مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال شانزدهم، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۳
ص ۲۸۹-۲۷۳
مقاله پژوهشی

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22034/ijf.2024.418701.1952

تغییرپذیری صفات بذر، نهال و درختچه‌های مادری بادامک در جمعیت‌های مختلف رویشگاه‌های استان اصفهان

سهیل سهیلی اصفهانی[۱]، داود آزادفر[۲]، علیرضا علی عرب[۲*]، حجت‌الله سعیدی[۳]، محمدهادی پهلوانی[۴]، زهره سعیدی[۵] و مسعود بابائیان[۵]

[۱]دانشجوی دکتری علوم جنگل گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل دانشکدهٔ علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان،ایران.
[۲]دانشیار گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل دانشکدهٔ علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
[۳]دانشیار گروه زیست‌شناسی گیاهی و جانوری دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.
[۴]دانشیار دانشکدهٔ تولیدات گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
[۵]دانش‌آموخته دورهٔ دکتری گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل دانشکدهٔ علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۱)

چکیده

مقدمه: بادامک (*Amygdalus scoparia* Spach) گونهٔ جنگلی بسیار مهم بومی با دامنهٔ پراکنش گسترده در نواحی خشک و نیمه‌خشک ایران است. با توجه به اینکه بررسی تغییرات جغرافیایی صفات ریخت‌شناسی این گونه در محدوده‌های پراکنش طبیعی آن، گام مهمی در پژوهش‌های ژنتیکی و حفاظت از این منابع جنگلی محسوب می‌شود، تحقیق حاضر برنامه‌ریزی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تغییرات جغرافیایی صفات ابعاد این گونه، ده جمعیت طبیعی شاخص بادامک از سطح استان با پراکنش و شرایط اکولوژیک متفاوت انتخاب شد و در هر جمعیت، ۲۱ تا ۲۵ اصله درختچهٔ مادری بادامک مشخص و بذرهای هر پایه، از چهار جهت تاج جمع‌آوری شد. برای تعیین وزن صد دانهٔ بذر، از هر پایه ۴۰۰ بذر به‌طور تصادفی انتخاب و وزن تر، خشک و ابعاد بذرها اندازه‌گیری شد. برای بررسی صفات برگ، ۲۰ برگ سالم و گسترش‌یافته انتخاب و صفات ظاهری آنها شامل طول، عرض، مساحت و محیط پهنک اندازه‌گیری شد. به‌طور تصادفی ۱۰ درختچهٔ مادری از هر جمعیت انتخاب شد و پس از آماده‌سازی بذرها برای جوانه‌زنی با استفاده از طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار، بذرها در نهالستان کاشته شد. در این طرح آزمایشی ۱۰۰ پایه مادری به‌عنوان ۱۰۰ ژنوتیپ به‌طور تصادفی در هر بلوک قرار گرفت و به‌ازای هر پایهٔ مادری، ۱۰ بذر در یک ردیف ده‌تایی در گلدان‌های پلی‌اتیلنی کاشته شد. در پایان دورهٔ رویش تعداد برگ، ساقه و شاخهٔ نونهال‌ها، طول و قطر ساقه، طول ریشهٔ اصلی هر نهال و نیز ارتفاع نهال‌ها و قطر یقه اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: براساس نتایج، در همهٔ صفات، تفاوت‌های معنی‌داری بین جمعیت‌ها مشاهده شد. وزن صد دانه، مساحت برگ و تعداد ساقه بیشترین تغییرات را بین صفات نشان دادند. در مناطق خشک‌تر نسبت به نواحی مرطوب‌تر، وزن و اندازهٔ بذر کمتر بود و برگ‌ها نیز کوچک‌تر بودند. این پژوهش نشان داد که از بین صفات تحت بررسی، عرض بذر همبستگی بیشتری با وزن بذر دارد. همچنین با افزایش طول جغرافیایی و کاهش بارندگی و نیز افزایش درجهٔ حرارت از غرب به شرق اصفهان از ارتفاع نهال‌ها کاسته شد. افزون‌بر این، ارتفاع نونهال‌های بادامک از شرق به غرب استان اصفهان افزایش و ابعاد برگ‌ها از شمال به جنوب کاهش یافت؛ یعنی گیاه در مرحلهٔ نونهالی تنوع جغرافیایی دوسویه‌ای با عرض و طول جغرافیایی نشان می‌دهد، اما تأثیر عرض جغرافیایی بر تنوع مشاهده‌شده به‌مراتب بیشتر از طول جغرافیایی است.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این پژوهش نشان‌دهندهٔ تفاوت‌های معنی‌دار در گسترهٔ وسیعی از صفات ریخت‌شناسی بذر، درختچه‌های مادری، برگ و نهال‌های حاصل از جمعیت‌های طبیعی بادامک استان اصفهان است.

با توجه به این مطلب ضمن تأکید بر لزوم توجه به مبدأ بذر در عملیات جنگلکاری با این گونه، می‌توان گفت گونهٔ بادامک توانایی زیادی در تطابق یافتن با شرایط محیطی رویشگاه‌های استان اصفهان دارد.

واژه‌های کلیدی: تنوع جغرافیایی، ژنوتیپ، شرایط اکولوژیک، صفات ریخت‌شناسی.

* نویسندهٔ مسئول
شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۲۷۸۱۴۷۰
ایمیل: aliarab@gau.ac.ir

مقدمه

بادامک (*Amygdalus scoparia* Spach) گونهٔ بومی ایران و آسیای مرکزی است (Mozafarian, 2019). این گونهٔ چندمنظوره و پیشگام از جنبه‌های مختلفی مانند ایجاد پوشش به‌منظور جلوگیری از فرسایش خاک (Eshghi & Gharaghani, 2015)، برخورداری از منبع ژرم‌پلاسمی غنی برای اصلاح بادام خوراکی (Sorkheh et al., 2009)، کاربرد در تولید صمغ (Fadavi et al., 2014)، روغن (Farhoosh & Tavakoli, 2008)، عسل، تنقلات و خوراکی (Sedaghat, 2014 & Pazhouhanmehr) و کاربرد به‌عنوان مادهٔ خام برای صنایع مختلف (Rieger et al., 2003) مورد توجه بوده است. گونه‌های گیاهی مثل بادامک که در محدوده‌های وسیعی از مناطق استپی و ارتفاعات نیمه‌خشک ایران در دامنه‌های زاگرس و استان‌های مختلف شامل فارس، اصفهان، یزد، مرکزی، قم، کرمان، خراسان جنوبی، هرمزگان، بوشهر و به‌طور پراکنده در مناطقی از استان‌های گلستان (مراوه‌تپه)، البرز (کوه‌های اطراف کرج)، تهران (سیاه‌کوه)، و بلوچستان (بزمان) پراکنش داشته و به‌طور طبیعی در محیط‌های اکولوژیک متفاوتی رویش دارند (Sabeti, 1994; Javidfar et al., 2017, Batooli, 2020)، تحت تأثیر شرایط اقلیمی و خاکی متنوع، رژیم‌های آشفتگی متفاوت و همچنین اثرهای متقابل ناهمگون و پیچیدهٔ موجودات زندهٔ اکوسیستم، ناگزیر برای تجدید حیات و بقای نسل خویش با شرایط محیطی مختلف سازگاری می‌یابند و به‌تدریج جمعیت‌های تمایزیافتهٔ ژنتیکی در رویشگاه‌های مختلف آن تشکیل می‌شود (Gharaghani & Eshghi, 2015). این تمایزهای ژنتیکی از الگوهای تنوع محیطی پیروی می‌کنند و به شیوه‌های مختلف فنولوژیک، ریخت‌شناسی فیزیولوژیک، مولکولی و بیوشیمیایی بروز می‌یابند و آشکار می‌شوند (Abutaba et al., 2015)؛ به‌طوری که با شناخت این الگوها و بهره‌گیری از ظرفیت طبیعی هر یک از جمعیت‌های بومی درختان جنگلی، احتمال موفقیت برنامه‌های جنگلکاری و احیای اکولوژیک اراضی تخریب‌شده افزایش می‌یابد؛ بدین سبب بررسی تغییرات جغرافیایی صفات رویشی و فنوتیپیک درختان جنگلی از اهمیت خاصی برخوردار است (Kundu & Tigerstedt, 1997). وجود چنین اطلاعاتی در موضوع‌های مختلفی مانند علوم بذر، فیزیولوژی درختان جنگلی، پرورش جنگل و جنگلکاری، انتخاب گونه در اگروفارستری و همچنین حفاظت ژن از اهمیت اساسی برخوردار است (Morgenstern, 1996). از طرفی کاهش سطح جنگل‌های طبیعی در چند دههٔ اخیر، اهمیت جنگلکاری را نمایان‌تر کرده است. موفقیت هر پروژهٔ جنگلکاری نیز به‌طور مستقیم تحت تأثیر دو مرحلهٔ اساسی است: ۱. انتخاب گونه مناسب مطابق با شرایط خاک و اقلیم مورد نظر؛ ۲. رها نکردن طرح و پایش مداوم رشد و عملکرد جنگلکاری (Ebrahimi Ashbella et al., 2022). یکی از اقدامات اساسی در مدیریت منابع جنگلی و عملیات توسعهٔ جنگل، انتخاب مبدأ بذر مناسب برای بذرگیری و تولید نهال درختان جنگلی است. پژوهش‌های مختلفی نشان داده‌اند که ویژگی‌های ظاهری بذر تغییرات مشخصی را در جمعیت‌های مختلف نشان می‌دهند. برای مثال در تحقیقی در خصوص کاج یونانی (*Pinus yunnanensis* Franch.) مشخص شد که اندازهٔ بذر با متغیرهای ژئوکلیماتیک طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، درجهٔ حرارت، بارندگی و مبدأ بذر همبستگی دارد (Cai et al., 2016). در درون یک گونه، صفات بذر، برگ، نهال و نرخ رشد جمعیت‌های مختلف آن متفاوت و تا کنون موضوع پژوهش‌های زیادی بوده است (Bakshi & Rawat, 2011). برگ‌ها نیز از اندام‌های بسیار بااهمیت در زمینهٔ تولید و سازگاری درختان با شرایط محیطی مختلف هستند. تنوع موجود بین ژنوتیپ‌ها و جمعیت‌ها برمبنای ریخت‌شناسی برگ نیز در گونه‌های درختی زیادی از

جمله بارانک (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz) بررسی شده است (Espahbodi et al., 2007). چند پژوهش، شواهدی عالی از اصلاح رشد درخت با گزینش و اصلاح صفات معینی از ریخت‌شناسی، آناتومی و فیزیولوژی برگ ارائه کرده‌اند. برای مثال Nianhui et al. (2016) بیان کردند که اندازهٔ برگ کاج یونانی با متغیرهای ژئوکلیماتیک (طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، درجهٔ حرارت و بارندگی) همبستگی دارد. آنها در بررسی تنوع جغرافیایی صفات برگ و نهال این گونه در کل دامنهٔ پراکنش آن، ۲۲ صفت مختلف نهال‌های این گونه را بررسی کردند. در میان پرووانانس‌ها تفاوت‌های بسیار معنی‌داری از لحاظ جوانه‌زنی، رنگ برگ‌ها در سه تاریخ، رنگ ساقه، درصد تشکیل سوزن‌های ثانویه و جوانه‌های انتهائی، طول سوزن‌ها، آسیب‌های زمستانه، تیپ فعلی جوانه انتهائی، تعداد جوانه‌های جانبی، میزان مرگ‌ومیر سال اول، سوزن‌های اولیه، میزان انحراف تنه و رویش ارتفاع وجود داشت. همچنین بررسی Soheili et al. (2023) در ۱۰ گونه از درختان و درختچه‌های استان ایلام شامل کیکم، ارغوان، زالزالک، زبان‌گنجشک، برودار، چنار، پده، اکالیپتوس، زیتون و خرزهره نشان داد که صفات میکرومورفولوژیک برگ این گونه‌ها، به‌ویژه تراکم روزنه‌ها و کرک‌های برگ، ارتباط معنی‌داری با خصوصیات اقلیمی و شرایط اکولوژیک محل رویش آنها دارد؛ به‌طوری که درختان و درختچه‌های تحت بررسی با استفاده از این ویژگی‌ها می‌توانند با گرمای تابستان، از دست رفتن آب و همچنین فعالیت‌های علفخواری حشرات و دیگر موجودات زنده در اکوسیستم‌های نیمه‌خشک مقابله کنند. کشور ایران از خاستگاه‌های اصلی گونه‌های مختلف بادام‌های وحشی است که تنوع صفات بذر و برگ بعضی از آنها در پژوهش‌های مختلفی بررسی شده است. بیشتر این پژوهش‌ها به مقایسهٔ صفات ریخت‌شناسی بذر و برگ در گونه‌های پرشمار بادام وحشی از جمله بادامک پرداخته‌اند (Nikoumanesh ; Rahemi et al., 2011 Sorkheh et al., 2009;et al., 2011). در پژوهشی تنوع درون‌گونه‌ای صفات ریخت‌شناسی درختان مادری بذر و برگ چندین جمعیت بادامک گردآوری‌شده از سراسر ایران با استفاده از آمار چندمتغیره بررسی شده است (Anjam & Khadivi-khub, 2014). در همهٔ این پژوهش‌ها تنوع فنوتیپی وسیعی در میان گونه‌های مختلف بادام و جمعیت‌های طبیعی بادامک برمبنای صفات بذر و برگ گزارش شده است. با توجه به دامنهٔ پراکنش وسیع بادامک و کارکردهای متعدد این گونه به‌منظور اتخاذ تدابیر لازم برای عملیات اصلاحی، مدیریت تجدید حیات و احیای رویشگاه‌های مخروبه و ارائهٔ راهبردهای حفاظتی برای حفظ جمعیت‌های باارزش آن به پژوهش‌های مبسوطی در زمینهٔ تنوع ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک، فنولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی در گسترهٔ پراکنش رویشگاه‌های طبیعی و جمعیت‌های مختلف آن، نیاز است. این پژوهش سعی دارد با بررسی تعدادی از صفات ریخت‌شناسی بذر، برگ و نهال بادامک حاصل از جمعیت‌های مختلف بادامک مستقر در بخش وسیعی از دامنهٔ پراکنش این گونه در استان اصفهان تأثیر عوامل ژئوکلیماتیک بیشتر رویشگاه‌های مختلف را بر تفاوت‌های ریخت‌شناسی و همچنین ارتباط بین صفات رویشگاهی مبدأ بذر و صفات ریخت‌شناسی تحت بررسی را به‌عنوان پیش‌نیازی برای مدیریت پرورشی و حفاظتی این گونه بررسی کند.

مواد و روش‌ها

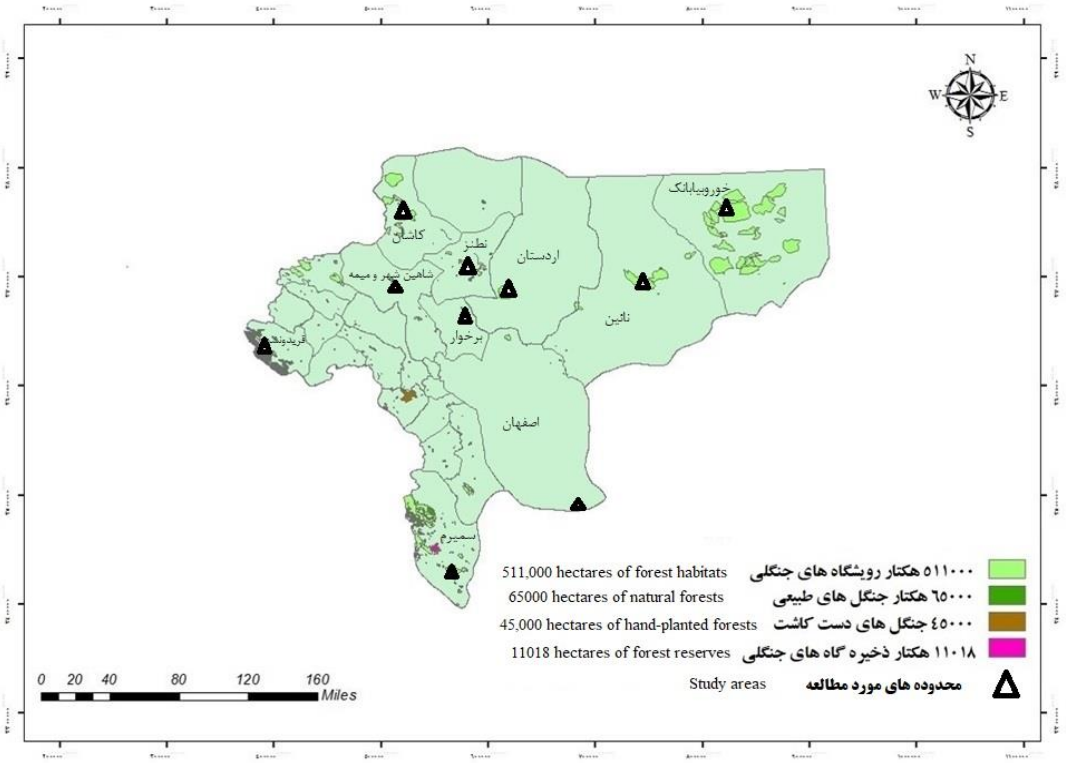
منطقهٔ پژوهش

استان اصفهان از استان‌های مرکزی ایران با مرکزیت شهر اصفهان است و ششمین استان پهناور، سومین استان پرجمعیت و رتبهٔ اول شهرنشینی کشور را دارد (Statistical Center of Iran, 2019). این استان با مساحتی حدود ۱۰۶۷۸۶ کیلومتر مربع بین ۳۰ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۷ دقیقهٔ عرض

شمالی خط استوا و ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۱ دقیقهٔ طول شرقی نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. استان اصفهان از شرق به استان‌های یزد و خراسان جنوبی، از شمال به استان‌های سمنان، قم و مرکزی، از غرب به استان‌های لرستان و چهارمحال و بختیاری و از جنوب به استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و فارس محدود است. از نظر طبیعی این استان از شرق و شمال به دشت کویر و از غرب و جنوب به رشته‌کوه زاگرس محدود است که این موقعیت طبیعی، از یک طرف محدودیت‌ها و از طرف دیگر فرصت‌ها و مزیت‌هایی را برای استان اصفهان فراهم کرده است (Management & Planning Organization of Isfahan Province, 2017). ۲ درصد از مساحت استان اصفهان دارای جنگل است. تیپ بادام-بنه از فراوان‌ترین چشم‌اندازهای جنگلی استان اصفهان است. به‌طور کلی این تیپ مقاومت بهتری در مقابل تغییرات ارتفاعی و تمام عناصر آب‌وهوایی در استان دارد و این مقاومت سبب حضور گستردهٔ آن در بیشتر قسمت‌های استان و اقلیم‌های مختلف شده است (شکل ۱). در استان اصفهان، گونهٔ بادامک در دو ناحیهٔ رویش زاگرسی و ایران و تورانی پراکنش دارد. اغلب رویشگاه‌های بادامک، در محدودهٔ خطوط هم‌باران ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر قرار گرفته است، ولی در نواحی‌ای با بارندگی سالیانه کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر و بیش از ۶۰۰ میلی‌متر نیز وجود دارد. جهت جغرافیایی تأثیر مهمی در پراکنش گونهٔ بادامک دارد و به‌طور معمول تراکم این گونهٔ نورپسند در شیب‌های جنوبی و شرقی نسبت به دامنه‌های شمالی و غربی بیشتر است. دامنهٔ پراکنش گستردهٔ بادامک نشان از حضور آن روی تیپ‌های مختلف خاک دارد و از این لحاظ از کم‌توقع‌ترین گونه‌های جنگلی است و در حال حاضر بذر آن در پروژه‌های جنگلکاری استان استفاده می‌شود. به‌منظور انتخاب جمعیت‌های مورد بررسی با استفاده از تجارب میدانی و گفت‌وگو با متخصصان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی و همچنین ادارهٔ کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان اصفهان، ۱۰ جمعیت شاخص بادامک از استان با پراکنش و شرایط اکولوژیک متفاوت انتخاب و در اواخر بهار ۱۳۹۹ نمونه‌های بذر و برگ درختان آنها جمع‌آوری شد (شکل ۲).

شکل ۱- رویشگاه جنگلی بادامک در استان اصفهان (نطنز)

Figure 1. Wild almond forest habitat in Isfahan province (Natanz)



شکل ۲- پراکنش جغرافیایی جمعیت‌های تحت بررسی بادامک در استان اصفهان

Figure 2. Geographical distribution of the studied populations of wild almond in Isfahan province

شیوهٔ اجرای پژوهش

در هریک از ۱۰ جمعیت تحت بررسی شامل پشتکوه فریدونشهر، ونک سمیرم، زفرهٔ اصفهان، زیادآباد شاهین‌شهر و میمه، گله‌پارهٔ نطنز، قلعه‌تپهٔ بُرخوار، دره‌سهیل نایین، زوارهٔ اردستان، سن‌سن کاشان و بیاضهٔ خور و بیابانک، ۲۱ تا ۲۵ اصله درخت مادری بادامک (در مجموع ۲۳۲ اصله)، با گرده‌افشانی آزاد و با سیمای ظاهری و بذردهی مناسب و همچنین با فاصلهٔ دست‌کم ۱۰۰ متر از یکدیگر (به‌منظور حذف قرابت‌های ژنتیکی) انتخاب و مختصات جغرافیایی آنها به‌وسیلهٔ GPS ثبت شد (جدول ۱). بذرها از چهار طرف تاج هر درختچهٔ مادری به تعداد تقریبی ۱۰۰۰ بذر در اواخر بهار ۱۳۹۹ جمع‌آوری (حدود ۲۳۲ هزار بذر از همهٔ جمعیت‌ها) و پس از جداسازی بخش گوشتی میوه، برچسب‌گذاری و تا زمان کاشت (بهمن ۱۳۹۹) در شرایط دمایی و رطوبتی مناسب (درجهٔ حرارت ۴ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد) نگهداری شد. برای تعیین وزن صد دانهٔ بذر، از بذرهای جمع‌آوری‌شدهٔ هر پایه، ۴۰۰ بذر سالم به‌طور تصادفی انتخاب، به چهار تکرار صدتایی تقسیم و وزنِ تر آنها با ترازوی دیجیتال با دقت یک‌صدم گرم در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (Kundu & Tigerstedt, 1997). برای بررسی ابعاد بذرها از هر پایه ۱۰۰ بذر به‌صورت تصادفی انتخاب و سپس طول، عرض و ضخامت هر بذر با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد (شکل ۳). وزن خشک هر یک از بذرهای این نمونه ۴۸ ساعت پس از قرار دادن بذرها در فویل‌های آلومینیومی برچسب‌دار در آون با دمای ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد، با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (Kundu & Tigerstedt, 1997). برای بررسی صفات برگ، در اواخر بهار و پیش از ریزش برگ‌ها، ۲۰ برگ سالم به‌طور تصادفی از شاخه‌های بیرونی تاج هر درخت و در جهت قطرهای کوچک و بزرگ تاج جمع‌آوری شد و پس از پِرِس و هواخشک کردن، روی کاغذ میلی‌متری نصب و پس از اسکن با اسکنر Kodak با وضوح ۱۰۰dpi، صفات ظاهری هر یک از آنها شامل طول، عرض،

مساحت و محیط پهنک با استفاده از نرم‌افزار فتوشاپ Cs_6 اندازه‌گیری شد. در زمستان ۱۳۹۹، به‌طور تصادفی ۱۰ درختچهٔ مادری از هر جمعیت انتخاب و بذرهای آنها پس از برچسب‌گذاری، به‌منظور شکستن خواب فیزیولوژیک بذر، به‌مدت یک ماه با استفاده از ماسهٔ استریل مرطوب شد. سپس بذرها در یخچال با دمای ثابت ۴ درجهٔ سانتی‌گراد، تحت تیمار لایه‌گذاری سرد و مرطوب قرار گرفتند. پس از آماده‌سازی بذرها برای جوانه‌زنی با استفاده از طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار بذرها در نهالستان کاشته شدند. در این طرح آزمایشی از هر جمعیت، ۱۰ پایهٔ مادری (ژنوتیپ) انتخاب و در مجموعِ کل جمعیت‌ها، ۱۰۰ ژنوتیپ به‌طور تصادفی در هر یک از سه تکرار (بلوک) طرح آزمایشی قرار گرفت. به‌طوری که به‌ازای هر پایهٔ مادری در هر تکرار، یک ردیف ده‌تایی گلدان‌های پلی‌اتیلنی دو کیلوگرمی، حاوی خاک زراعی و کود دامی ضدعفونی‌شده به نسبت ۳:۱ آماده شد و در بهمن ۱۳۹۹ در هر گلدان یک بذر و به‌صورت کلی ۳۰۰۰ بذر (در مجموع سه تکرار) کاشته شد. در پایان دورهٔ رویش (دی ۱۴۰۰)، تعداد برگ، ساقه و شاخهٔ نونهال‌ها و همچنین طول و قطر ساقه و طول ریشهٔ اصلی هر نهال یکساله اندازه‌گیری شد. ارتفاع نهال‌ها با استفاده از خط‌کش فلزی با دقت ۱ میلی‌متر و قطر یقه با کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل آماری، داده‌های صفت‌های برگ، بذر و نهال‌ها در نرم‌افزار اکسل ثبت شد و برای بررسی نرمال بودن داده‌ها و همگن بودن واریانس‌ها، محاسبهٔ شاخص‌های آماری، ضریب‌های همبستگی سادهٔ پیرسون، آنالیز واریانس، مقایسهٔ میانگین‌ها (t-test) و رسم نمودارهای آماری از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹) استفاده شد. داده‌های هواشناسی از ایستگاه سینوپتیک فرودگاهی شرق اصفهان (قهاب شمالی)، ایستگاه اقلیم‌شناسی خودکار زوارهٔ اردستان، ایستگاه سینوپتیک تمام‌خودکار نایین، ایستگاه سینوپتیک خودکار خور و بیابانک، ایستگاه سینوپتیک خودکار سمیرم، ایستگاه سینوپتیک خودکار فریدون‌شهر، ایستگاه سینوپتیک خودکار کاشان، ایستگاه سینوپتیک میمه، ایستگاه سینوپتیک خودکار نطنز و ایستگاه اقلیم‌شناسی خودکار دولت‌آباد بُرخوار استخراج شد (جدول ۱).

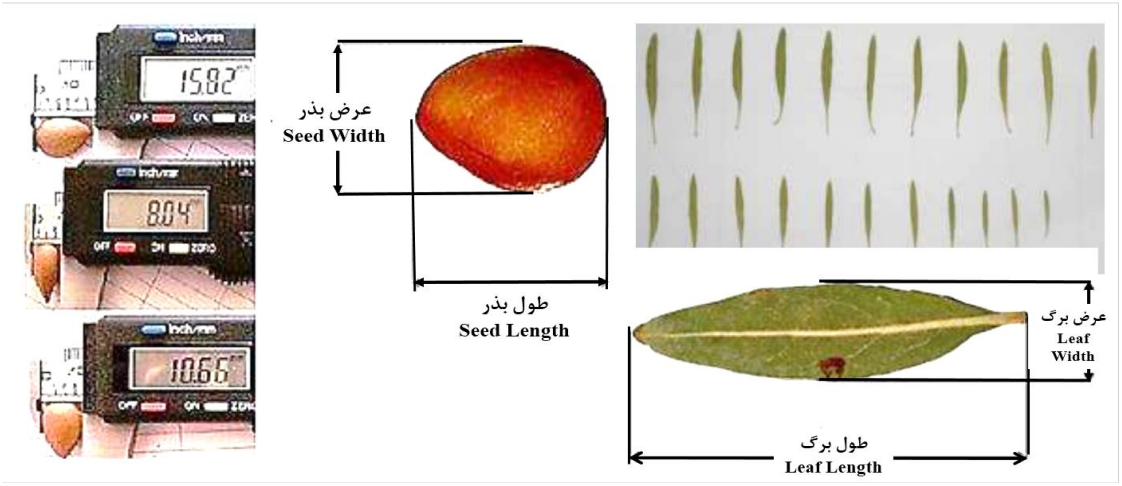
جدول ۱- مشخصات ژئوکلیماتیک جمعیت‌های بادامک و تعداد درختچه‌های مادری در هر جمعیت

Table 1. Geoclimatic characteristics of wild almond populations and the number of parent shrubs examined in each population

جمعیت Population	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude above sea level (m)	میانگین بارندگی سالیانه (میلی‌متر) Average annual rainfall (mm)	میانگین دمای سالیانه (درجهٔ سانتی‌گراد) Average annual temperature (°C)	تعداد درختچه‌های مادری The number of parent shrubs
فریدونشهر Fereydonshahr	32.56	50.7	2590	586	11	21
سمیرم Semirom	31.51	51.17	2400	360	10	25
اصفهان Isfahan	32.72	52.67	2078	68	26	25
شاهین‌شهر Shahinshahr	33.45	51.16	2005	120	21	25
نطنزNatanz	33.30	51.25	1610	150	18	21
بُرخوار Borkhar	32.87	51.57	1595	110	19	16
نایین Naein	32.30	52.35	1580	100.8	18.7	25
اردستان Ardestan	33.37	52.37	1238	110	27	24
کاشان Kashan	33.98	51.58	982	116	28	25
خور و بیابانک Khor va Biabanak	33.89	54.61	837	75	20	25

میانگین بارندگی سالانه و میانگین دمای سالانه با استفاده از آمار بیست‌سالهٔ (۱۳۹۵ - ۱۳۷۵) نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی به مناطق تحت بررسی برآورد شد

Average annual rainfall and average annual temperature were estimated using 20-year statistics (1996-2016) of the closest meteorological stations to the study areas



شکل ۳- اندازه‌گیری ابعاد بذر (طول، ضخامت و عرض) و صفات ظاهری برگ‌های بادامک

Figure 3. Measurement of seed dimensions (length, thickness and width) and morphological characteristics of wild almond leaves

نتایج

ابعاد بذر

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که بین جمعیت‌های بادامک استان اصفهان از نظر همهٔ صفات ابعاد بذر در سطح اطمینان ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که جمعیت خور و بیابانک از نظر وزن صد دانه و طول بذر و همچنین جمعیت شاهین‌شهر از نظر وزن صد دانه، عرض و قطر بذر بیشترین میانگین را به خود اختصاص دادند. به‌طوری که وزن صد دانهٔ بذرهای تحت بررسی در جمعیت خور و بیابانک به بیشترین مقدار خود در بین جمعیت‌های تحت بررسی (۶۱/۴۳ گرم) می‌رسد که این مقدار با ۴۷/۷۶ درصد کاهش در جمعیت اصفهان به کمترین حد خود رسیده است. همچنین عرض و قطر بذرهای تحت بررسی در جمعیت شاهین‌شهر (به‌ترتیب با مقادیر ۱۰/۶۷ و ۷/۸۳ میلی‌متر) بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است و این مقادیر در جمعیت فریدون‌شهر به‌ترتیب با کاهش ۲۲/۶۸ و ۱۳/۶۷ درصدی به حداقل مقدار خود (به‌ترتیب ۸/۲۵ و ۶/۷۶ میلی‌متر) می‌رسند. افزون‌بر این، بررسی میانگین طول بذرهای بادامک جمعیت‌های تحت بررسی نشان داد که جمعیت خور و بیابانک از بیشترین طول بذر برخوردار است که این مقدار با ۲۸/۴۱ درصد کاهش در جمعیت‌های سمیرم و نایین به حداقل (۱۱/۷۴ میلی‌متر) می‌رسد. بیشترین ضریب تغییرات مربوط به وزن صد دانه و کمترین آن مربوط به قطر بذر است (جدول ۲).

ابعاد برگ

آنالیز واریانس نشان داد که از نظر همهٔ صفات ابعاد برگ بین جمعیت‌های بادامک استان اصفهان در سطح اطمینان ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۳). نتایج مقایسهٔ میانگین صفات ابعاد برگ همچنین نشان داد که جمعیت درختان بادامک اصفهان از نظر همهٔ صفات برگ، شامل طول، عرض، محیط و سطح برگ (به‌ترتیب با مقادیر ۲/۳۴، ۰/۳۳ و ۵/۱۴ سانتی‌متر و ۰/۴۶ سانتی‌متر مربع) کمترین مقادیر را به خود اختصاص داده است. جمعیت بادامک فریدون‌شهر نیز همانند جمعیت اصفهان از نظر میانگین طول، عرض و محیط برگ (به‌ترتیب با مقادیر ۲/۳۳، ۰/۳۲ و ۵/۱۳ سانتی‌متر) به‌طور معنی‌داری کمتر از دیگر جمعیت‌های تحت بررسی است. جمعیت سمیرم با اینکه از حداقل میانگین طول، سطح و محیط برگ در بین جمعیت‌های استان اصفهان برخوردار است، بیشترین میانگین عرض برگ (۰/۶۱ سانتی‌متر) را نیز به خود اختصاص داده است (جدول ۳). همچنین مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که برگ درختان جمعیت خور و بیابانک از نظر میانگین

طول، سطح و محیط برگ و برگ درختان جمعیت کاشان از نظر طول و محیط برگ به‌طور معنی‌داری بیشتر از دیگر جمعیت‌های تحت بررسی قرار داشت (جدول ۳). بررسی تفاوت عددی مقادیر بیشینه و کمینهٔ میانگین صفات برگ درختان بادامک نشان می‌دهد که بیشترین دامنهٔ تغییرات ابتدا در مساحت برگ (۶۶/۹۱ درصد)، سپس در طول برگ (۵۰/۶۴ درصد)، عرض برگ (۴۷/۵۴ درصد) و در نهایت محیط برگ (۳۹/۵۸ درصد) ملاحظه می‌شود. بیشترین ضریب تغییرات مربوط به مساحت برگ و کمترین آن مربوط به طول برگ است.

جدول ۲- مقایسهٔ میانگین ابعاد بذر در جمعیت‌های بادامک استان اصفهان

Table 2. Comparison of the average seed size in populations of wild almond in Isfahan province

جمعیت‌های تحت بررسی Study Populations	وزن صد دانه 100 seeds weight (gr)	عرض بذر Seed width (mm)	طول بذر Seed length (mm)	قطر بذر Seed diameter (mm)
فریدون‌شهر Fereydounshahr	36.24 c	8.25 f	13.75 e	6.76 f
برخوار Borkhar	34.65 c	8.70 e	11.76 g	6.89 e
سمیرم Semirom	33.19 d	8.28 f	11.74 g	6.77 f
خور و بیابانک Khor va biabanak	61.43 a	10.53 b	16.4 a	8.15 b
شاهین‌شهر Shahinshahr	57.98 a	10.67 a	14.47 c	7.83 a
اردستان Ardestan	47.81 b	9.73 d	14.19 d	7.66 c
کاشان Kashan	48.31 b	8.62 e	14.71 b	7.39 d
نطنز Natanz	35.24 c	8.62 e	13.74 e	6.94 e
نایین Naein	32.68 c	8.70 e	11.74 g	6.89 e
اصفهان Isfahan	32.09 c	8.35 f	12.39 f	6.78 f
آمارهٔ F F-value	47.44**	1435.84**	1508.08**	1059.07**
معنی‌داری Significance	0.000	0.000	0.000	0.000
ضریب تغییرات CV	19.686	9.943	9.905	8.134

**معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد. میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک‌اند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

** Significance at the 99% level, Mean of each column that have same letters do not have a statistically significant difference at the 5% probability level

جدول ۳- مقایسهٔ میانگین صفات ابعاد برگ درختچه‌های مادری در جمعیت‌های بادامک استان اصفهان

Table 3. Comparison of the average traits of leaf dimensions of parent shrubs in wild almond populations of Isfahan province

جمعیت‌های تحت بررسی Study Populations	طول برگ leaf length (cm)	عرض برگ leaf width (cm)	محیط برگ leaf diameter (cm)	مساحت برگ leaf area (cm^2)
فریدون‌شهر Fereydounshahr	2.33 d	0.32 d	5.13 d	0.83 d
برخوار Borkhar	3.28 bc	0.51 bc	7.29 bc	0.78 d
سمیرم Semirom	2.35 d	0.61 a	5.14 d	0.46 e
خور و بیابانک Khor va biabanak	3.88 a	0.53 b	8.49 a	1.39 a
شاهین‌شهر Shahinshahr	3.42 b	0.49 bc	7.51 b	0.94 bc
اردستان Ardestan	3.41 b	0.48 c	7.53 b	0.92 c
کاشان Kashan	4.72 a	0.52 b	8.15 a	1.01 b
نطنز Natanz	3.20 c	0.49 bc	7.05 c	0.83 d
نایین Naein	3.26 bc	0.51 bc	7.29 bc	0.78 d
اصفهان Isfahan	2.34 d	0.33 d	5.14 d	0.46 e
آمارهٔ F F-value	69.44**	78.58**	79.88**	111.3**
معنی‌داری Significance	0.000	0.000	0.000	0.000
ضریب تغییرات CV	26.061	29.191	26.066	46.868

**معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد. میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک‌اند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

** Significance at the 99% level, Mean of each column that have same letters do not have a statistically significant difference at the 5% probability level

صفات نهال

آنالیز واریانس نشان داد که در سطح اطمینان ۹۹ درصد از نظر همهٔ صفات رویشی تحت بررسی بین نهال‌های حاصل از جمعیت‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴). همچنین مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که نهال‌های حاصل از جمعیت فریدون‌شهر از نظر همهٔ صفات بررسی‌شدهٔ اندام هوایی نهال‌ها، شامل طول ساقه، تعداد ساقه، تعداد شاخه، تعداد برگ و وزن تر و خشک ساقه بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند، اما از نظر صفات طول ریشه و وزن تر و خشک ریشه کمترین مقادیر را داشته‌اند (جدول‌های ۴ و ۵). طول ساقهٔ جمعیت‌های فریدون‌شهر و برخوار در رتبهٔ اول قرار داشتند و جمعیت‌های اردستان و سمیرم از نظر رشد طولی ساقه، از ضعیف‌ترین عملکرد برخوردار بودند. قطر یقهٔ جمعیت‌های خور و بیابانک، اصفهان و برخوار به‌طور معنی‌داری با جمعیت‌های دیگر متفاوت بود. جمعیت‌های خور و بیابانک و نایین از ساقه و شاخهٔ کمتری برخوردار بودند. نسبت‌های بزرگ‌تر ساقه به ریشه در جمعیت‌های فریدون‌شهر، اصفهان و شاهین‌شهر و مقادیر کمتر این نسبت در جمعیت‌های نایین و خور و بیابانک مشاهده شد. در بین جمعیت‌های تحت بررسی، جمعیت فریدون‌شهر از کمترین میزان طول ریشهٔ اصلی برخوردار بود. از نظر وزنِ تر ریشه، جمعیت‌های خور و بیابانک، برخوار و نایین و وزن خشک ریشه جمعیت‌های خور و بیابانک و شاهین‌شهر از بیشترین مقادیر برخوردار بودند. وزن تر و خشک ساقهٔ جمعیت‌های فریدون‌شهر و برخوار از بیشترین مقادیر برخوردار بودند. از نظر تعداد برگ جمعیت فریدون‌شهر در اولویت قرار داشت و کمترین تعداد برگ در جمعیت کاشان به ثبت رسید. در صفات رویشی نهال‌های بادامک بیشترین ضریب تغییرات مربوط به تعداد شاخه و کمترین مربوط به قطر یقه است. همچنین در بین میانگین وزن‌های تر و خشک ساقه و ریشه نیز بیشترین ضریب تغییرات مربوط به وزن خشک ساقه و کمترین ضریب تغییرات مربوط به وزن خشک ریشه است (جدول‌های ۴ و ۵).

جدول ۴- مقایسهٔ میانگین برخی صفات رویشی نهال‌ها در جمعیت‌های بادامک استان اصفهان

Table4. Comparison of the average growth traits of wild almond seedlings in populations of Isfahan province

جمعیت‌های تحت بررسی Study Populations	طول ساقه Stem length (cm)	طول ریشه Root length (cm)	قطر یقه Stem diameter (mm)	تعداد ساقه Number of stems	تعداد شاخه Number of branches	تعداد برگ leaf number
خور و بیابانک Khor va biabanak	15.88 c	20.27 ab	2.97 bc	1.10 d	0.32 c	64.00 bc
نایین Naein	16.99 c	21.32 a	2.69 b	1.35 d	0.31 d	54.3 cd
نطنز Natanz	23.12 a	13.73 e	2.67 b	2.66 a	2.17 a	63.00 bc
کاشان Kashan	22.40 a	14.59d e	2.67 b	1.93 c	0.62 ab	36.7 e
شاهین‌شهر Shahinshahr	19.88 b	17.02 b	2.72 b	2.49 ab	0.61 ab	67.9 b
برخوار Borkhar	23.25 a	18.32 bc	2.86 c	2.15 bc	0.40 bc	70 b
اصفهان Isfahan	21.44 ab	21.03 ab	2.88 a	2.43 ab	0.65 ab	51.40 d
سمیرم Semirom	15.78 c	20.29 ab	2.71 b	2.45 ab	0.33 c	64.00 bc
اردستان Ardestan	16.97 a	22.32 a	2.68 b	1.92 c	0.45 d	54.30 cd
فریدونشهر Fereydounshahr	23.42 a	13.63 e	2.68 b	2.66 a	2.17 a	88.20 a
آمارهٔ F F-value	21.52**	20.54**	16.55**	37.75**	32.62**	110.28**
معنی‌داری Significance	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ضریب تغییرات CV	47.491	53.88	14.34	62.02	72.47	59.13

**معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد. میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک‌اند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

** Significance at the 99% level, Mean of each column that have same letters do not have a statistically significant difference at the 5% probability level.

جدول ۵- مقایسهٔ میانگین وزن خشک و تر ریشه و ساقهٔ نهال‌های بادامک در جمعیت‌های تحت بررسی استان اصفهان

Table 5. Comparison of the average fresh and dry weight of wild almond seedlings in the studied populations of Isfahan province

جمعیت‌های تحت بررسی Study Populations	وزن‌تر ساقه Stem wet weight (gr)	وزن‌تر ریشه Stem wet root (gr)	وزن خشک ساقه Stem dry weight (gr)	وزن خشک ریشه Root dry weight (gr)	نسبت ساقه به ریشه Stem to root ratio (S-R)
خور و بیابانک Khor va biabanak	1.12^{c}	1.16^{a}	0.32^{c}	0.28^{a}	1.11^{d}
نایین Naein	1.12^{c}	1.09^{ab}	0.29^{c}	0.23^{cd}	1.12^{d}
نطنز Natanz	1.08^{c}	0.69^{e}	0.28^{c}	0.21^{d}	1.11^{d}
کاشان Kashan	1.3^{c}	1.03^{bc}	0.32^{c}	0.23^{cd}	1.50^{b}
شاهین‌شهر Shahinshahr	1.52^{b}	1.04^{bc}	0.39^{bc}	0.27^{a}	1.53^{b}
برخوار Borkhar	1.68^{ab}	1.12^{ab}	0.45^{a}	0.24^{bc}	1.50^{b}
اصفهان Isfahan	1.20^{c}	0.85^{d}	0.33^{c}	0.26^{ab}	1.52^{b}
سمیرم Semirom	1.13^{c}	0.86^{d}	0.31^{c}	0.20^{d}	1.31^{c}
اردستان Ardestan	1.08^{c}	0.96^{cd}	0.29^{c}	0.23^{bc}	1.15^{cd}
فریدونشهر Fereydounshahr	1.77^{a}	0.68^{e}	0.47^{a}	0.21^{d}	2.7^{a}
آمارهٔ F F-value	68.44**	78.58**	191.10**	77.87**	182.70**
معنی‌داری Significance	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ضریب تغییرات CV	51.76	35.34	54.11	33.56	40.99

**معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد. میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک‌اند، از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

** Significance at the 99% level, Mean of each column that have same letters do not have a statistically significant difference at the 5% probability level

همبستگی صفات بذر و برگ با داده‌های ژئوکلیماتیک منطقه

ضریب‌های همبستگی ساده بین صفات بذر و برگ و داده‌های ژئوکلیماتیک (طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، میانگین درجهٔ حرارت سالیانه و میانگین بارندگی سالیانه) در جدول ۶ و بین صفات مختلف درختان مادری، بذر و برگ نهال‌ها در جدول ۷ ارائه شده است. در جمعیت‌های تحت بررسی به‌جز نسبت طول به عرض بذر، همهٔ صفات بذر همبستگی مثبت و معنی‌داری با میانگین بارندگی سالیانه نشان دادند. طول بذر تنها صفتی از بذر بود که همبستگی مثبت و معنی‌داری با عرض جغرافیایی نشان داد. مساحت برگ درختان مادری با میانگین بارندگی سالیانه و همهٔ صفات برگ نهال‌ها با عرض جغرافیایی همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند. صفات طول، عرض و محیط برگ درختان مادری همبستگی منفی و معنی‌داری با میانگین درجهٔ حرارت سالیانه نشان دادند. هیچ یک از صفات بذر و برگ نهال‌ها با صفات درختان مادری همبستگی معنی‌داری نشان نداد، اما به‌جز نسبت طول به عرض بذر، بقیهٔ صفات بذر با یکدیگر همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند. مساحت برگ درختان مادری با طول، عرض، وزن صد دانهٔ بذر و محیط برگ فقط با عرض بذر همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد.

همبستگی صفات نهال‌های بادامک با داده‌های ژئوکلیماتیک

در جمعیت‌های تحت بررسی تعداد برگ، وزن تر و خشک ساقهٔ نهال‌ها با عرض جغرافیایی و میانگین بارندگی سالیانه، همبستگی منفی معنی‌دار و با صفات

وزن تر و خشک ریشه، مساحت، محیط، طول و عرض برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند. ارتفاع نهال‌های بادامک با طول جغرافیایی همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد و تعداد شاخه‌های نهال‌ها با میانگین درجهٔ حرارت سالیانه رابطهٔ مثبت و معنی‌دار، و با ارتفاع از سطح دریا رابطهٔ منفی و معنی‌داری نشان دادند. نسبت ساقه به ریشه نیز با میانگین درجهٔ حرارت سالیانه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. همچنین همهٔ صفات برگ نهال‌ها همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند (جدول ۸).

جدول ۶- ضریب‌های همبستگی ساده بین متغیرهای ژئوکلیماتیک و صفت‌های بذر و برگ بادامک در جمعیت‌های تحت بررسی در استان اصفهان

Table 6. Simple correlation coefficients between geoclimatic variables and characteristics of wild almond seeds and leaves in the studied populations in Isfahan province

محیط برگ	عرض برگ	طول برگ	مساحت برگ	نسبت طول به عرض بذر	قطر بذر	عرض بذر	طول بذر	وزن صد دانه	متغیر
Leaf environment	Leaf width	Leaf length	Leaf area	Seed length to width ratio	Seed thickness	Seed width	Seed length	100 grains weight	Variable
0.90**	0.87**	0.92**	0.89**	0.41	0.55	0.64	0.84**	0.69	Y
0.052	0.04	0.06	0.024	0.50	-0.03	-0.06	0.20	-0.04	X
-0.33	0.73	0.63	0.52	0.46	0.25	0.33	0.08	0.24	ASL
-0.85*	-0.79*	-0.80*	-0.64	-0.17	-0.23	-0.31	-0.41	-0.28	T
0.66	0.58	0.68*	0.79*	0.09	0.80*	0.85**	0.84**	0.87*	R

* و ** به‌ترتیب وجود رابطهٔ معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ را نشان می‌دهند. Y، X، ASL، T و R به‌ترتیب معرف عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، میانگین دمای سالیانه و میانگین بارندگی سالیانهٔ مبدأ بذر هستند

* and ** respectively indicate significant correlation at 0.05 and 0.01 probability levels. Y, X, ASL, T and R respectively represent the Longitude, Latitude, Altitude above Sea Level, Average Annual Temperature and Average Annual Rainfall of Seed Origin.

جدول ۷- ضریب‌های همبستگی ساده بین صفت‌های درختان مادری و بذر جمعیت‌های تحت بررسی بادامک در استان اصفهان

Table 6. Simple correlation coefficients between parent trees and seed traits of the studied wild almond populations in Isfahan province

TLW	TLW	TLP	TLA	RLW	SWD	ST	SL	SW	TCD	TH	صفت trait
											TH
										0.97**	ACD
									0.21	0.01	SW
								0.81**	0.28	0.06	SL
							0.76**	0.98**	0.28	0.09	ST
						0.95**	0.90**	0.98**	0.16	-0.05	SWD
					-0.01	-0.24	0.05	-0.18	0.21	0.16	L:W
				0.22	0.91**	0.86**	0.93**	0.88**	0.52	0.32	SW
			0.84*	0.22	0.84*	0.70	0.89**	0.80*	0.23	0.01	LA
		0.92*	0.73	0.03	0.74*	0.72	0.89**	0.74*	0.27	0.06	LP
	0.96**	0.93**	0.71	0.07	0.67	0.56	0.68	0.67	0.30	0.10	LW
0.95**	0.99**	0.93**	0.76*	0.05	0.76*	0.67	0.75*	0.76*	0.28	0.06	LL

* و ** به‌ترتیب وجود رابطهٔ معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ را نشان می‌دهند. TH: ارتفاع درخت، TCD: میانگین قطر تاج، SW: عرض بذر، SL: طول بذر، ST: ضخامت بذر، SWD: وزن هر دانه،LW: نسبت طول به عرض بذر، SW: وزن صد دانهٔ بذر، LA: مساحت برگ، LP: محیط برگ، LW: عرض برگ و LL: طول برگ درختان مادری را نشان می‌دهند.

* and ** respectively indicate significant correlation at 0.05 and 0.01 probability levels. TH: Tree Height, ACD: Average Crown Diameter, SW: Seed Width, SL: Seed Length, ST: Seed Thickness, SWD: Weight of each Seed, L:W: Seed Length to Width Ratio, SS: 100 Seed Weight, LA: Leaf Area, LP: Leaf Perimeter, LW: Leaf Width, LL: Leaf Length of Mother Trees.

جدول ۸- ضریب‌های همبستگی ساده بین متغیرهای ژئوکلیماتیک و صفات نهال‌های جمعیت‌های تحت بررسی بادامک در استان اصفهان

Table 8. Simple correlation coefficients between geoclimatic variables and seedling traits of the studied populations of wild almond in Isfahan province

صفات نهال	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	میانگین بارندگی سالیانه	میانگین دمای سالیانه
Seedling traits	Latitude	Longitude	Altitude above sea level	Average annual rainfall	Average annual temperature
عرض برگLW	0.83*	-0.45	-0.49	0.81*	-0.49
طول برگLL	0.83*	-0.41	-0.54	0.83*	-0.51
محیط برگLP	0.81*	-0.42	-0.53	0.83*	-0.51
سطح برگLA	0.81*	-0.48	-0.46	0.82*	-0.46
نسبت ساقه به ریشهS:R	0.82*	-0.21	-0.77*	-0.33	-0.93**
تعداد برگLN	-0.82*	-0.03	0.73	-0.47	0.7
وزن خشک ریشهRDW	0.65*	-0.39	-0.63	0.84*	-0.27
وزن خشک ساقهSDW	-0.57	-0.44	0.45	0.15	-0.67*
وزن‌تر ریشهRFW	0.78*	0.25	0.62	0.82*	-0.67
وزن‌تر ساقهSFW	0.57*	-0.43	0.62	0.17	0.7
تعداد شاخهBN	-0.78	-0.16	0.77*	-0.42	0.92**
طول ریشهRL	0.24	0.65	0.52	-0.36	-0.69
تعداد ساقهSN	-0.73	-0.32	-0.58	-0.62	0.53
قطر یقهCRD	0.39	0.34	0.16	0.75	-0.12
ارتفاع ساقهSH	-0.09	-0.80*	-0.33	0.65	0.44

* و ** به‌ترتیب وجود رابطهٔ معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ را نشان می‌دهند. LW: عرض برگ، LL: طول برگ، LP: محیط برگ، LA: سطح برگ، S:R: نسبت ساقه به ریشه، LN: تعداد برگ،RB: وزن خشک ریشه، SB: وزن خشک ساقه، RFW: وزن تر ریشه، SFW: وزن تر ساقه، BN: تعداد شاخه، RL: طول ریشه، SN: تعداد ساقه، CRD: قطر یقه، SL: ارتفاع ساقه را نشان می‌دهند.

* and ** respectively indicate significant correlation at 0.05 and 0.01 probability levels. LW: Leaf Width, LL: Leaf Length, LP: Leaf Perimeter, LA: Leaf Area, S:R: Stem to Root ratio, LN: Leaf Number, RDW: Root Dry Weight, SDW: Stem Dry weight, RFW: Root Fresh Weight, SFW: Stem Fresh Weight, BN: Branch Number, RL: Root Length, SN: Stem Number, CRD: Collar Diameter, SH: Stem Height.

بحث

در این پژوهش، تفاوت‌های معنی‌داری در سطح وسیعی از صفات ابعاد بذر، برگ و نونهال‌های جمعیت‌های مختلف بادامک مشاهده شد. بیشترین تنوع صفات بذر، برگ و نهال‌های یکسالهٔ این گونه به‌ترتیب مربوط به وزن صد دانه، مساحت برگ و تعداد ساقه بود. Baninasab & Rahemi (2006) در بررسی صفات بذر گونه‌های مختلف بادام از جمله بادامک، بیشترین ضریب تغییرات صفات بذر را دربارهٔ وزن بذر گزارش کردند. تکثیر با بذر، ناسازگاری گامتوفیتی و هیبریدهای طبیعی ممکن است در تنوع صفات جمعیت‌های بادامک و احتمالاً پراکنش گستردهٔ آن نقش داشته باشد و سازگاری با محیط‌های متنوع در این گونه را تضمین کند (Sorkheh et al., 2009). گیاه در سراسر زندگی نیازمند آب است و ازآنجا که آب به‌طور ناهمگونی توزیع یافته است، فراوانی یا کمیابی آن در محیط، در صفات برجستهٔ پوشش گیاهی منعکس است. در استان اصفهان گرادیان خشکی (کاهش بارندگی و افزایش درجهٔ حرارت) از شمال غرب به جنوب استان با کاهش عرض جغرافیایی و از غرب به شرق با افزایش طول جغرافیایی روندی افزایشی دارد. ضریب‌های همبستگی مثبت و معنی‌دار بین ابعاد برگ درختان مادری و نهال‌ها با عرض جغرافیایی و همبستگی‌های مثبت و معنی‌دار بین ابعاد بذر، مساحت برگ درختان مادری و ابعاد برگ هال‌ها با میانگین بارندگی سالانه و همچنین همبستگی منفی و معنی‌دار

صفات طول، عرض و محیط برگ درختان مادری با میانگین درجهٔ حرارت سالانه نشان از راهکارهای سازشی بادامک برای مقابله با خشکی دارد. مقایسهٔ ظاهری ابعاد برگ نونهال‌های بادامک که در شرایط یکنواخت محیطی و بدون محدودیت رطوبت خاک نهالستان رویش داشتند، با ابعاد برگ جمعیت‌های بادامک در رویشگاه‌های بومی (با شرایط محیطی متفاوت)، نشان از مشابهت این صفات داشت. بنابراین می‌توان گفت براساس مشابهت این صفات در نهال‌ها و درختان مادری، این صفات بیشتر تحت کنترل عوامل ژنتیکی درختان مادری قرار دارند. همبستگی بین صفات ریخت‌شناسی و داده‌های ژئوکلیماتیک نشان از آن داشت که احتمالاً در بعضی از صفات بذر و برگ جمعیت‌های بادامک استان اصفهان توزیع کلاینی وجود داشته و گزینش طبیعی افتراقی در امتداد شیب‌های محیطی با روندی پیوسته در جهت تغییر فراوانی آللی لوکوس‌های کنترل‌کنندهٔ صفات مرتبط با سازگاری و تناسب عمل کرده است. Tigersted (1997) & Kundu با بررسی روابط صفات بذر، برگ و نونهال‌های درخت چریش (*Azadirachta indica* (A.Juss.) Brandis) با عوامل ژئوکلیماتیک به این نتیجه رسیدند که نهال‌های این گونه در مراحل اولیه رشد و استقرار در مواجهه با کمبود آب از سازوکارهای سازشی استفاده می‌کنند. گیاهان دامنهٔ گسترده‌ای از سازگاری‌ها را در شرایط کمبود آب نشان می‌دهند. کاهش سطح برگ، افزایش تراکم و طول ریشه از بااهمیت‌ترین و رایج‌ترین ویژگی‌های سازگاری به خشکی در گیاهان هستند (Farooqet al.,2012). تنش‌های اقلیمی ناشی از بارندگی سالانه کمتر در حدود پراکنش جنوبی و شرقی بادامک در استان اصفهان نشان از آن دارد که برگ‌های کوچک‌تر درختان مادری و نونهال‌ها روشی برای سازگاری با شرایط اقلیمی این نواحی است. 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 دامنهٔ پراکنش و همبستگی مثبت ابعاد برگ با میانگین بارندگی سالانه در پژوهش‌های پیشین گزارش شده است (Sorkheh et al., 2009; Anjam & Khadivi-Khub, 2014). جمعیت خور به‌رغم قرار گرفتن در خشک‌ترین رویشگاه تحت بررسی از کمترین طول ریشهٔ اصلی برخوردار بود. انتظار می‌رفت با توجه به خشکی بیشتر در این رویشگاه نهال‌های بادامک برای دسترسی به رطوبت خاک از طول ریشهٔ اصلی بیشتری برخوردار باشند. اما به نظر می‌رسد که بهینه بودن شرایط نهالستان از نظر رطوبت، درجهٔ حرارت و موارد دیگر سبب تغییر الگوهای تخصیص در این جمعیت شده باشد. گیاهان در شرایط اقلیمی مختلف به‌عنوان راهبردی برای دستیابی به حداکثر نرخ رشد، جذب بهینهٔ نور، آب، مواد غذایی و دی‌اکسید کربن، زی‌توده را به اندام‌های مختلف خود اختصاص می‌دهند. بنابراین مطابق با فرضیهٔ تخصیص بهینه، هنگامی که دسترسی گیاه به مواد غذایی و رطوبت افزایش یافت، نهال‌های بادامک منابع کمتری را به سیستم ریشه‌ای و بیشترین تخصیص را به زی‌تودهٔ اندام‌های هوایی خود اختصاص دادند (Souza et al., 2014). در نتیجه باید سازگاری به خشکی در ریشهٔ نهال‌های این جمعیت را در صفات مورفوآناتومیک دیگری مانند 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 بودند و با میانگین بارندگی سالانه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند. در صورت محدودیت منابع، گیاه ممکن است منابع خود را به تعداد بیشتری بذر با ابعاد کوچک‌تر یا تعداد کمی بذر با ابعاد بزرگ‌تر اختصاص دهد. به نظر می‌رسد که ابعاد کوچک‌تر و وزن کمتر بذرهای بادامک در نواحی خشک‌تر نشان از سازگاری بهتر این گونه بذرها با شرایط محیطی مورد نظر دارد. بذرهای درشت

با نسبت سطح به حجم کوچک‌تر، به زمان بیشتری برای جذب آب نیاز دارند، اما بذرهای کوچک‌تر قادر به جذب حداکثر آب در زمان کمتری هستند. کاهش زمان آبگیری در این بذرها در جوانه‌زنی مزیت محسوب می‌شود و سبب جوانه‌زنی سریع‌تر بذر و استفادهٔ نونهال از شرایط رطوبتی خاک قبل از مواجهه با خشکی خواهد شد. همچنین بذرهای کوچک‌تر با احتمال بیشتری در میکرواقلیم واقع در رویشگاه قرار می‌گیرند و این خردرویشگاه‌ها اغلب سبب ارتقای جذب آب می‌شوند و خشک شدن بذر را به حداقل می‌رسانند (Fenner & Thompson, 2005). مفهوم پرووننانس در جنگلداری برای نشان دادن خاستگاه مواد کاشتنی است که به‌دلیل فرایندهای تکاملی به‌طور مشخصی از یکدیگر متمایزند. این مفهوم برای توضیح نتایج این پژوهش مناسب است. در این پژوهش، ارتفاع نهال‌ها از شرق به غرب افزایش و ابعاد برگ‌های آنها از شمال به جنوب کاهش یافت و این بدان معناست که گیاه در مرحلهٔ نهالی، تنوع جغرافیایی دوسویه‌ای با عرض و طول جغرافیایی نشان می‌دهد، اما تأثیر عرض جغرافیایی بر تنوع مشاهده‌شده به‌مراتب بیشتر از طول جغرافیایی بود. پژوهش‌ها برمبنای نشانگرهای ISSR در جمعیت‌هایی از بادامک واقع در نقاط مختلفی از ایران نیز نشان از آن داشت که جمعیت‌های بادامک از نظر ویژگی‌های مولکولی پلی‌مورفیسم آللی و هتروزیگوستی به‌طور معنی‌داری با یکدیگر متفاوت و با مسافت از یکدیگر تفکیک‌پذیر بودند (Mehdigholi et al., 2013). با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان استنباط کرد که همبستگی میان بعضی از صفات بذر برگ و نهال‌های بادامک با عرض جغرافیایی میانگین بارندگی سالانه و میانگین درجهٔ حرارت سالانه، نشان‌دهندهٔ اعمال فشارهای گزینشی ناشی از افزایش خشکی و احتمالاً منعکس‌کنندهٔ گزینشی برای رویش آهسته‌تر بعضی از این صفات است. چنین سازوکارهایی را می‌توان تمهیدات گیاه در برابر تنش‌های ناشی از خشکی قلمداد کرد. با توجه به قرار گرفتن ایران روی کمربند خشکی و روند تغییرات اقلیمی که موجب تشدید شرایط خشکی خواهد شد، انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی از بهترین رویکردها برای افزایش زنده‌مانی، رشد و سلامت درختان در جنگلکاری‌ها و دیگر طرح‌های درختکاری محسوب می‌شود. با وجود این، صفات مقاومت به خشکی در گیاهان متنوع است و تنوع ویژگی‌های رویشگاه‌های بادامک نیز انتخاب مناسب‌ترین پرووننانس‌ها را برای رویشگاه‌های خشک با چالش مواجه می‌کند. بنابراین تلفیق پژوهش‌های ریخت‌شناسی فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی در پژوهش‌های بعدی سبب تسهیل در گزینش بهترین پرووننانس‌ها برای رویشگاه‌های مورد نظر خواهد شد.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان‌دهندهٔ تفاوت آماری مشخص و معنی‌دار در همهٔ صفات بذر جمعیت‌های بررسی‌شده است. همچنین تفاوت‌های معنی‌داری در سطح وسیعی از صفات ریخت‌شناسی درختان مادری، برگ و نهال‌های حاصل از جمعیت‌های مختلف بادامک استان اصفهان مشاهده شد. این مطلب از یک‌سو امکان استفاده از متغیرهای ریختی بذر، برگ و نهال را برای تفکیک جمعیت‌های بادامک نشان می‌دهد و از سوی دیگر توانایی زیاد گونهٔ بادامک را در تطابق یافتن با شرایط محیطی منطقه تأیید می‌کند.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در قالب رسالهٔ دکتری انجام گرفت. بنابراین نویسندگان ضمن تشکر از مدیریت این دانشگاه، از یکایک متصدیان آزمایشگاهی و افرادی که در عملیات میدانی این تحقیق با نویسندگان همکاری داشتند، تشکر و قدردانی می‌کنند.

References

Abutaba, Y., Eldoma, A., & 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.

Anjam, K., & Khadivi-Khub, A. (2014). Morphological characterization of *Prunus scoparia* using multivariate analysis. *Plant Systematics and Evolution*, *300*(6), 1361-1372. https://doi.org/10.1007/s00606-013-0967-7

Bakshi, M., & Rawat, K. (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. https://doi.org/10.15287/afr.2011.96

Baninasab, B., & Rahemi, M. (2006). Evaluation of three wild species of almond on the basis of their morphological characters. *Journal of Central European Agriculture, 7*(1), 619-626. https://doi.org/10.5513/jcea.v7i4.403

Batooli, (2020). Technical guidelines for the use of several species of indigenous plants in the Irano-Touranian region for cultivation in the green space of warm and dry regions of the country. Department of extension and research findings transfer of research institute forests and rangelands. 55p. (In persian)

Cai, N., Xu, Y., Chen, S., He, B., Li, G., Li, Y., & 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. https://doi.org/10.1007/s11676-016-0228-z

Ebrahimi Ashbella, A., Fallahchai, M.M., Salehi, A., & Soltani Talarood, A.A. (2022). Evaluation of 25-year-old afforestation's of loblolly pine, black alder, velvet maple and chestnut leaved oak in Radar Poshteh area of Guilan province. *Iranian Journal of Forest, 14*(1),15-26. https://doi.org/10.22034/ijf.2021.281776.1776 (In persian)

Eshghi, S., & Gharaghani, A. (2015). *Prunus scoparia*, a potentially multi-purpose wild almond species in Iran. *Acta Horticulturae, 1074,* 67-72. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1074.9

Espahbodi, K., Mirzaie-Nodoushan, H., Tabari, M., Akbarinia, M., & 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., & Komeili, R. (2014). Composition and physicochemical properties of Zedo gum exudates from *Amygdalus scoparia*. *Carbohydrate Polymers, 3011*, 1074-1080. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.09.095

Farhoosh, R., & Tavakoli, J. (2008). Physicochemical properties of kernel oil from *Amygdalus scoparia* growing wild in Iran. *Journal of Food Lipids, 15*(19), 433-443. https://doi.org/10.1111/j.1745-4522.2008.00131.x

Farooq, M., Hussain, M., Wahid, A., & Siddique, K.H. (2012). Drought stress in plants: an overview, plant responses to drought stress. *Agronomy for Sustainable Development, 29* (1), 185-212. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32653-0_1

Fenner, M., & Thompson, K. (2005). Ecology of Seed. Cambridge University Press, Cambridge, 250p. https://doi.org/10.1017/CBO9780511614101

Javidfar, A., Rouhi-Moghaddam, E., & Ebrahimi, M. (2017). Some ecological conditions of *Amygdalus scoparia* Spach in Nehbandan, *eastern Iran. Ecopersia, 5*(1), 1655-1667. https://doi.org/10.18869/modares.Ecopersia.5.1.1655

Kundu, K., & 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. https://doi.org/10.3989/gya.0221221

Mehdigholi, K., Sheidai, M., Mahdavipoor, Z., & Noormohammadi, Z. (2013). Population Structure and Genetic Diversity of Prunus scoparia in Iran. *Annales Botanici Fennici, 50*(5), 327-336. https://doi.org/10.5735/086.050.0507

Management and Planning Organization of Isfahan Province. (2017). A comprehensive report on the situation of Isfahan province, 250 p. (In persian)

Morgenstern, E.K. (1996). Geographic variation in forest trees: genetic basis and application of knowledge in silviculture. UBC Press, Vancouver, 209 p. https://doi.org/10.14214/sf.a15005

Mozafarian, W.H. (2019). Trees and shrubs of Iran. Tehran: Contemporary Culture Publications, 1470p. (In persian)

Nianhui, C., Yulan, X., Shi, C., Bin, H., Genqian, L., Yue, L., & Anan, D. (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*, 1009-1017. https://doi.org/10.1007/s11676-015-0153-6

Nikoumanesh, K., Ebadi, A., Zeinalabedini, M., & 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. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.03.017

Pazhouhanmehr, S., & Sedaghat, N. (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)

Pyakurel, A., & 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. 10.4236/ajps.2014.511166

Rahemi, A., Fatahi Moghaddam, M.R., Ebadi, A., Taghavi, T., & Hassani, D. (2011). Fruit characteristics of some wild almonds in Iran. *Seed and Plant Improvement Journal, 27*(4), 459-481. https://doi.org/10.22092/spij.2017.111077 (In persian)

Rieger, M., Lo Bianco, R., & Okie, W.R. (2003). Responses of *Prunus ferganensis, Prunus persica* and two interspecific hybrids to moderate drought stress. *Tree Physiology, 23*(1), 51-58. https://doi.org/10.1093/treephys/23.1.51

Soheili, F., Panahi, P., Hatamnia, A., Woodward, S., Abdul-Hamid, H., & Naji, H.R. (2023) Leaf microstructure and adaptation relationships in ten woody species from the semi-arid forests. *Iranian Journal of Forest, 15*(1), 53-72. 10.22034/ijf.2022.330879.1853

Sorkheh, K., Shiran, B., Rouhi, V., Asadi, E., Jahanbazi, H., Moradi, H., Gradziel, T.M., & 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. https://doi.org/10.1007/s10722-009-9413-7

Sabeti, H. (1994). Trees and shrubs of Iran. Yazd university. 810 p. (In persian)

Souza, M.L., & Fagundes, M. (2014). Seed size as key factor in germination and seedling development of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). *American Journal of Plant Sciences, 5*, 2566-2573. 10.4236/ajps.2014.517270

Statistical Center of Iran. (2019). Data and statistical information, National portal of statistics: https://old.sci.org.ir/english

Iranian Journal of Forest
Vol. 16, No. 2, Summer 2024
pp. 273-289
Research Article

DOI: 10.22034/ijf.2024.418701.1952

Variability of traits of wild almond seeds, seedlings, and mother shrubs in the different natural populations of Isfahan province habitats

S. Soheili-Esfahani[1], D. Azadfar[2], A.R. Aliarab[2*], H.A. Saeidi[3], M.H. Pahlavani[4], Z. Saeidi[5], and M. Babaeian[5]

[1]Ph.D. candidate, Dept. of silviculture and forest ecology, Faculty of forest sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
[2]Associate Prof., Dept. of silviculture and forest ecology, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
[3]Associate Prof., Dept. of plant and animal biology, Isfahan University, Iran
[4]Associate Prof., Faculty of Plant Products, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, I. R. Iran
[5]Graduated Ph.D. student, Dept. of silviculture and forest ecology, Faculty of forest sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

(Received: 29 November 2023; Accepted: 10 February 2024)

Abstract

Introduction: Wild almond (*Amygdalus scoparia* Spach) is a very important forest species with a wide distribution range in arid and semi-arid areas of Iran. Considering that the study on the geographical variation of morphological traits of this species in the limits of its natural distribution is considered an important step in the genetic studies and the protection of these forest resources, the present research was planned and implemented.

Material and methods: In this research, in order to investigate the geographical changes of the morphological characteristics of this species, 10 representative populations of wild almond were selected from the province with different distribution and ecological conditions, and in each population, the number of 21 to 25 of parent trees of wild almond were determined and the seeds of each of parent trees were collected from the four sides of the tree crowns. To determine the weight of 100 seeds, 400 seeds were randomly selected from each tree and the wet, dry weight and dimensions of the seeds were measured. In order to investigate the characteristics of the leaves, 20 healthy and expanded leaves were selected and the external characteristics of each of them including length, width, area and width of the leaf were measured. Ten parent trees were randomly selected from each population and after preparing the seeds for germination, the seeds were planted in Shahid Jabal Amilian Nursery using a randomized complete block design with 3 replications. In this experimental design, 100 parent trees as 100 genotypes were randomly placed in each block, and for each parent tree, 10 seeds were planted in a row of 10 in polyethylene pots. At the end of the growth period, the number of leaves, stems, branches of the seedlings, the length and diameter of the stem, the length of the main root of each seedling, as well as the height of the seedling and the collar diameterwere measured.

Results: Based on the results, significant differences between the studied populations were observed in all the studied attributes. Weight of 100 seeds, leaf area and number of stems showed significant changes among the studied traits. In drier areas they had smaller weight, seed size and leaf dimensions compared to wetter areas. This study showed that seed width had a higher correlation with seed weight among the examined traits. Also, the results showed that the height of the seedlings decreased with the increase in longitude and decrease in rainfall, as well as the increase in temperature from west to east of Isfahan. In addition, the findings of the present research showed that the height of the seedling trees of wild almond increased from the east to the west of Isfahan province, and the dimensions of their leaves decreased from the north to the south and this means that in the seedling stage, the plant shows bidirectional geographical diversity with latitude and longitude, but the influence of latitude on the observed diversity was much higher than that of longitude.

Conclusion: Generally, the findings of this study indicate the existence of significant differences in a wide range of morphological traits of seeds, mother shrubs, leaves and seedlings from natural populations of wild almond in Isfahan province. According to the results, while emphasizing on paying attention to the origin of the seed in forest planting operations with this species, it can be stated that the wild almond has a high ability to adapt to the environmental conditions of its habitats in Isfahan province.

Keywords: Ecological conditions, Genotype, Geographical diversity, Morphological features.

* Corresponding author Tel: +98 9112781470 Email: aliarab@gau.ac.ir