</sup>	۲/۸۶ ± ۰/۳۷ <sup>a</sup>	۲/۱ ± ۱/۵ <sup>bc</sup>	۱۸/۳ ± ۱۰/۳ <sup>bc</sup>	۷۰ ± ۵۰/۳ <sup>b</sup>
فسا	۱۹/۸ ± ۸/۰ <sup>b</sup>	۲/۹۷ ± ۰/۳۹ <sup>a</sup>	۲/۴ ± ۱/۵ <sup>ab</sup>	۱۷/۱ ± ۹/۴ <sup>cd</sup>	۶۷/۹ ± ۳۸/۷ <sup>b</sup>
پاسارگاد	۲۱/۴ ± ۱۰/۲ <sup>ab</sup>	۲/۷۴ ± ۰/۳۹ <sup>b</sup>	۱/۳ ± ۰/۸۲ <sup>d</sup>	۲۱/۱ ± ۱۱/۶ <sup>ab</sup>	۵۱/۴ ± ۳۲/۳ <sup>d</sup>
مرودشت	۲۲/۴ ± ۶/۹ <sup>ab</sup>	۲/۸۸ ± ۰/۴۴ <sup>a</sup>	۱/۱ ± ۰/۴۰ <sup>d</sup>	۱۴/۶ ± ۹/۴ <sup>de</sup>	۳۶/۷ ± ۱۳/۵ <sup>e</sup>
میانگین مربعات	۱۸۱۴/۴	۲/۶۵	۶۷/۸	۲۰۵۶/۱	۴۸۹۶۵
F	۲۱/۵۲	۱۶/۵۵	۳۷/۷۵	۲۰/۵۴	۳۲/۲۶
معنی داری	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

میانگین‌هایی هر سطر که دارای حروف مشترک هستند، در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

جدول ۴- میانگین، انحراف معیار و مقایسه میانگین‌های صفات مطالعه شده برگ پایه‌های مادری و نونهال‌های جمعیت‌های مورد مطالعه بادامک

متغیر								
جمعیت	طول برگ درخت (سانتی‌متر)	عرض برگ درخت (سانتی‌متر)	مساحت برگ درخت (سانتی‌متر مربع)	محیط برگ درخت (سانتی‌متر)	طول برگ نونهال (سانتی‌متر)	عرض برگ نونهال (سانتی‌متر)	مساحت برگ نونهال (سانتی‌متر مربع)	محیط برگ نونهال (سانتی‌متر)
خنج	۲/۳۴ ± ۰/۵۹ <sup>d</sup>	۰/۳۲ ± ۰/۰۶ <sup>d</sup>	۰/۴۶ ± ۰/۱۷ <sup>e</sup>	۵/۱۴ ± ۱/۲ <sup>d</sup>	۱/۲۴ ± ۰/۲۹ <sup>f</sup>	۰/۲۶ ± ۰/۰۷ <sup>e</sup>	۰/۲۲ ± ۰/۱۱ <sup>f</sup>	۲/۸ ± ۰/۶۵ <sup>f</sup>
داراب	۳/۲۶ ± ۰/۸۹ <sup>bc</sup>	۰/۵۱ ± ۰/۲۰ <sup>bc</sup>	۰/۷۸ ± ۰/۴۱ <sup>d</sup>	۷/۲۹ ± ۲/۰ <sup>bc</sup>	۱/۴۶ ± ۰/۲۷ <sup>d</sup>	۰/۳۱ ± ۰/۰۹ <sup>c</sup>	۰/۲۹ ± ۰/۱۴ <sup>d</sup>	۳/۳ ± ۰/۸۴ <sup>d</sup>
ارسنجان	۳/۲۰ ± ۰/۹۱ <sup>c</sup>	۰/۴۹ ± ۰/۱۷ <sup>bc</sup>	۰/۸۳ ± ۰/۴۴ <sup>d</sup>	۷/۰۵ ± ۱/۹ <sup>c</sup>	۱/۳۵ ± ۰/۳۴ <sup>e</sup>	۰/۲۹ ± ۰/۰۸ <sup>d</sup>	۰/۲۶ ± ۰/۱۳ <sup>e</sup>	۳/۱ ± ۰/۷۷ <sup>e</sup>
کوار	۳/۴۱ ± ۰/۹۷ <sup>b</sup>	۰/۴۸ ± ۰/۱۴ <sup>c</sup>	۰/۹۲ ± ۰/۴۴ <sup>c</sup>	۷/۵۳ ± ۲/۱ <sup>b</sup>	۱/۵۳ ± ۰/۳۹ <sup>c</sup>	۰/۳۲ ± ۰/۰۹ <sup>c</sup>	۰/۳۲ ± ۰/۱۴ <sup>c</sup>	۳/۴ ± ۰/۷۶ <sup>c</sup>
فسا	۳/۴۲ ± ۰/۸۵ <sup>b</sup>	۰/۴۹ ± ۰/۱۴ <sup>bc</sup>	۰/۹۴ ± ۰/۴۵ <sup>bc</sup>	۷/۵۱ ± ۱/۸ <sup>b</sup>	۱/۵۵ ± ۰/۳۴ <sup>c</sup>	۰/۳۲ ± ۰/۰۸ <sup>c</sup>	۰/۳۱ ± ۰/۱۴ <sup>cd</sup>	۳/۵ ± ۰/۷۶ <sup>c</sup>
پاسارگاد	۳/۷۲ ± ۰/۸۳ <sup>a</sup>	۰/۵۲ ± ۰/۱۶ <sup>b</sup>	۱/۰۱ ± ۰/۴۲ <sup>b</sup>	۸/۱۵ ± ۱/۸ <sup>a</sup>	۱/۷۱ ± ۰/۳۷ <sup>b</sup>	۰/۳۶ ± ۰/۰۹ <sup>b</sup>	۰/۴۱ ± ۰/۱۸ <sup>b</sup>	۳/۸ ± ۰/۸۴ <sup>b</sup>
مرودشت	۳/۸۸ ± ۰/۸۴ <sup>a</sup>	۰/۶۱ ± ۰/۱۵ <sup>a</sup>	۱/۳۹ ± ۰/۵۵ <sup>a</sup>	۸/۴۹ ± ۱/۸ <sup>a</sup>	۱/۸۹ ± ۰/۵۲ <sup>a</sup>	۰/۴۲ ± ۰/۱۳ <sup>a</sup>	۰/۵۳ ± ۰/۲۹ <sup>a</sup>	۴/۳ ± ۱/۱ <sup>a</sup>
میانگین مربعات	۱/۷۸	۶۰/۱	۲۱/۱۲	۲۸۱/۶۱	۲۸/۳۷	۱/۶۵	۶/۷۲	۱۴۸/۴۸
F	۶۸/۴۴	۷۸/۵۸	۱۱۰/۲۸	۷۷/۸۷	۱۹۱/۱	۱۸۲/۷	۲۱۶/۲	۲۰۰/۹
معنی‌داری	۰/۰۰ <sup>**</sup>	۰/۰۰ <sup>**</sup>	۰/۰۰ <sup>**</sup>	۰/۰۰ <sup>**</sup>	۰/۰۰ <sup>**</sup>	۰/۰۰ <sup>**</sup>	۰/۰۰ <sup>**</sup>	۰/۰۰ <sup>**</sup>

\*\* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ میانگین‌هایی هر ستون که دارای حروف مشترک هستند، در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۵- ضریب‌های همبستگی ساده بین متغیرهای ژئوکلیماتیک و صفات بذر و برگ پایه‌های مادری بادامک

عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	میانگین دمای سالانه	میانگین بارندگی سالانه	
۰/۹۰**	۰/۰۵	-۰/۳۳	-۰/۸۵*	۰/۶۶	محیط برگ
۰/۸۷**	۰/۰۴	۰/۷۳	-۰/۷۹*	۰/۵۸	عرض برگ
۰/۹۲**	۰/۰۶	۰/۶۳	-۰/۸۰*	۰/۶۸	طول برگ
۰/۸۹**	۰/۰۲	۰/۵۲	-۰/۶۴	۰/۷۹*	مساحت برگ
۰/۶۹	-۰/۰۲	۰/۲۴	-۰/۲۸	۰/۸۸**	وزن هر دانه بذر
۰/۴۱	۰/۰۵	۰/۴۶	-۰/۱۷	۰/۰۹	نسبت طول به عرض بذر
۰/۵۵	-۰/۰۳	۰/۲۵	-۰/۲۳	۰/۸۰*	ضخامت بذر
۰/۶۴	-۰/۰۶	۰/۳۳	-۰/۳۱	۰/۸۵**	عرض بذر
۰/۸۴**	۰/۰۲	۰/۰۸	-۰/۴۱	۰/۸۴**	طول بذر
۰/۶۹	-۰/۰۴	۰/۲۴	-۰/۲۸	۰/۸۷**	وزن صد دانه

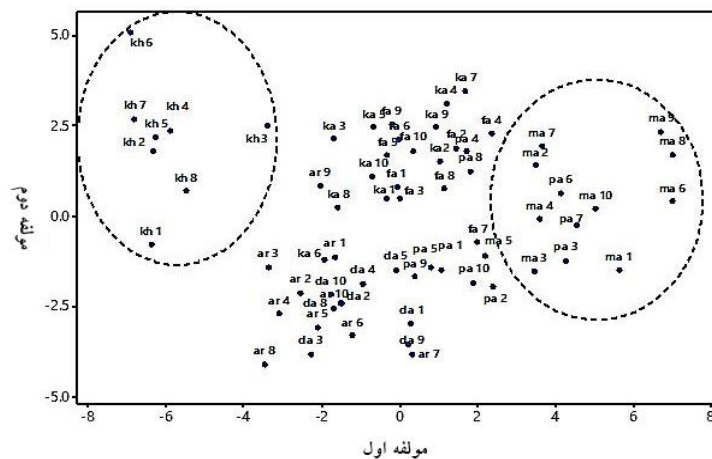
\*\* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ \* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

جدول ۶- ضریب‌های همبستگی ساده بین متغیرهای ژئوکلیماتیک و صفات نونهال‌های بادامک

عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	میانگین دمای سالانه	میانگین بارندگی سالانه	
-۰/۰۹	-۰/۸۰*	-۰/۳۳	۰/۴۴	۰/۶۵	ارتفاع
۰/۳۹	۰/۳۴	۰/۱۶	-۰/۱۲	۰/۷۵	قطر یقه
-۰/۷۳	۰/۳۲	-۰/۵۸	۰/۵۳	-۰/۶۲	تعداد ساقه
۰/۲۴	۰/۶۵	۰/۵۲	-۰/۶۹	-۰/۳۶	طول ریشه اصلی
-۰/۸۲**	۰/۰۳	-۰/۷۳	۰/۷۰	-۰/۴۷	تعداد برگ
۰/۸۱*	-۰/۴۸	-۰/۴۶	-۰/۴۶	۰/۸۲*	مساحت برگ
۰/۸۱*	-۰/۴۲	۰/۵۳	-۰/۵۱	۰/۸۳**	محیط برگ
۰/۸۳**	-۰/۴۱	۰/۵۴	-۰/۵۱	۰/۸۳**	طول برگ
۰/۸۳**	-۰/۴۵	۰/۴۹	-۰/۴۹	۰/۸۱*	عرض برگ

\*\* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

یک ناحیه نمودار دویعدی داشت که این موضوع نشان‌دهنده تشابه ژنتیکی آن‌ها بود و درختان مادری که در یک محدوده قرار داشتند، از نظر صفات مؤثر در عامل‌های اول و دوم شباهت بیشتری را نشان داده و در یک گروه قرار گرفتند. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به خوبی دو جمعیت شمال غربی و جنوبی استان (مرودشت و پاسارگارد با خنج) را از یکدیگر متمایز کرد و درختان مادری جمعیت‌های کوار و فسا و همچنین جمعیت‌های داراب و ارسنجان دارای هم‌پوشانی بودند (شکل ۲).



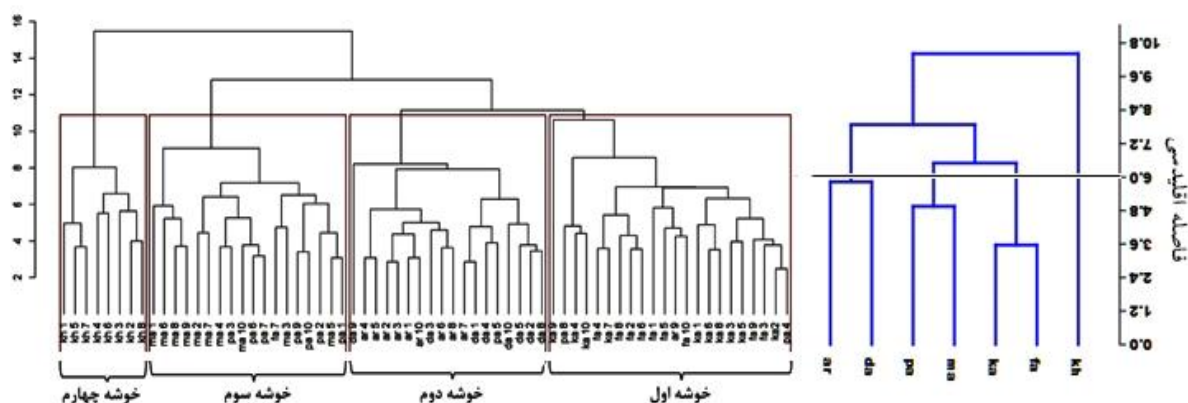
شکل ۲- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی پراکنش درختان مادری بادامک بر اساس صفات مؤثر در مؤلفه‌های اول و دوم

مادری جمعیت خنج به تنهایی در خوشه‌ای جداگانه قرار گرفتند و با چندین انحراف جزئی اکثر پایه‌های مادری جمعیت‌های ارسنجان و داراب، کوار و فسا، مرودشت و پاسارگارد در خوشه‌های جداگانه قرار گرفتند (شکل ۳). محاسبه فاصله‌ها بر مبنای فاصله اقلیدسی نشان داد که درختان مادری شماره دو کوار و شماره چهار پاسارگارد بیشترین شباهت و درختان شماره شش خنج و شماره شش مرودشت از بیشترین مسافت و کمترین شباهت برخوردار بودند.

#### تجزیه خوشه‌ای

در تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش UPGMA، جمعیت‌های مختلف بر مبنای صفات استاندارد شده بذر، برگ و نونهال‌ها و همچنین متغیرهای ژنوکلماتیک در فاصله اقلیدسی شش در چهار خوشه جداگانه گروه‌بندی شدند. در خوشه اول جمعیت‌های فسا و کوار، در خوشه دوم جمعیت‌های مرودشت و پاسارگارد، در خوشه سوم جمعیت‌های داراب و ارسنجان و جمعیت خنج به تنهایی در خوشه چهارم قرار گرفت. علاوه بر این، در تجزیه خوشه‌ای درختان مادری جمعیت‌های مختلف نیز، درختان





شکل ۳- نمودار درختی و تجزیه خوشه‌ای UPGMA جمعیت‌های بادامک مورد مطالعه بر مبنای میانگین صفات ریخت‌شناسی پایه مادری، بذر، برگ و نونهال و متغیرهای ژئوکلماتیک و نمودار درختی تجزیه خوشه‌ای UPGMA کلیه پایه‌های مادری جمعیت‌های بادامک مورد مطالعه بر مبنای صفات ریخت‌شناسی پایه مادری، بذر، برگ و نونهال

## بحث

بارندگی و افزایش درجه حرارت) از سمت شمال غرب به جنوب استان با کاهش عرض جغرافیایی و از غرب به شرق با افزایش طول جغرافیایی روندی افزایشی دارد. همبستگی‌های مثبت و معنی‌دار بین ابعاد برگ درختان مادری و نونهال‌ها با عرض جغرافیایی و همبستگی‌های مثبت و معنی‌دار بین ابعاد بذر، مساحت برگ درختان مادری و ابعاد برگ نونهال‌ها با میانگین بارندگی سالانه و همچنین همبستگی منفی و معنی‌دار صفات طول، عرض و محیط برگ درختان مادری با میانگین درجه حرارت سالانه نشان از راهکارهای سازشی بادامک برای مقابله با خشکی داشت. مقایسه ابعاد برگ نونهال‌های بادامک که در شرایط یکنواخت محیطی و بدون محدودیت رطوبت خاک نهالستان رویش داشتند، با ابعاد برگ جمعیت‌های بادامک واقع در رویشگاه‌های بومی (با شرایط محیطی متفاوت)، نشان از مشابهت این صفات داشت. بنابراین، مشابهت این صفات در نونهال‌ها و درختان مادری نشان می‌دهد که آن‌ها بیشتر تحت کنترل ژنتیکی هستند (جدول ۴). همبستگی بین صفات مورفومتری و داده‌های ژئوکلماتیک نشان از آن داشت که احتمالاً در بعضی از صفات بذر و برگ جمعیت‌های بادامک استان فارس توزیع کلایینی وجود داشته و گزینش طبیعی افتراقی در امتداد شیب‌های محیطی با روندی پیوسته در

در این پژوهش، تفاوت‌های معنی‌داری در سطح وسیعی از صفات مورفومتری بذر، برگ و نونهال‌های جمعیت‌های مختلف بادامک مشاهده شد. بیشترین تنوع صفات بذر، برگ و نونهال به ترتیب مربوط به وزن ۱۰۰ دانه، مساحت برگ و تعداد ساقه بود. Baninasab و Rahemi (۲۰۰۶) در بررسی صفات بذر گونه‌های مختلف بادام از جمله بادامک، بیشترین ضریب تغییرات صفات بذر را در مورد وزن بذر گزارش کردند. Zeinalabedini و همکاران (۲۰۰۷) ضریب تغییرات صفات ریخت‌شناسی مورد بررسی ژرم پلاسما بادام را در دامنه‌ای بین ۵/۸۵ تا ۷۶/۰۶ گزارش کردند که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد.

تکتیر با بذر، ناسازگاری گامتوفیتی و هیبریدهای طبیعی ممکن است که در تنوع صفات جمعیت‌های بادامک و احتمالاً پراکنش گسترده آن نقش داشته باشد و سازگاری با محیط‌های متنوع در این گونه را تضمین کند (Sorkheh et al., 2009). گیاه در تمام زندگی نیازمند به آب است و از آنجا که آب به‌طور ناهمگونی توزیع یافته است، فراوانی یا کمیابی آن در محیط، در صفات برجسته پوشش گیاهی منعکس می‌باشد. در استان فارس، گرادیان خشکی (کاهش

بودن شرایط نهالستان از نظر آب، درجه حرارت و موارد دیگر سبب تغییر الگوهای تخصیص در این جمعیت شده باشد. گیاهان تحت شرایط اقلیمی مختلف به عنوان راهبردی برای دستیابی به حداکثر نرخ رشد، جذب بهینه نور، آب، مواد غذایی و دی‌اکسید کربن، زی‌توده را به اندام‌های مختلف خود اختصاص می‌دهند. بنابراین، مطابق با فرضیه تخصیص بهینه، هنگامی که دسترسی به مواد غذایی و رطوبت افزایش یافت، نهال‌های بادامک منابع کمتری را به سیستم ریشه‌ای و بیشترین تخصیص را به زی‌توده اندام‌های هوایی خود اختصاص دادند (Souza et al., 2014). در نتیجه، باید سازگاری به خشکی در ریشه‌های این جمعیت را در صفات مورفولوژیک دیگرمانند قطر ریشه، تعداد انشعابات، مقدار ریشه‌های فرعی و معماری ریشه مورد توجه قرار داد.

بذرهای نواحی جنوبی و شرقی استان از وزن و ابعاد کوچک‌تری برخوردار بوده و با میانگین بارندگی سالانه همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان دادند. در صورت محدودیت منابع، گیاه ممکن است منابع خود را به تعداد بیشتری بذر با ابعاد کوچک‌تر و یا تعداد کمی بذر با ابعاد بزرگ‌تر اختصاص دهد. به نظر می‌رسد ابعاد کوچک‌تر و وزن کمتر بذرهای بادامک در نواحی خشک‌تر نشان از سازگاری بهتر این گونه بذرها با این گونه شرایط محیطی باشد. بذرهای درشت با نسبت سطح به حجم کوچک‌تر خود به زمان بیشتری برای جذب آب نیاز دارند، اما بذرهای کوچک‌تر قادر به جذب حداکثر میزان آب در زمان کمتری هستند. کاهش زمان آبیگری در این بذرها در امر جوانه‌زنی یک مزیت محسوب شده و سبب جوانه‌زنی سریع‌تر بذر و استفاده نهال از شرایط رطوبتی خاک قبل از مواجهه با خشکی خواهد شد. همچنین، بذرهای کوچک‌تر با احتمال بیشتری در خردرویشگاه‌های واقع در رویشگاه قرار گرفته و این خردرویشگاه‌ها اغلب سبب ارتقاء جذب آب شده و خشک شدن بذر را به حداقل می‌رسانند (Fenner & Thompson, 2005).

جهت تغییر فراوانی آللی‌لوکوس‌های کنترل‌کننده صفات مرتبط با سازگاری و تناسب عمل کرده است. تمایزهای ژنتیکی مقاومت به خشکی در گونه‌های درختی با دامنه پراکنش گسترده جغرافیایی مشاهده شده است. Kundu و Tigerstedt (۱۹۹۷) با بررسی روابط صفات بذر، برگ و نونهال‌های درخت چریش (*Azadirachta indica*) با عوامل ژئوکلیماتیک به این نتیجه رسیدند که نهال‌های آن در مراحل اولیه رشد و استقرار در مواجهه با کمبود آب از سازوکارهای سازشی استفاده می‌کنند. گیاهان دامنه گسترده‌ای از سازگاری‌ها را در کمبود و نقصان آب نشان می‌دهند. کاهش سطح برگ، افزایش تراکم و طول ریشه از با اهمیت‌ترین و رایج‌ترین ویژگی‌های سازگاری به خشکی در گیاهان هستند (Farooq et al., 2012). تنش‌های اقلیمی ناشی از بارندگی سالانه کمتر در حدود پراکنش جنوبی و شرقی بادامک در استان فارس نشان از آن دارد که برگ‌های کوچک‌تر درختان مادری و نونهال‌ها، روشی برای سازگاری با شرایط اقلیمی این نواحی است. میانگین تعداد برگ نونهال‌ها در جمعیت‌های نواحی جنوبی‌تر استان بیشتر و بیشترین تعداد برگ و ساقه در نونهال‌های جمعیت خنج شمارش شد. با این وجود، کمترین ابعاد برگ نیز مربوط به این جمعیت بود. کاهش سطح و نسبت طول به محیط برگ به گیاه اجازه می‌دهد که گرما و رطوبت بیشتری را انتقال دهد. بنابراین، در محیط‌های آفتابی و تنش‌زا برگ‌های کوچک تنش‌های گرمایی کمتری را متحمل می‌شوند (Pyakurel & Wang, 2014). ابعاد کوچک‌تر برگ‌های جمعیت‌های بادام در نواحی خشک‌تر دامنه پراکنش و همبستگی مثبت ابعاد برگ با میانگین بارندگی سالانه در پژوهش‌های پیشین گزارش شده است (Sorkheh et al., 2009; Khadivi-Khub & Anjam, 2014). جمعیت خنج به‌رغم قرار گرفتن در خشک‌ترین رویشگاه مورد مطالعه، از کمترین طول ریشه اصلی برخوردار بود. انتظار می‌رفت که با توجه به خشکی بیشتر در این رویشگاه، نهال‌های بادامک برای دسترسی به رطوبت خاک از طول ریشه اصلی بیشتری برخوردار باشند، اما به نظر می‌رسد بهینه

جغرافیایی خود از یکدیگر متمایز شده‌اند. مطالعات بر مبنای نشانگرهای ISSR در جمعیت‌هایی از بادامک واقع در نقاط مختلفی از ایران نیز نشان از آن داشت که جمعیت‌های آن از نظر خصوصیات ملکولی، پلی‌مرفیسم آلی و هتروزیگوستی به‌طور معنی‌داری با یکدیگر متفاوت و توسط مسافت از یکدیگر قابل تفکیک بودند ( Noormohammadi *et al.*, 2013).

در پژوهش پیش‌رو، ارتفاع نونهال‌ها از شرق به غرب افزایش و ابعاد برگ‌های آن‌ها از شمال به جنوب کاهش یافت و این بدان معنی است که در مرحله نونهالی، گیاه تنوع جغرافیایی دوسویه‌ای را با عرض و طول جغرافیایی نشان می‌دهد، اما تأثیر عرض جغرافیایی بر تنوع مشاهده شده به‌مراتب بیشتر از طول جغرافیایی بود. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان استنباط کرد که همبستگی میان بعضی از صفات بذری، برگ و نونهال با عرض جغرافیایی، میانگین بارندگی سالانه و میانگین درجه حرارت سالانه نشان از اعمال فشارهای گزینشی ناشی از افزایش خشکی و احتمالاً منعکس‌کننده گزینشی برای رشد رویشی آهسته‌تر بعضی از این صفات داشت. چنین سازوکارهایی را می‌توان به‌عنوان تمهیداتی در برابر تنش‌های ناشی از خشکی قلمداد کرد. با توجه به قرار گرفتن ایران بر روی کمربند خشکی و روند تغییرات اقلیمی که موجب تشدید شرایط خشکی خواهد شد، انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی ازجمله بهترین رویکردها برای افزایش زنده‌مانی، رشد و سلامتی درختان در جنگل‌کاری‌ها و سایر موارد است. با این وجود، صفات مقاومت به خشکی در گیاهان متنوع بوده و تنوع ویژگی‌های رویشگاه‌ها نیز انتخاب مناسب‌ترین پرووانس‌ها را برای رویشگاه‌های خشک با چالش مواجه می‌کند. بنابراین، تلفیق مطالعات ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و ملکولی سبب تسهیل در امر گزینش بهترین پرووانس‌ها برای رویشگاه‌های مورد نظر خواهد شد.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، جمعیت‌های واقع در شمال غرب و جنوب دامنه پراکنش بادامک در استان فارس را به‌خوبی از یکدیگر تفکیک کرد. صفاتی مانند تعداد برگ، تعداد ساقه و صفات برگ نونهال‌ها و همچنین صفات مربوط به بذری بیشترین سهم را در تفکیک جمعیت‌ها داشتند. نمودار درختی حاصل از تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌ها (شکل ۳) نشان از همبستگی خوب تنوع ریخت‌شناسی مشاهده شده و پراکنش جغرافیایی گونه داشت. بیشترین اختلاف بین جمعیت‌های خنج واقع در منطقه رویشی خلیج و عمانی و مرودشت واقع در منطقه رویشی زاگرس مشاهده شد. این موضوع می‌تواند به‌دلیل مسافت جغرافیایی زیاد و شرایط اقلیمی بسیار متفاوت این دو جمعیت باشد. فواصل به‌نسبت کوتاه بین جمعیت‌ها اجازه مهاجرت ژنی توسط گرده و بذری را فراهم کرده و به‌طور معمول این امر مانع از تمایز ژنتیکی معنی‌دار جمعیت‌ها می‌شود. از سویی، شرایط اقلیمی به‌نسبت مشابه‌تر در این جمعیت‌ها، فشارهای گزینشی به‌تقریب یکسانی را بر بیشتر صفات ریخت‌شناسی اعمال می‌کند که این موضوع در نتایج تجزیه خوشه‌ای جداگانه جمعیت‌ها و درختان مادری درون جمعیت‌ها به‌خوبی مشهود بود، به‌طوری‌که جمعیت‌های فواصل جغرافیایی نزدیک‌تر در خوشه‌های مشابه قرار گرفتند. روندی مشابه با نتایج این پژوهش در جمعیت‌های دیگری از گستره پراکنش وسیع بادامک گزارش شده است ( Khadivi-Khub & Anjam, 2014).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای تشابه‌های به‌نسبت خوبی را نشان دادند و جمعیت‌ها را به چهار گروه اصلی طبقه‌بندی و تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه صفات بذری، برگ و نونهال را در بادامک برجسته و مشخص کردند (شکل‌های ۲ و ۳). مفهوم پرووانس در جنگل‌داری برای نشان دادن خاستگاه مواد کاشتی است که به‌دلیل فرایندهای تکاملی به‌طور مشخصی از یکدیگر متمایز هستند. این مفهوم برای توضیح نتایج تجزیه خوشه‌ای در این پژوهش مناسب است. خوشه‌های یک تا چهار ممکن است که پرووانس‌های واقعی باشند، چون به میزان زیادی بر مبنای خاستگاه

- using multivariate analysis. *Plant Systematics and Evolution*, 300(6): 1361-1372.
- Kundu, K. and Tigerstedt, P.M.A., 1997. Geographical variation in seed and seedling traits of neem *Azadirachta indica* A. Juss. among ten populations studied in growth chamber. *Silvae Genetica*, 46(2): 129-137.
  - Marron, N., Dillen, S.Y. and Ceulemans, R., 2007. Evaluation of leaf traits for indirect selection of high yielding poplar hybrids. *Environmental and Experimental Botany*, 61: 103-116.
  - Montazeri, M., Ghahari, G.R. and Negahdar-Saber, M.R., 2015. Identify vegetative climatic zones in Fars province with emphasis on the spread of pistachio forests. *Applied Climatology*, 1: 73-86 (In Persian).
  - Morgenstern, E.K., 1996. Geographic variation in forest trees: genetic basis and application of knowledge in silviculture. UBC Press, Vancouver, 209p.
  - Nikoumanesh, K., Ebadi, A., Zeinalabedini, M. and Gogorcena, Y., 2011. Morphological and molecular variability in some Iranian almond genotypes and related *Prunus* species and their potentials for rootstock breeding. *Scientia Horticulturae*, 129: 108-118.
  - Noormohammadi, Z., Sheidai, M., Mahdavi-poor, Z. and Mehdigholi, K., 2013. Structure and reticulation analysis of genetic diversity in *Prunus scoparia* populations. *Annales Botanici Fennici*, 50(5): 327-336.
  - Pyakurel, A. and Wang, J.R., 2014. Leaf morphological and stomatal variations in paper birch populations along environmental gradients in Canada. *Biomedical and Life Sciences*, 5: 1508-1520.
  - Rahemi, A., Fatahi Moghaddam, M.R., Ebadi, A., Taghavi, T. and Hassani, D., 2011. Fruit characteristics of some wild almonds in Iran. *Seed and Plant Improvement Journal*, 27(4): 459-481 (In Persian).
  - Rawat, K. and Bakshi, M., 2011. Provenance variation in cone, seed and seedling characteristics in natural populations of *Pinus wallichiana* A. B. Jacks (Blue Pine) in India. *Annals of Forest Research*, 54(1): 39-55.
  - Rieger, M., Lo Bianco, R. and Okie, W.R., 2003. Responses of *Prunus ferganensis*, *Prunus persica* and two interspecific hybrids to moderate drought stress. *Tree Physiology*, 23(1): 51-58.
  - Sabeti, H., 2008. *Forests, Trees and Shrubs of Iran*. Published by Yazd University, Yazd, 940p (In Persian).

## References

- Abutaba, Y., Eldoma, A. and Mohamed, S.M., 2015. Variations in nursery seedlings growth performance of *Azadirachta indica* provenances in Sudan. *Journal of Agriculture and Natural Resources Sciences*, 2(2): 475-479.
- Baninasab, B. and Rahemi, M., 2006. Evaluation of three wild species of almond on the basis of their morphological characters. *Journal of Central European Agriculture*, 7: 619-626.
- Bordbar, K., Sagheh-Talebi, Kh., Hamzehpour, M., Joukar, L., Pakparvar, M. and Abbasi, A.R., 2010. Impact of environmental factor on distribution and some quantitative characteristics of Manna oak in Fars province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18: 390-404 (In Persian).
- Cai, N., Xu, Y., Chen, S., He, B., Li, G., Li, Y. and Duan, A., 2016. Variation in seed and seedling traits and their relations to geo-climatic factors among populations in Yunnan Pine (*Pinus yunnanensis*). *Journal of Forestry Research*, 27(5): 1009-1017.
- Espahbodi, K., Mirzaie-Nodoushan, H., Tabari, M., Akbarinia, M. and Dehghan Shooraki, Y., 2007. Investigation of genetic variation of wild service *Sorbus torminalis* (L.) Crantz, using morphological analysis of fruits and leaves. *Pajouhesh-va-Sazandegi*, 72: 44-57 (In Persian).
- Fadavi, G., Mohammadifar, M., Zargarran, A., Mortazavian, A.M. and Komeili, R., 2014. Composition and physicochemical properties of Zedo gum exudates from *Amygdalus scoparia*. *Carbohydrate Polymers*, 3011: 1074-1080.
- Farhoosh, R. and Tavakoli, J., 2008. Physicochemical properties of kernel oil from *Amygdalus scoparia* growing wild in Iran. *Journal of Food Lipids*, 15(19): 433-443.
- Farooq, M., Hussain, M., Wahid, A. and Siddique, K.H., 2012. Drought stress in plants: an overview. *plant responses to drought stress. Agronomy for Sustainable Development*, 29(1): 185-212.
- Fenner, M., and Thompson, K., 2005. *Ecology of Seed*. Cambridge University Press, Cambridge, 250p.
- Fornah, Y., Brima, S., Otesile, A., Ernest, A. and Kamara, G., 2017. Effects of provenance and seed size on germination, seedling growth and physiological traits of *Gmelina arborea*. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 7(1): 28-34.
- Gharaghani, A. and Eshghi, S., 2015. *Prunus scoparia*, a potentially multi-purpose wild almond species in Iran. *Acta Horticulturae*, 1074: 67-72.
- Khadivi-Khub, A. and Anjam, K., 2014. Morphological characterization of *Prunus scoparia*

- Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). American Journal of Plant Sciences, 5: 2566-2573.
- Sudrajat, D., 2016. Genetic variation of fruit, seed, and seedling characteristics among 11 populations of white jabor in Indonesia. Forest Science and Technology, 12(1): 9-15.
  - Vafadar, M., Attar, F., Maroofi, H. and Aghabeigi, F., 2008. Leaf anatomical study of the genus *Amygdalus* L. (Rosaceae) in Iran and its taxonomical implication. Iranian Journal of Botany, 14(2): 143-155.
  - Zeinalabedini, M., Majourhat, K., Khayam-Nekoui, M., Grigorian, V., Torchi, M., Dicenta, F. and Martínez-Gómez, P., 2007. Comparison of the use of morphological, protein and DNA markers in the genetic characterization of Iranian wild *Prunus* species. Scientia Horticulturae, 116: 80-88.
  - Sedaghat, N. and Pazhouhanmehr, S., 2014. The evaluation of the quality properties of kernel oil from *Amygdalus scoparia* growing wild in Iran under different storage conditions and packaging. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 43(11): 11-23 (In Persian).
  - Shu, X., Yang, X. and Yang, Z., 2012. Variation in seed and seedling traits among fifteen chinese provenances of *Magnolia officinalis*. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 40(2): 274-283.
  - Sorkheh, K., Shiran, B., Rouhi, V., Asadi, E., Jahanbazi, H., Moradi, H., Gradziel, T.M. and Martínez-Gómez, P., 2009. Phenotypic diversity within native Iranian almond *Prunus* spp. species and their breeding potential. Genetic Resources and Crop Evolution, 56(8): 947-961.
  - Souza, M.L. and Fagundes, M., 2014. Seed size as key factor in germination and seedling development of

## Geographic variation in seed, leaf and seedling traits of wild almond (*Amygdalus scoparia* Spach.) in Fars province

M. Babaeiyan<sup>1</sup>, D. Azadfar<sup>2\*</sup>, M.H. Pahlevani<sup>3</sup>, Z. Saeedi<sup>4</sup> and M.H. Arzanesh<sup>5</sup>

1- Ph.D. Student, Forest Sciences, Department of Silviculture and Forest Ecology , Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

2\* - Corresponding author, Associate Prof., Department of Silviculture and Forest Ecology , Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: azadfar.d@gmail.com

3- Associate Prof., Department of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

4- Ph.D., Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

5- Assistant Prof., Research Division of Soil and Water, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran

Received: 01.02.2018

Accepted: 24.03.2018

### Abstract

Knowledge about geographic variation within the native range of forest tree species is the logical first step in genetic studies. Wild almond (*Amygdalus scoparia* Spach.) is a multi-purpose species with a widespread geographic distribution in most of the vegetation regions of Iran. In order to study the geographic variation of wild almond, nineteen biometric features of seed, leaf and seedling from seven natural population of this species in Fars province were measured. Significant differences were observed among the populations for all of the studied characteristics. Hundred seed weight, leaf area and number of stems showed maximum variation among the studied traits. Seed traits presented a significant positive correlation in terms of mean annual rainfall. Correlation analyses between biometric traits and geoclimatic factors indicated the existence of clinal variation in some seed, leaf and seedling traits. Seedling leaf morphometric (dimension) traits decreased gradually from north to south populations; while seedling height declines from east to west populations. That means the geographic variation of the plant at the seedling stages reveals a two-way variation with the latitude and longitude. Principal component analysis (PCA) and cluster analysis of data revealed four distinct groups of populations, and separated populations of high rainfall area from that of lower rainfall area. Results also revealed that *A. scoparia* uses adaptive strategies in response to water deficit.

**Keywords:** Biometric traits, clinal variation, intra-specific variation, provenance.