IJAE
Iranian Journal of Applied Ecology

بوم‌شناسی کاربردی/ سال نهم / شماره دوم / تابستان ۱۳۹۹

الگوهای انتشار و اندمیسم جنس Onosma L. (Boraginaceae) در البرز مرکزی

فرزانه خواجوئی نسب[۱]، احمدرضا محرابیان[۱*] و اکبر نعمتی پرشکوه[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۴/۲۴)

چکیده

ارزیابی و تهیه بانک اطلاعات تنوع و انتشار یکی از مهمترین اقدامات مدیریتی در حفاظت از تنوع زیستی محسوب می‌شود. ایران به عنوان یکی از مراکز مهم تنوع و اندمیسم جنس *Onosma* L. در جهان محسوب می‌گردد. به دلیل فقدان داده‌های بوم‌شناختی و جغرافیای گیاهی در مورد گونه‌ها و زیستگاههای این جنس در منطقه البرز مرکزی، جمعیت‌های گونه‌های مختلف این جنس بر اساس مطالعات میدانی و آنالیزهای مبتنی بر سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) مورد مطالعه قرار گرفتند. نمونه‌برداری به صورت پیمایش از نقاط گزارش شده و نیز از سایر بخش‌های منطقه مورد نظر انجام شد. به‌علاوه جهت آنالیزهای فیزیکوشیمیایی خاک (pH، کربن آلی، درصد پتاسیم، فسفر، نیتروژن و بافت خاک)، نمونه خاک هر زیستگاه از سطح تا عمق نفوذ ریشه گیاه جمع‌آوری شد. نتایج این مطالعه نشان داد که دامنه ارتفاعی گونه-های مورد مطالعه ۳۰۶۰-۱۲۵۷ متر از سطح دریا می‌باشد که اعضای زیربخش Haplotricha در ارتفاع ۳۰۶۰-۱۲۵۷ متر و زیربخش Heterotricha در ارتفاع ۲۸۸۰-۱۵۸۹ متر پراکنده شده‌اند. اغلب گونه‌های مورد مطالعه در رویشگاه‌هایی با اقلیم نیمه‌خشک و مدیترانه‌ای و تعدادی نیز در مواردی محدود در رویشگاه‌هایی با اقلیم نیمه‌مرطوب پراکنش یافته‌اند. به‌طورکلی بیشتر گونه‌های مورد مطالعه در رویشگاه-هایی با میانگین بارندگی سالانه حدود ۵۰۰-۲۵۰ میلی‌متر پراکنده شده‌اند. دامنه ارتفاعی انتشار گونه *O. dichroantha* در بین گونه‌های مورد بررسی از گستره بالاتری (۳۰۶۰-۱۲۵۷متر) برخوردار بوده و در رویشگاه‌هایی با بستر رسوبی، رسوبی-آتشفشانی، آذرین و به ندرت نهشته‌های کواترنری پراکنش یافته است. اسیدیته خاک در رویشگاه‌های این گونه بین ۷/۱۳ (*O. gaubae*) تا ۸ (*O. dichroantha*) است و گونه‌های مورد مطالعه بیشتر در خاک‌هایی با بافت شنی رسی لومی یافت می‌شوند. این در حالی است که کمتر از ۵۰ درصد از جمعیت‌های گونه‌های مختلف Onosma در منطقه مورد مطالعه در محدوده مناطق حفاظت شده قرار دارند. به علاوه گونه *O. gaubae* به دلیل اندازه و تعداد جمعیت بسیار پایین و دامنه پراکنش جغرافیایی در گروه نادر طبقه‌بندی می‌شود که در اولویت حفاظت قرار می‌گیرد. نتایج این مطالعه الگوهای انتشار این جنس را در منطقه البرز مرکزی براساس فاکتورهای بوم‌شناختی زیستگاه تحلیل نموده است. به‌علاوه این یافته‌ها به‌عنوان گامی مهم در راستای تحلیل الگوهای انتشار این جنس در ایران و منطقه جنوب غرب آسیا کاربرد دارد.

واژه‌های کلیدی: Onosma، الگوی انتشار، زمین‌شناسی، جغرافیای گیاهی، واحد ژئومورفولوژیک شمال غرب

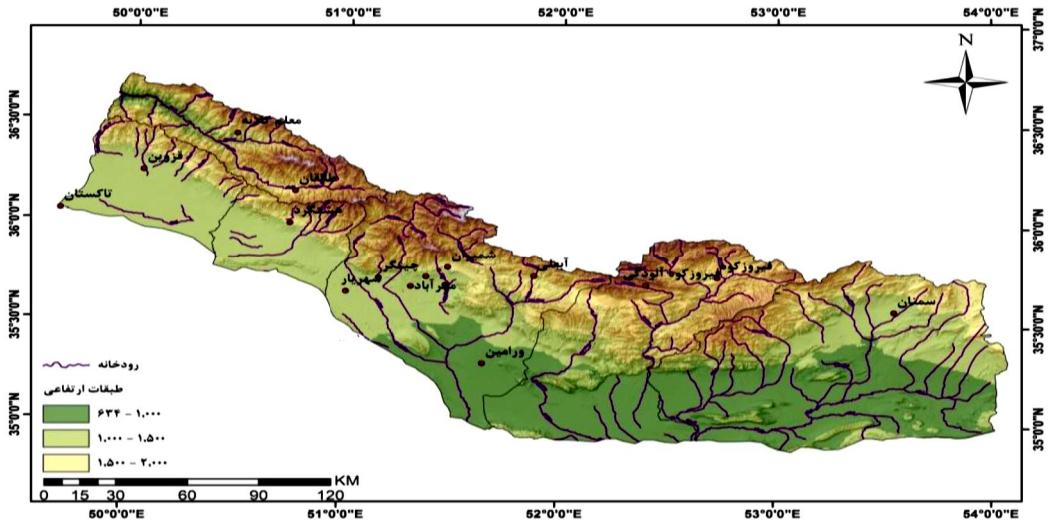
۱. گروه علوم و زیست‌فناوری گیاهی، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: A_mehrabian@sbu.ac.ir

مقدمه

مدیریت حفاظتی تضمین کننده بقا و پایداری تنوع زیستی است (۱۰) که اقداماتی مشتمل بر حفاظت گونه‌ها تا حفاظت اکوسیستم‌ها را در بر می‌گیرد. تهیه بانک اطلاعات تنوع و انتشار یکی از مهم‌ترین اقدامات مدیریتی در حفاظت از تنوع زیستی محسوب می‌شود (۲۹). تعیین الگوهای انتشار نخستین گام در کلیه مطالعات جغرافیای زیستی به‌شمار می‌آید و این اطلاعات طیف وسیعی از تجزیه و تحلیل‌های جغرافیای زیستی مانند شناسایی مراکز بوم‌زادی (۲۶)، تعیین نقاط داغ غنای گونه‌ای (۴)، شناسایی مراکز مهم تنوع زیستی (۴۲)، و تعیین مناطق با اولویت‌های حفاظت گونه‌ای (۱۸) را در بر می‌گیرد که در شناخت با اولویت‌ترین زیستگاه‌ها به منظور مدیریت و حفاظت تنوع (۶) به‌کار گرفته می‌شود. ارزیابی الگوی انتشار در مقیاس‌های کوچک تحلیل‌های دقیقی را پیرامون حضور گونه‌ها در ارتباط با اقلیم (۱۵)، ژئومورفولوژی (۲۰) و به تعبیری شیب‌های اکولوژیک (۵۷) پدید می‌آورد. تاکنون مطالعات متعددی در این زمینه در سطح جهان انجام شده که از آن جمله می‌توان به مطالعه الگوهای جهانی تنوع گیاهی (۲۵ و ۵۲)، الگوهای تنوع و پراکنش گیاهان آبزی چین (۵۹) و الگوهای انتشار در مقیاس‌های کوچک‌تر شامل الگوهای انتشار گیاهان اندمیک چوبی چین (۱۷)، الگوی انتشار خانواده چتریان در جزایر کوریل (۵۳)، و الگوهای انتشار و اندمیسم ارکیدهای آفریقای جنوبی (۲۷) اشاره کرد. به‌علاوه در ایران نیز مطالعاتی چون الگوی اندمیسم در ایران (۱۶)، بررسی تنوع و الگوهای انتشار جنس‌های .Argusia (L.f.) Heine و .Heliotropium L در جنوب غرب آسیا (۱)، الگوهای انتشار گیاهان آلپاین ایران (۴۵)، الگوهای انتشار و اندمیسم در گیاهان کپه‌داغ (۳۸)، الگوهای انتشار و اندمیسم جنس .Onosma L در ایران (۳۳)، الگوهای انتشار تیره پیچک (Convulvulaceae) (۵۰)، الگوهای انتشار تیره سیب زمینی (Solanaceae) (۵۰)، الگوهای انتشار اندمیک‌های تک‌لپه‌ای ایران (۳۴)، الگوهای انتشار اندمیک‌های درختی و درختچه‌ای ایران (۳۶)، الگوهای انتشار خویشاوندان وحشی دولپه‌ای ایران (۳۵)، الگوهای انتشار گیاهان آبزی ایران (۳۷)، و الگوهای انتشار گیاهان انگلی ایران(۴۸)، از مطالعات مهم پیرامون تاکسون‌های گیاهی با اولویت در این زمینه می‌باشند.

جنس .Onosma L به‌عنوان یک از متنوع‌ترین جنس‌های طایفه Lithospermeae Dumort. (Boraginaceae) دارای حدود ۱۸۰ تا ۲۰۰ گونه در دنیا (۷، ۲۴، ۳۳ و ۵۶) می‌باشد که کانون مهم تنوع و اندمیسم آن در منطقه ایرانوتورانی (۸) به‌ویژه منطقه فلات ایران (منطقه فلور ایرانیکا) و فلات آناتولی (۸، ۱۱، ۳۳ و ۴۹) در زیستگاه‌های کوهستانی خشک و آفتاب‌گیر صخره‌ای تا شنی (۹) و استپی (۴۰) تمرکز یافته است. براساس مطالعات محرابیان (۳۳) میزان تنوع و اندمیسم این جنس از شرق به سمت غرب منطقه فلور ایرانیکا به شدت افزایش می‌یابد. به‌علاوه رشته کوه‌های زاگرس شمالی و میانی و البرز مرکزی به‌عنوان مهم‌ترین کانون‌های اندمیسم و تنوع این جنس شناخته شده‌اند. منطقه البرز مرکزی شرایط اکوسیستمی ویژه‌ای دارد و تنوع شرایط ژئومورفولوژیک، تنوع اقلیمی (۲۱) و ویژگی‌های جغرافیای گیاهی (۵۴ و ۶۰) آن سبب ایجاد تنوع و غنای گونه‌ای زیاد شده به‌گونه‌ای که از جمله مراکز مهم اندمیسم، تنوع گیاهی و از اولویت‌های حفاظتی گونه‌های گیاهی کشور (۱۳، ۱۶ و ۳۳) و جنس .Onosma L در ایران (۳۳) محسوب می‌شود. به‌واسطه فقدان داده‌های بوم‌شناسی و جغرافیای گیاهی پیرامون گونه‌ها و زیستگاه‌های این جنس در منطقه البرز مرکزی، و وجود گروه‌های تاکسونومیکی پیچیده که از فقدان اطلاعات زیستگاهی و جمعیت‌های این جنس در این منطقه ایجاد شده، انجام مطالعات زمین‌شناسی گیاهی در این منطقه ضروری به نظر می‌رسد. به‌علاوه این مطالعه برای اولین بار دامنه‌های جنوبی منطقه کوهستانی البرز مرکزی را با رویکرد زمین‌شناسی گیاهی جهت ارزیابی بوم‌شناختی این جنس متنوع و دارای اندمیسم بالا ارزیابی نموده است. این در حالی است که داده‌های این مطالعه به عنوان مکمل بخش مهمی از بانک اطلاعاتی جنس زنگوله‌ای در ایران و غرب آسیا



شکل ۱. نقشه توپوگرافی دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی (با اقتباس از عزیزی و همکاران ۱۳۹۶) (رنگی در نسخه الکترونیکی)

به‌شمار می‌رود. همچنین این مطالعه الگوهای انتشار اولویت-های حفاظتی این جنس را در این اکوسیستم کوهستانی با ارزش تحلیل نموده است. داده‌های حاصل از این مطالعه به-عنوان یک بانک اطلاعاتی پایه، در تحلیل برنامه جامع بیوسیستماتیک- اکولوژیک این جنس که توسط گروه مطالعاتی نگارنده مقاله در ایران در حال انجام است نقش مهمی ایفا می-نماید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه استان‌های تهران، البرز و بخش‌های جنوبی استان مازندران در محدوده جغرافیایی ´۵۰ °۳۶ تا ´۵۲ °۴۶ عرض شمالی و ´۳۵ °۴۲ تا ´۳۶ °۱۰ طول شرقی را در بر می‌گیرد (شکل ۱). این منطقه از نظر ژئومورفولوژیک در واحد البرز واقع شده و بخش عمده آن را سازندهای رسوبی، آذرین و نهشته‌های کواترنری تشکیل داده است. این منطقه بر اساس سیستم رده‌بندی تختجان (۵۴) در پروانس فرعی آتروپاتان (Atropatan sub-province) متعلق به پروانس ارمنستان- ایران (Armeno-Iranian province) از ناحیه رویشی ایرانوتورانی (Irano-Turanian region) طبقه‌بندی شده است. به‌علاوه این منطقه شامل دو نوع اقلیم متنوع است: ۱) آب و هوای مرطوب و نیمه‌مرطوب و سردسیر با زمستان‌های بسیار سرد و طولانی که در ارتفاعات شمالی بالای ۳۰۰۰ متر مانند دماوند و توچال حاکم است، و ۲) اقلیم کوهپایه‌ای که دارای آب و هوای نیمه‌مرطوب و سردسیر بوده و زمستان‌هایی به‌نسبت طولانی را در بر می‌گیرد. این اقلیم در مناطقی با ارتفاع تا ۲۰۰۰ متر مانند آبعلی، فیروزکوه، گلندوک، سد امیرکبیر و دره طالقان وجود دارد (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه از منظر اقلیم‌شناسی زیستی (۱۳) در طبقه مدیترانه‌ای قاره‌ای خشک (Mediterranean Xeric-Continental) و به میزان بسیار محدودی در طبقه مدیترانه‌ای قاره‌ای چندفصلی (Mediterranean Pluviseasonal-Continental) قرار می‌گیرد. به‌علاوه از منظر زونوبیومی (۶) در محدوده زونوبیوم VII (rIII) طبقه‌بندی می‌شود. البرز مرکزی مرتفع‌ترین اکوسیستم کوهستانی شمال کشور محسوب می‌شود که رودخانه‌های پرآبی چون جاجرود، کرج و طالقان در دامنه‌های جنوبی آن جاری است. هیدرواقلیم این ناحیه به شدت متأثر از پوشش برف فصلی بوده و بخش قابل توجهی از کل رواناب سالیانه آن حاصل ذوب برف است (۳). بارندگی‌های این منطقه از ماه‌های آبان و آذر آغاز شده و تا اواسط اردیبهشت‌ماه ادامه می‌یابد. این منطقه از نظر اقلیمی

دارای تنوع زیادی می‌باشد به گونه‌ای که از اقلیم بیابانی در قسمت‌های جنوبی شروع و تا اقلیم‌های نیمه‌مرطوب و مرطوب در قسمت‌های شمالی ادامه پیدا می‌کند. بر اساس میانگین ۳۰-۲۵ ساله اطلاعات ایستگاه‌های سینوپتیک سازمان هواشناسی کشور در منطقه البرز مرکزی، میانگین بارندگی سالانه در منطقه بین ۳۱۴-۲۵۴ میلی‌متر، میانگین دمای سالیانه ۱۷/۵-۹ درجه سانتی‌گراد و طول دوره خشکی ۶-۵ ماه می‌باشد.

خاک‌های منطقه در بخش‌های شرقی در رده خاک‌های لیتوسول حاصل از صخره‌های آذرین، خاک‌های قهوه‌ای و بلوطی (Lithosols from igneous rocks, Brown soils and Sierozem Soils)، در بخش‌های شمالی در رده خاک‌های لیتوسول برون‌جنگلی راندزین (Lithosols, Brown Forest soils and Randzinas) و در بخش‌های غربی در رده خاک‌های آهکی، قهوه‌ای و بلوطی (Calcareous Lithosols, Brown soils and Chestnut Soils) طبقه‌بندی می‌شود (۱۲).

روش مطالعه

جمع‌آوری اطلاعات

محدوده مطالعاتی بر اساس طبقه‌بندی ژئومورفولوژیک ایران تعیین شد. به علاوه نقشه ژئورفرنس‌شده ژئومورفولوژی ایران بر اساس روش Tsiftsis و همکاران (۵۴) با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS (۱۴) به خانه‌گریدهایی با قابلیت تفکیک $1^{o} \times 1^{o}$ (۱۰ × ۱۰ کیلومتر) UTM تقسیم‌بندی شد و مبنای تهیه بانک اطلاعاتی قرار گرفت. خانه‌گریدها به‌عنوان یکی از شیوه‌های نوین بوم‌شناسی جهت ارزیابی زیستگاه‌ها، تعیین غنای گونه‌ای و تعیین اولویت‌های حفاظتی به‌کار گرفته می‌شوند. بر اساس مطالعات انجام‌شده در ایران و جهان در مناطقی با ابعاد و مساحت مشابه، این خانه‌گریدها از کارایی مناسبی برخوردار بوده‌اند. سپس تمام منابع حاوی نقاط انتشار گونه‌های این جنس در محدوده مطالعاتی شامل فلور ایران (۲۲)، فلور ایرانیکا (۴۹) و مقالات موجود (۲۴ و ۵۰) مورد بررسی قرار گرفت و داده‌های اولیه انتشار جهت بررسی‌های میدانی تهیه شد. سپس در بازه زمانی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ نمونه‌برداری به‌صورت پیمایشی از نقاط گزارش شده و نیز از سایر بخش‌های منطقه مورد نظر انجام شد. نمونه‌برداری در هر سال در زمان شکوفایی گونه‌ها از اواسط فروردین تا اواسط مردادماه در فواصل ۱۰ روز یک‌بار انجام شد تا بازه فنولوژیک شکوفایی تمام گونه‌ها را پوشش دهد. جهت انتخاب ایستگاه‌های نمونه‌برداری، تنوع‌های زیستگاهی شامل تنوع ارتفاع، اقلیم، توپوگرافی، زمین‌شناسی و پوشش گیاهی جهت پوشش حداکثر تنوعات محیطی مبنا قرار گرفت. نمونه‌برداری و استقرار پلات‌ها در ایستگاه‌های نمونه‌برداری که با توجه به تنوع شرایط بوم‌شناختی و بر اساس داده‌های نقشه‌ای موجود و نیز پیمایش‌های میدانی انتخاب شد، با استفاده از روش Muller-Dombois & Ellenberg (۴۱) انجام شد. بر اساس ترکیب پوشش گیاهی منطقه، ابعاد پلات‌ها ۸ × ۸ تا ۱۶× ۱۶ متر در نظر گرفته شد، بدین ترتیب که برای اجتماعات علفی-درختچه‌ای و با تراکم بیشتر، از پلات‌های کوچک‌تر و برای اجتماعات درختچه‌ای با تراکم کمتر، از پلات‌های بزرگ‌تر استفاده شد. در هر ایستگاه ۲ تا ۳ پلات ارزیابی شد. در هر پلات عوامل توپوگرافیک مانند ارتفاع، شیب و جهت شیب ثبت شده و در هر پلات ۳ تا ۵ فرد از گونه‌های Onosma موجود در آن محل جمع‌آوری شد. به‌علاوه جهت آنالیزهای فیزیکوشیمیایی خاک (pH، کربن آلی، فسفر، پتاسیم، نیتروژن و بافت خاک) نمونه خاک هر زیستگاه از سطح تا عمق نفوذ ریشه گیاه که در گونه‌های مختلف بین ۱۰ تا ۲۲ سانتی‌متر متغیر بود جمع‌آوری شد. در هر پلات تراکم و سطح پوشش نسبی و نیز عوامل تهدید کننده مانند شدت چرای دام بر اساس روش مصداقی (۳۹)، دوری یا نزدیکی به شهرها و روستاها، معدن‌کاری، جاده‌سازی، و وجود مسیرهای کوهنوردی و گردشگری ارزیابی شد. به‌علاوه تشکیلات زمین‌شناختی ایستگاه‌ها بر اساس نقشه ساده زمین‌شناسی ایران (۱۳۸۸) و اقالیم زیستی ایستگاه‌ها بر مبنای طبقه‌بندی اقلیمی جهان (۱۳) مشخص شد.

ارزیابی حفاظتی

ارزیابی میزان تهدیدات زیستگاهی با استفاده از دستورالعمل اکوسیستمی اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت (IUCN) (۱۹)، ارزیابی وضعیت حفاظتی گونه‌ها بر اساس دستورالعمل منطقه‌ای IUCN (۸) و رده‌بندی گونه‌های نادر نیز بر اساس روش رابینوویتز (۴۷) انجام شد. گروه‌های اکولوژیک و صفات مهم متمایزکننده با استفاده از نرم‌افزار PAST ver2 مورد آنالیز رسته‌بندی (PCA = Principal Component Analysis) قرار گرفتند. یکی از کاربردهای اصلیِ تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) در آمار کاهشِ ویژگی (Dimensionality Reduction) است. این آنالیز می‌تواند مؤلفه‌های اصلی را شناسایی کند و با تعیین ویژگی‌ها و صفات با ارزش‌تر آنالیزهای آماری را دقیق‌تر و کارآمدتر می‌نماید. از آنالیز رسته‌بندی برای مرتب کردن و دسته‌بندی گونه‌های گیاهی موجود در پوشش گیاهی یک منطقه بر اساس تشابه ترکیب گونه‌ای و عوامل محیطی کنترل‌کننده آنها استفاده می‌شود.

وضعیت حفاظتی گونه‌ها توسط شاخص نادر بودن گونه (RI = Index of Species Rarity) (۵۳) و شاخص پراکنش گونه (SDI = Index of Species Distribution) مورد ارزیابی قرار گرفت. شاخص نادر بودن بر اساس فرمول زیر محاسبه شد:

$$RI= 1/Ci$$

همچنین شاخص پراکنش گونه (SDI) از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$SDI= 1- Ci /C$$

که در آن Ci تعداد خانه‌هایی است که گونه i در آن حضور دارد.

فاکتورهای اقلیم‌شناسی زیستی، زمین‌شناسی، ارتفاع، شیب، جهت دامنه، تراکم گونه، بارندگی، دما و فاکتورهای خاک (pH، کربن آلی، بافت خاک، پتاسم و فسفر) برای محاسبه شاخص ویژه‌بودن زیستگاه و فاکتورهای چرای دام، ارزش زینتی، خوش‌خوراک بودن و دسترسی –در سه سطح پایین، متوسط و بالا– به‌منظور ارزیابی میزان تهدیدها در نظر گرفته شد و هر یک از این عوامل با توجه به شرایط زیستگاه نمره‌دهی شد. در نهایت مجموع این عوامل، میزان ویژه‌بودن زیستگاه و همچنین میزان تهدید گونه‌ها را مشخص کرد.

در روابط فوق، عدد حاصل بین صفر تا یک می‌باشد که بالاترین و کمترین عدد به ترتیب برای آرایه‌های با ارزش حفاظتی بالا و پایین در نظر گرفته می‌شود. به عبارتی گونه‌ای که بیشترین نمره را داشته باشد گونه نادر محسوب شده، پراکنش محدود و رویشگاه ویژه‌ای دارد و در نتیجه ارزش حفاظتی (CV = Conservation Value) بالاتری دارد. اولویت‌های حفاظتی خانه‌ها نیز بر اساس مجموع ارزش حفاظتی و غنای گونه‌های اندمیک تعیین می‌شود، بدین‌ترتیب که بیشترین اولویت حفاظتی به خانه‌هایی تعلق می‌گیرد که مجموع این دو عامل در آنها بیشتر از سایر خانه‌ها باشد. در نهایت وضعیت بوم‌شناختی– حفاظتی رویشگاه‌ها و گونه‌های گیاهی تعیین‌شده و با اولویت‌ترین رویشگاه‌ها و گونه‌ها جهت حفاظت مؤثر و پایدار معرفی شد.

تهیه نقشه‌های انتشار

تعیین عرصه گسترش و نقشه غنای گونه‌ای بر اساس خانه‌گرید

نقشه‌های غنای گونه‌ای با کمک اطلاعات ثبت شده برای تمام گونه‌های مورد مطالعه در منطقه با استفاده از سلول‌های شطرنجی با قابلیت تفکیک ۰/۲۵° × ۰/۲۵° UTM در محیط نرم‌افزار Diva-GIS و با توجه به اطلاعاتی مانند طول و عرض جغرافیایی و تعداد گونه‌ها در هر خانه‌گرید ساخته شد. نقشه غنای گونه‌ای گونه‌های بومزاد (Endemic) نیز به همین ترتیب رسم شد.

انتخاب موقعیت مکمل (Complementarity Site Selection)

به منظور تحلیل بیشتر پراکنش و اندمیسم گونه‌ها، کمترین مساحت (تعداد گریدهای) لازم برای دربر گرفتن کلیه گونه‌های مورد مطالعه تعیین شد. این روش تحلیلی در مطالعات مربوط به انتخاب حفاظت بهینه (Optimal Reserve Selection)

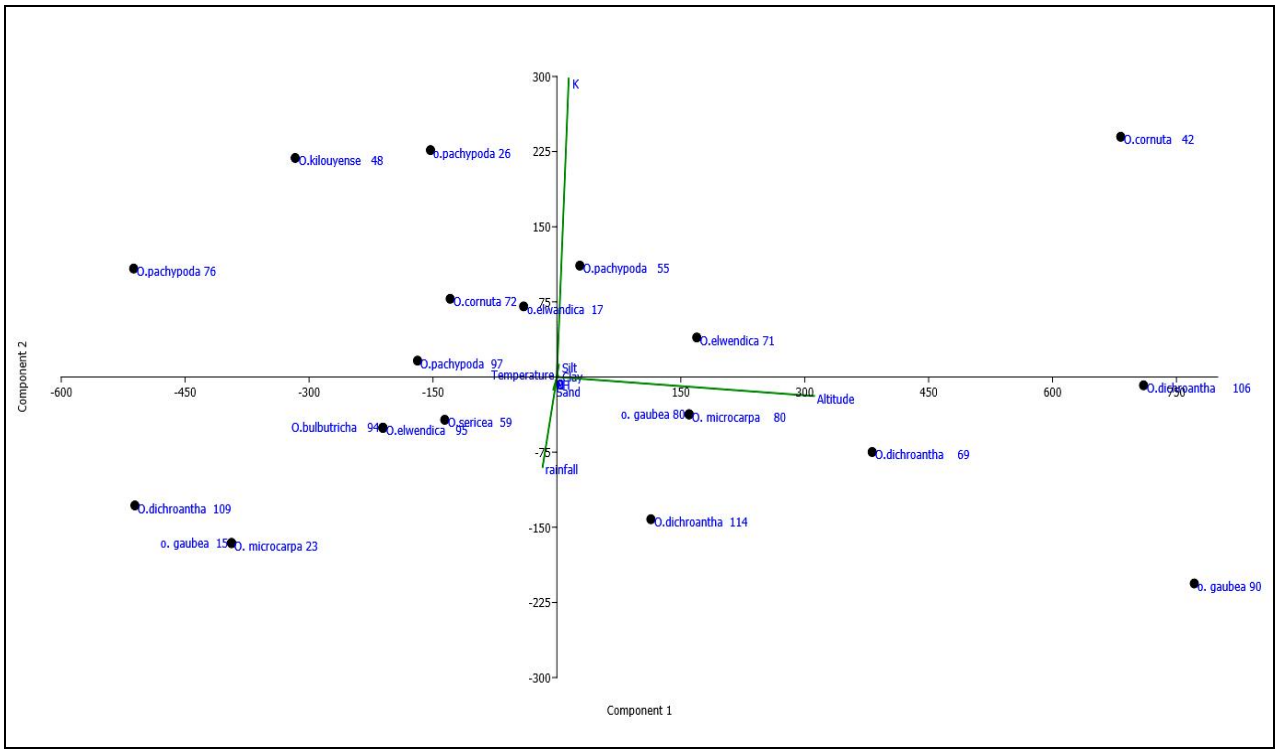
استفاده می‌شود. به این منظور با استفاده از نرم‌افزار Diva-GIS حداقل مجموعه گریدهای ممکن برای دربر گرفتن حداکثر تعداد گونه‌ها مشخص شد. ابتدا گریدی که دارای بیشترین تعداد گونه بود انتخاب شد. در گام بعدی گریدی که دارای بیشترین گونه اضافی (Additional) یا غیرمشترک با گرید اول بود انتخاب شد. این گام به‌صورت مرحله به مرحله تا در برگرفتن کلیه گونه‌ها انجام شد. در مورد گریدهایی با تعداد گونه‌های اضافی یکسان یکی از آن گریدها به‌طور تصادفی انتخاب می‌شود. به این ترتیب حداقل تعداد گریدهای لازم برای دربر گرفتن همه گونه‌ها تعیین شده و محل این گریدها بر روی نقشه به نمایش درآمد.

نتایج و بحث

مطالعات انجام شده در این منطقه نشان‌دهنده وجود ۱۷۳ جمعیت از نه گونه متعلق به جنس Onosma شامل هفت گونه از زیربخش Haplotricha شامل *O. microcarpa*، *O. dichroantha*، *O. bulbotricha*، *O. pachypoda*، *O. cornuta*، *O. gaubae* و *O. sericea*, و دو گونه از زیربخش Heterotricha شامل *O. elwendica* و *O. kilouyense* است. گونه‌های اندمیک این مطالعه شامل *O . gaubae* و *O . pachypoda,* مورد بررسی قرار گرفت. دامنه ارتفاعی گونه‌های مورد مطالعه ۳۰۶۰-۱۲۵۷ متر از سطح دریا می‌باشد که اعضای زیربخش Haplotricha در ارتفاع ۳۰۶۰-۱۲۵۷ متر و زیربخش Heterotricha در ارتفاع ۲۸۸۰-۱۵۸۹ متر حضور دارند. به علاوه دامنه انتشار ارتفاعی گونه *O. dichroantha* در بین گونه‌های مورد بررسی از گستره بالاتری (۳۰۶۰-۱۲۵۷متر) برخوردار است. شیب رویشگاه‌ها در سه سطح ملایم (۳۰-۰ درصد)، متوسط (۶۰-۳۰ درصد) و تند (۹۰-۶۰ درصد) گروه‌بندی شد و بیشتر جمعیت‌ها در رویشگاه‌هایی با شیب متوسط تا تند پراکنش داشتند. به‌علاوه بافت خاک مکان‌های استقرار این گونه غالباً از نوع شنی رسی لومی است. منطقه مورد مطالعه به دلیل کوهستانی بودن و همچنین در برخی نقاط به‌دلیل وجود شیب‌های تند از بسترهایی با عمق خاک کمتر و زهکشی بیشتر تشکیل شده که نشان‌دهنده مقاومت آن در برابر خشکی می‌باشد. به‌علاوه غالب گونه‌های مورد مطالعه در دامنه‌های جنوبی حضور دارند که می‌توان نتیجه گرفت گونه‌های جنس Onosma نورپسند بوده و رویشگاه‌های خشک را ترجیح می‌دهند. اسیدیته خاک بین ۷/۱۳ (*O. gaubae*) تا ۸ (*O. dichroantha*) نشان‌دهنده گرایش این گونه به استقرار در خاک‌های قلیایی می باشد. میزان کربن آلی بین ۰/۰۲ (*O. sericea*) تا ۳/۲۲ درصد (*O. gaubae* و *O. microcarpa*)، ازت کل خاک بین ۰/۰۰۲ (*O. sericea*) تا ۳/۲۲ درصد (*O. gaubae* و *O. microcarpa*) ، فسفر خاک بین ۰/۰۰۰۱ (*O. gaubae* و *O. microcarpa*) تا ۱۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم (*O. gaubae*)، پتاسیم خاک بین ۵۰ (*O. gaubae* و *O. microcarpa*) تا ۵۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم (*O. cornuta*) متغیر است. داده‌های خاک‌شناسی نشان می‌دهد که گونه‌های این جنس در خاک‌های با قابلیت حاصلخیزی کم تا متوسط رشد می‌کنند. بر اساس نقشه اقلیم‌شناسی ایران (۱۳) اغلب گونه‌های مورد مطالعه در رویشگاه‌هایی با اقلیم نیمه‌خشک و مدیترانه‌ای و تعداد محدودی نیز در در رویشگاه‌هایی با اقلیم نیمه‌مرطوب پراکنش یافته‌اند. به‌طور کلی بیشتر گونه‌های مورد مطالعه در رویشگاه‌هایی با میانگین بارندگی سالانه حدود ۵۰۰-۲۵۰ میلی‌متر پراکنش یافته‌اند که ویژگی خشکی‌پسند تا نیمه‌خشکی‌پسند گیاه را تأیید می‌کند. از طرفی بیشتر گونه‌های مورد مطالعه در رویشگاه‌هایی با میانگین دمای سالانه ۱ تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد پراکنش دارند. در نهایت بیشتر گونه‌های مورد مطالعه در رویشگاه‌هایی با بستر رسوبی، رسوبی- آتشفشانی، و آذرین و به‌ندرت در سازندهای کواترنری پراکنش یافته‌اند.

آنالیز رسته‌بندی (PCA)

نتایج حاصل از تحلیل مؤلفه‌های اصلی نشان می‌دهد که فاکتورهای ارتفاع، پتاسیم، دما و بارش بیشترین تأثیر را در پراکنش این گونه‌ها دارند (شکل ۲)، در حالی‌که در مطالعات



شکل ۲. نمودار حاصل از آنالیز رسته‌بندی جمعیت‌های گونه‌های مختلف جنس Onosma بر اساس فاکتورهای بوم‌شناختی ارتفاع (Altitude)، بارش (Rainfall)، دما (Temperature)، درصد شن (Sand)، درصد سیلت (Silt)، درصد رس (Clay) و میزان پتاسیم خاک (K) (رنگی در نسخه الکترونیکی)

نقی‌زاده در آذربایجان غربی فاکتورهای بارندگی، کربن آلی، EC و اسیدیته خاک (pH) و بافت خاک (۴۳)، در مطالعات مرادی در استان‌های اردبیل و آذربایجان شرقی فاکتورهای EC و اسیدیته خاک (pH)، بافت خاک و کربن آلی (۴۰)، و در مطالعات نیکجویان در بخش مرکزی زاگرس مرکزی فاکتورهای فسفر، پتاسیم، کربن آلی، درصد رس و اسیدیته خاک (pH) بیشترین تأثیر را در پراکنش این گونه‌ها داشته‌اند (۴۵).

ارتفاع از سطح دریا از جمله مهم‌ترین عوامل بوم‌شناختی مؤثر بر تنوع و پراکنش گونه‌های مختلف گیاهی است. ارتفاع از سطح دریا بر روی بسیاری از عوامل محیطی مانند دما، نور و ... تأثیر گذاشته و سبب تغییر اقلیم منطقه می‌شود که این عامل در کنار سایر عوامل محیطی سبب رویش گونه‌های مختلف و تنوع پوشش گیاهی در هر منطقه خواهد شد. به‌عنوان مثال در مطالعه حاضر گونه *O. bulbotricha* تنها در طیف ارتفاعی ۱۵۰۰–۲۰۰۰ متر در البرز مرکزی یافت می‌شود در صورتی‌که برخی گونه‌ها مانند *O. dichroathae* در برخی نقاط منطقه مورد مطالعه با ارتفاعی بیش از ۳۰۰۰ متر هم قادر به رشد هستند. با توجه به رابطه مستقیم بین گیاه و خاک، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک رویشگاه‌های مختلف می‌تواند در تنوع و پراکنش گونه‌های مختلف مؤثر باشد. پتاسیم بعد از نیتروژن، فراوان‌ترین کاتیون موجود در بافت‌های فتوسنتزی گیاه است که نقش کلیدی در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیک و متابولیک گیاه ایفا می‌کند. بنابراین با توجه به اهمیت این عنصر در زندگی گیاه، میزان در دسترس بودن آن در خاک‌های مناطق مختلف می‌تواند در پراکنش گونه‌های مختلف مؤثر باشد. به‌عنوان مثال گونه *O. gaubae* در خاک‌هایی با میزان پتاسیم ۲۲۰–۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم یافت می‌شود در صورتی‌که گونه *O. elwendica* در خاک‌هایی با میزان پتاسیم ۳۲۰–۲۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و گونه *O. cornota* در خاک‌هایی با میزان پتاسیم ۵۳۹–۳۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم یافت می‌شود. میزان

بارش سالانه از دیگر فاکتورهای مهم بوم‌شناختی در انتشار گونه‌های جنس Onosma در البرز مرکزی است. رشد سالانه هر گیاه تا حد زیادی به شدت بارندگی، مدت زمان بارش و طول فواصل خشک بستگی دارد. جنس Onosma غالباً خشکی‌پسند بوده و اغلب گونه‌های مورد مطالعه در این تحقیق در مناطقی با میزان بارش سالانه ۲۰۲ میلی‌متر یافت می‌شوند، اما برخی جمعیت‌های گونه‌های *O. elwendica*، *O. dichroantha* و *O. pachypoda* در مناطقی با میزان بارش سالانه بین ۴۳۸-۲۹۰ میلی‌متر در سال نیز قادر به رشد هستند. بنابراین الگوهای بارش متفاوت سبب ایجاد رویشگاه‌های مختلف برای گونه‌های مختلف جنس Onosma در البرز مرکزی شده است. دما از جمله عوامل بوم‌شناختی محدودکننده گونه‌های این جنس در البرز مرکزی است. برخی از گونه‌های این جنس مانند *O. bulbotricha*، *O. kilouyense* و *O. gaubae* در متوسط دمای سالانه ۱۸/۵ درجه سانتی‌گراد قادر به رشد هستند در صورتی‌که جمعیت‌های مختلف برخی گونه‌ها مانند *O. dichroantha* در دمای بین ۲۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد قادر به جوانه‌زنی و رشد هستند. بنابراین مجموعه این عوامل در کنار هم سبب تنوع و گوناگونی انتشار گونه‌های مختلف این جنس در البرز مرکزی شده است.

همچنین بر اساس نمودار حاصل از آنالیز رسته‌بندی (شکل ۲)، جمعیت‌های گونه‌های مورد مطالعه بر اساس متغیرهای محیطی نمی‌توانند به گروه‌های مجزا تقسیم شوند و جمعیت-های گونه‌های مختلف در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. این امر نشان‌دهنده این مطلب است که برخی از گونه‌های این جنس در شرایط اکولوژیک نسبتاً مشابه یافت می‌شوند و نیازهای اکولوژیک تقریباً یکسانی دارند.

نتایج ارزیابی حفاظتی

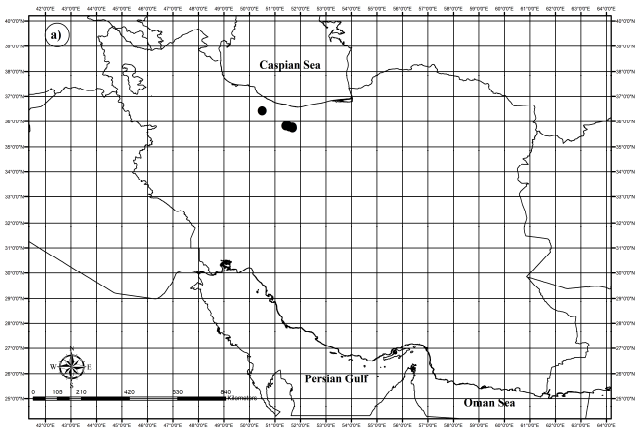
ارزیابی میزان تهدیدها نشان داد گونه *O. gaubae* با بیشترین میزان تهدید و گونه *O. microcarpa* با کمترین میزان تهدید روبرو هستند (جدول ۱). بر اساس نقشه مناطق چهارگانه حفاظت شده ایران کمتر از ۵۰ درصد از جمعیت‌های گونه‌های مختلف Onosma در منطقه مورد مطالعه در محدوده مناطق حفاظت شده قرار دارند. بر اساس شاخص نادر بودن، گونه‌های *O. gaubae* به دلیل اندازه و تعداد جمعیت بسیار پایین و دامنه پراکنش جغرافیایی محدود بر اساس الگوی Rabinowitz (۴۷) در این مطالعه نادر حساب می‌شوند. نتایج مطالعات محرابیان (۳۳) نیز نشان داده که گونه‌های نادر جنس زنگوله‌ای غالباً تک-جمعیتی بوده و تنها در یک منطقه جغرافیایی و عرصه‌های ارتفاعی محدودی پراکنش دارند که موجب آسیب‌پذیری آنها در برابر خطرات تهدیدکننده می‌شود. مهم‌ترین عامل از بعد حفاظتی، میزان تهدیدپذیری گونه‌های گیاهی است و توصیف و طبقه‌بندی وضعیت تهدید از مهم‌ترین و اساسی‌ترین مسائل حفاظت قانونی گونه‌های گیاهی می‌باشد. اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت معیارهایی را برای تعیین میزان تهدیدپذیری گونه‌ها تعیین کرده و بر پایه اصول زیست‌شناسی جمعیت، طبقه‌بندی‌های متعددی ارائه داده است (۲۸). نتایج نشان داد از نظر میزان تهدیدها، گونه اندمیک *O. gaubae* با بیشترین میزان تهدیدات روبرو است. این گونه با توجه به اینکه رویشگاه ویژه‌ای دارد و گونه نادر نیز حساب می‌شود از نظر حفاظتی در منطقه مورد مطالعه "وضعیت بحرانی" داشته و در اولویت حفاظتی قرار می‌گیرد (جدول ۱). گونه‌های *O. microcarpa* تعداد جمعیت بیشتر و اندازه جمعیت بزرگ‌تری داشته و با کمترین میزان تهدید روبرو هستند، در نتیجه از نظر حفاظتی در طبقه "کمترین نگرانی" قرار می‌گیرند.

پراکنش گونه‌های مورد مطالعه در محدوده مطالعاتی به شرح زیر است:

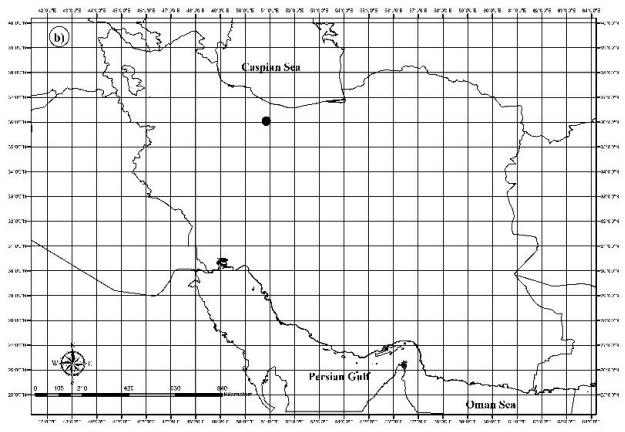
به‌طورکلی دامنه پراکنش زیربخش Haplotricha در منطقه مورد مطالعه بیشتر از زیربخش Heterotricha بوده است. بر اساس نقشه غنای گونه‌ای و نقاط داغ بوم‌زادی، بیشترین تعداد گونه‌ها و بیشترین تعداد گونه‌های اندمیک در بخش‌های غربی البرز مرکزی رخ می‌دهد که این نتایج با بررسی‌های قبلی فلور ایران مطابقت دارد (شکل ۴). غنای گونه‌ای و غنای بوم‌زادی

جدول ۱. نتایج ارزیابی حفاظتی رویشگاه‌ها و گونه‌ها

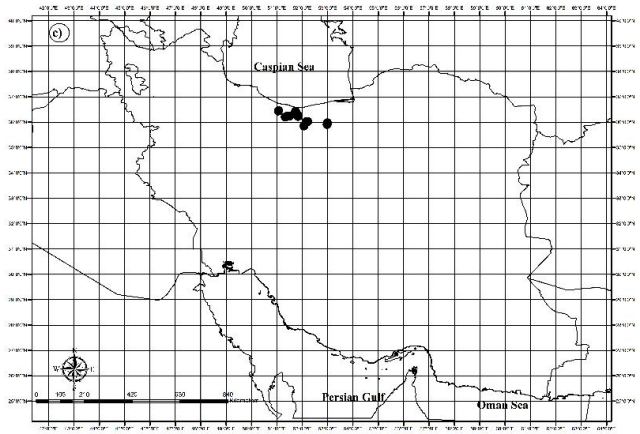
گونه	شاخص نادر بودن (RI)	شاخص پراکنش گونه (SDI)	ارزش حفاظتی (CV)	وضعیت حفاظتی
O. elwendica	۰/۰۳	۰/۸۸	۰/۹۱	دارای کمترین نگرانی
O. sericea	۰/۰۳	۰/۸۵	۰/۸۸	دارای کمترین نگرانی
O. gaubae	۰/۵	۰/۹۹	۱/۴۹	در خطر انقراض
O. pachypoda	۰/۰۷	۰/۹۴	۱/۰۱	دارای کمترین نگرانی
O.kilouyense	۰/۰۵	۰/۹۱	۰/۹۶	دارای کمترین نگرانی
O. microcarpa	۰/۰۲	۰/۷۹	۰/۸۱	دارای کمترین نگرانی
O. dichroantha	۰/۰۴	۰/۸۹	۰/۹۳	دارای کمترین نگرانی
O. cornuta	۰/۰۷	۰/۹۴	۱/۰۱	دارای کمترین نگرانی
O. bulbotricha	۰/۰۳	۰/۸۶	۰/۸۹	دارای کمترین نگرانی



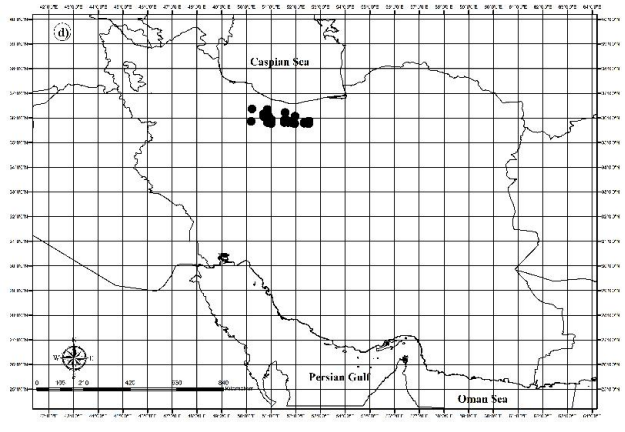
a. *O. bulbotricha*



b. *O. cornuta*

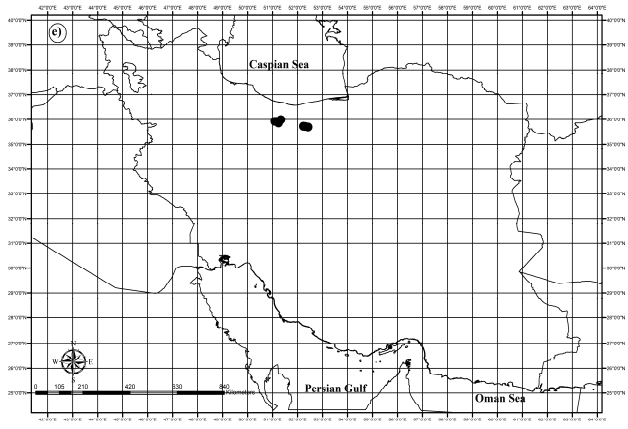


c. *O. dichroantha*

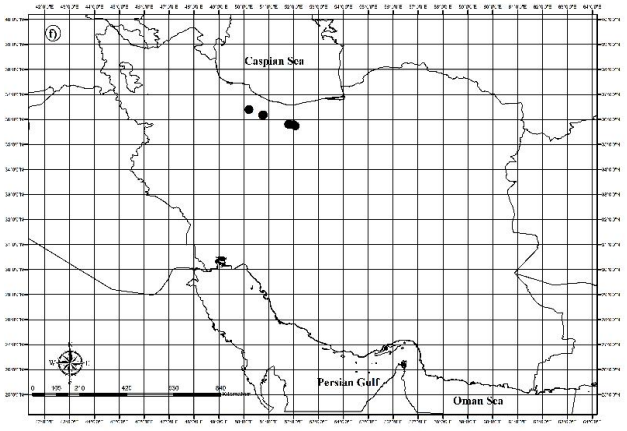


d. *O. elwendica*

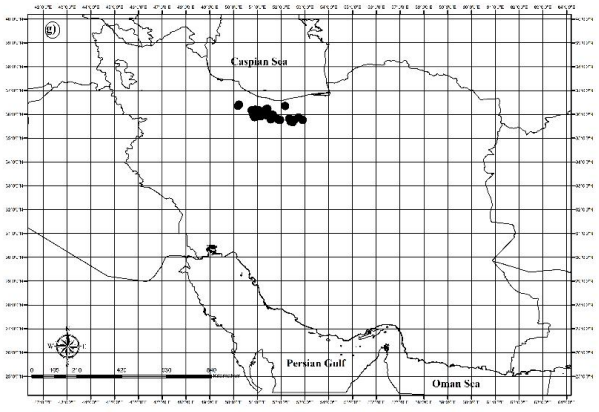
شکل ۳. نقاط پراکنش گونه‌های جنس .Onosma L در البرز مرکزی



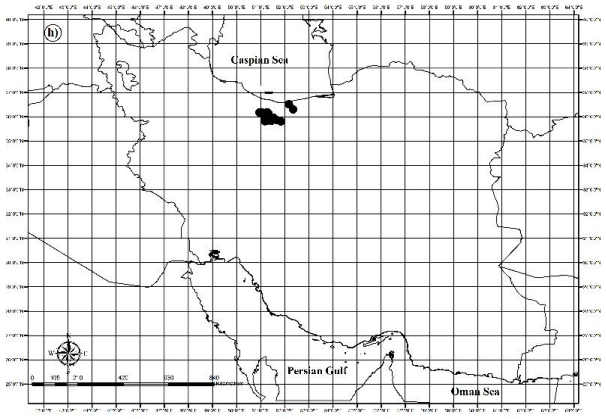
e. *O. gaubae*



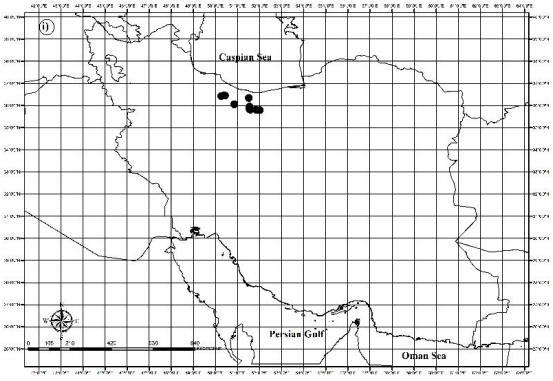
f. *O. kilouyense*



g. *O. microcarpa*



h. *O. pachypoda*

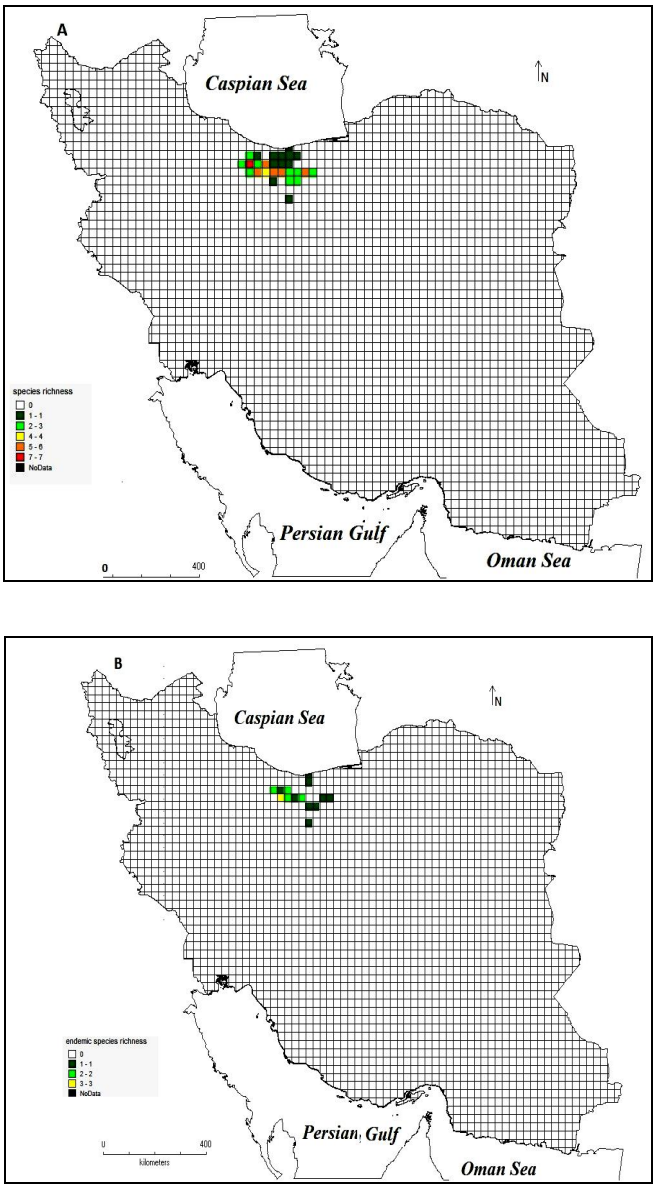


i. *O. sericea*

ادامه شکل ۳. نقاط پراکنش گونه‌های جنس .Onosma L در البرز مرکزی

بیشتر تاکسون‌های گیاهی در ایران از غرب به شرق کاهش پیدا می‌کند (شکل ۴).

شکل ۵ اولویت حفاظتی رویشگاه‌های جنس Onosma را نشان می‌دهد. رویشگاه‌ها به ترتیب اولویت حفاظتی به رنگ‌های قرمز، نارنجی، زرد و سبز نشان داده شده‌اند، بنابراین از نظر حفاظتی خانه‌های قرمز و نارنجی با اولویت‌ترین و خانه‌های

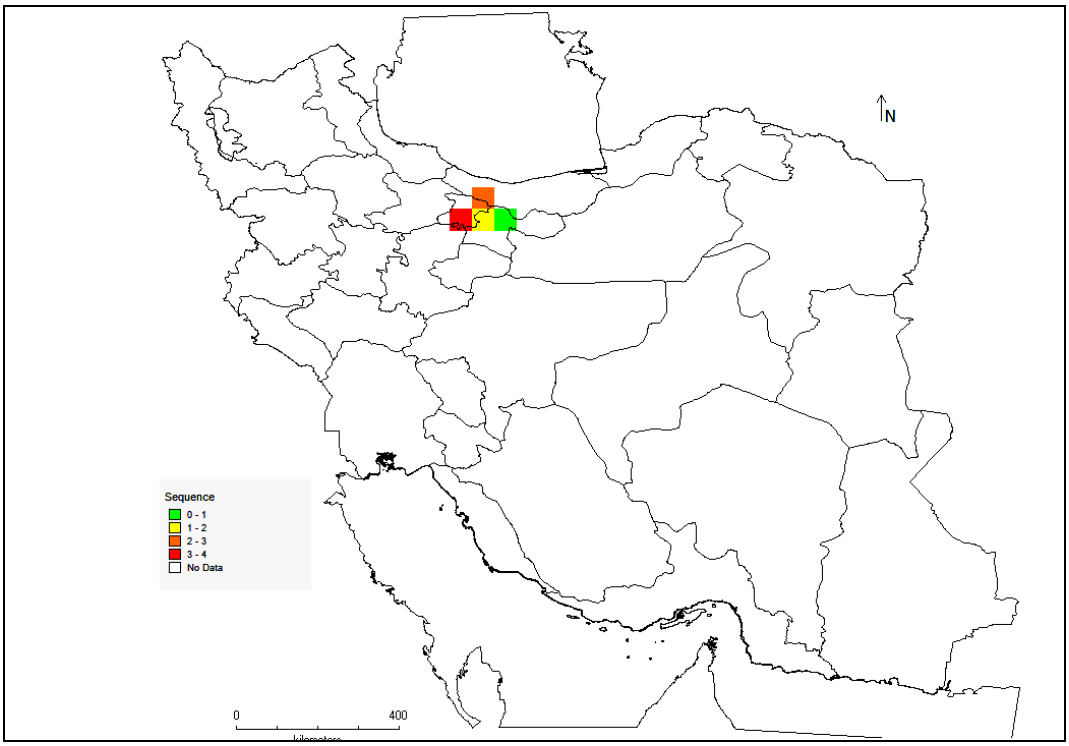


شکل ۴. غنای گونه‌ای: A) غنای کل گونه‌های جنس زنگوله‌ای در منطقه مورد مطالعه، B) غنای گونه‌های اندمیک (رنگی در نسخه الکترونیکی)

سبز و زرد کم‌اولویت‌ترین رویشگاه برای گونه‌های جنس Onosma محسوب می‌شوند.

نتایج مربوط به شرایط بوم‌شناختی زیستگاه‌های گونه‌های مورد مطالعه به ترتیب در جدول ۲ آمده است.

دامنه‌های جنوبی منطقه البرز مرکزی به‌عنوان یکی از کانون‌های مهم اندمیسم و تنوع گیاهان آوندی ایران طبقه‌بندی می‌شود (۱۶ و ۲۳). وجود شرایط اکوتونی که حاصل تقاطع منطقه جغرافیایی اروپا-سیبری و ایرانوتورانی است سبب شده تا آشیان‌های بوم‌شناختی متنوعی در این واحد ژئومورفولوژیک شکل گیرد و سبب ظهور اندمیسم‌های منطقه‌ای متعددی شده است (۱۳، ۱۶ و ۳۳). نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در این منطقه ۹ گونه انتشار دارد که غالب آنها به زیربخش Haplotricha Boiss. تعلق دارند و ۵ گونه آن انحصاری ایران است. از این تعداد ۳ گونه انحصاری منطقه البرز مرکزی (*O. gaubae* و *O. pachypoda*) و متعلق به زیربخش Haplotricha Boiss. می‌باشد. این در حالی است که بر اساس



شکل ۵. اولویت حفاظتی رویشگاه‌های جنس زنگوله ای در البرز مرکزی (رنگی در نسخه الکترونیکی)

مطالعات قبلی نیز غنای اندمیسم غالباً در بخش‌های شمال و شمال غرب متعلق به زیربخش .Haplotricha Boiss می‌باشد و در بخش‌های غرب و جنوب غرب، اندمیسم غالباً به زیربخش‌های .Asterotricha Boiss و .Heterotricha Boiss تعلق دارد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که به‌تدریج به سمت غرب بر غنای کل بخش‌های این جنس به‌ویژه زیربخش‌های .Asterotricha Boiss و .Heterotricha Boiss افزوده می‌شود که با نتایج مطالعات محرابیان (۳۳) و نیکجویان (۴۵) کاملاً مطابقت دارد. به‌علاوه شناسایی گونه‌های جدید در شمال غرب، غرب و جنوب غرب کشور (۳۰، ۳۱ و ۳۲) بر تمرکز غنا و اندمیسم این زیربخش‌ها در این مناطق تأکید می‌نماید. بر اساس مطالعات انجام‌شده گونه *O. gaubae* در بخش‌های محدودی از این منطقه در حد فاصل دره کرج و دماوند در دامنه ارتفاعی ۳۰۰۰–۱۸۱۸ متر استقرار یافته که از نظر فرم رویشی و زایشی تفاوت‌های بارزی با سایر گونه‌های این جنس دارد. رویشگاه این گونه غالباً اراضی واریزه‌ای و خاک‌های لیتوسول برون‌جنگلی راندزین، خاک‌های آهکی، قهوه‌ای و بلوطی را تحت پوشش قرار می‌دهد که با نتایج مطالعات Hedge و Wendelbo (۱۹۷۸) مبنی بر نقش خاک‌ها و بسترهای صخره‌ای خاص در ایجاد اندمیسم در ایران منطبق است. گونه *O. pachypoda* نیز از گونه‌های اختصاصی و اندمیک منطقه البرز مرکزی است که به‌صورت نسبتاً گسترده‌ای در این منطقه انتشار دارد. جمعیت‌های این تاکسون غالباً در شیب‌های تند و شکاف صخره‌ها در مناطق آلپاینی با خاک‌های لیتوسول برون‌جنگلی راندزین و در عمق خاک کم استقرار یافته است. داده‌های انتشار گونه‌ها در منطقه فلور ایرانیکا (۴۹) و نیز مطالعات محرابیان (۳۳) نشان می‌دهد که گونه‌های اندمیک این جنس دارای آشیان‌های بوم‌شناختی منحصر به‌فردی هستند. به عنوان مثال گونه‌های *O. kurdica* Teppner. و *O. sabalanica* Ponert. در ریختارهای گیاهی آلپاین، گونه‌های *O. sanandagense* Mehrabian ،Mehrabian & Mozaff. و *O. sheidai* Mehrabian در اشکوب زیرین و *O. mozaffarian* رویشگاه‌های تنک جنگل‌های بلوط غرب و *O. sarvestanica* Mozaff. & Mehrabian در درختچه‌زارهای پسته و بادام

جدول۲. اطلاعات بوم‌شناختی رویشگاههای جنس Onosma در محدوده مطالعاتی : ایرانو-تورانی (IT-Irano-Turanian)، مدیترانه‌ای (Me-Mediterranean)، کردستان-زاگرس (Ku-Za-Kurdistan-Zagros)، آتروپاتان (Atropatenian)، شمال(N-North)، شمال غرب(NW-North West)، زاگرس(Za-Zagros)، ایران مرکزی(CI-Central Iran)، شمال شرق(NE-North East)، رسوبی (Se-Sedimentary)، اتشفشانی(Vo-Volcanic)، آذرینی(Ig-Igneous)، دگرگونی(Me-Metamorphic)، افیولیت(Op-Opiolite)، مدیترانه‌ای فاره‌ای خشک(Mediterranean Xeric-continental)، مدیترانه ای چند فصلی قاره ای(Mpc- Mediterranean pluviseasonal-continental)، مدیترانه‌ای قاره‌ای بیابانی(Mdc -Mediterranean desertic-continental)، ملایم (G-Gentle)، تند (St-Steep)، تخریب شده(Ru-Ruderal)، پوشش گیاهی علفی (FV-Forb Vegetation)، گونه های پایه کوتاه و بالشتکی خاردار(DS & TC-Dwarf Scrub & Thorn Cushion)، بالشتکی خاردار تنک و باز(Open Thorn Cushion)، چرای بی رویه (OG-Over Grazing)، معدن(Mi-Mine)، جاده سازی(Ro-Road)، تغییرکاربری زمین(LUC-land Use Change)،گردشگری(Ec-Ecotourism)، انتشار محدود(RD-Restricted Distribution).

گونه	واحد جغرافیای گیاهی	واحد ژئومورفولوژیک	ریختار زمین‌شناختی	واحد اقلیم‌شناسی زیستی	ارتفاع(متر)	شیب	زیستگاه	عوامل تهدید
O. microcarpa DC.	IT, Me	N, NW, Za, CI	Se, Se-Vo, Ig, Me, Op	Mpc Mxc	1285-2919	Ge-St	Ru, DS & TC	OG-Ro
O. bulbotricha DC	IT, Me	N, NW, Za, CI	Se-Ig	Mpc Mxc	1547-2011	Ge-Me	Ru, DS & TC	Ov-Ro
O.cornuta H. Riedl	IT(At-Ku-Za)	N, NW, Za	Se-Se-Vo, Me	Mpc Mxc	2070-2084	Me-St	DS & TC, FV, OTC	OG, Ec
O. gaubae Bornm.	IT(At-Ku-Za)	N	Se-Vo	Mpc Mxc	1818-3000	Me-St	FV, OTCF	OG, Ro, RD
O. sericea Willd.	IT	N,Za,CI	Se, Se-Vo,Ig, Me, Op	Mpc Mxc	1812-2256	Me-St	DS & TC, FV, OTC	OG, Ec, LUC
O. elwendica Wettst	IT(At-Ku-Za)	N,Ci,Za	Se, Se-Vo,Ig, Me	Mpc ،Mxc Mdc	1590-2880	Ge-St	DS & TC, FV, OTCF	OG, Ec, LUC
O. pachypoda Boiss.	At	N,NW	SE-Se-Vo	Mpc Mxc	1690-2570	Ge-St	DS & TC, FV, OTC	Cl, Ec, Mi, Ro
O. dichroantha Boiss.	IT	N,NE	Se, Se-Vo,Ig, Me	Mpc وMxc	1260-3060	Ge-St	DS & TC, FV, OTC	Ec,Mi,Ro
O. kilouyense Boiss. & Hausskn	Ku-Za	N,Za	Se-Vo,Ig, Me	Mpc Mxc	1285-2927	Ge-St	DS & TC, FV, OTC	LUC,RD

استقرار دارند. به‌علاوه مطالعات انجام شده توسط محرابیان (۱۳۹۳)، مرادی (۴۰) و نیکجویان (۴۵) و معرفی گونه‌های جدید این جنس در پراونس جغرافیای آتروپاتان، کردستان- زاگرس و فارس کرمان (۱، ۳۰، ۳۱ و ۳۲) تأکیدی بر این نکته است که هر یک از گونه‌های اندمیک این جنس به رویشگاه اکولوژیک ویژه‌ای محدود شده است. انحصاری‌بودن رویشگاه-های اکولوژیک این گونه‌ها به‌عنوان یکی از شواهد محکم در جدایی برخی از کمپلکس‌های گونه‌ای این جنس مؤثر است. به‌عنوان مثال گونه‌های با قرابت تاکسونومیک زیاد مانند *O. sarvestanica* و *O. asperrima* به‌ترتیب در رویشگاه‌های درختچه‌زار و بالشتکی خاردار و گونه‌های *O. mozaffariani* و *O. sehidai* Mehrabian در جنگل‌های بلوط غرب استقرار دارند. مطالعات انجام شده در این منطقه نشان می‌دهد که گونه-های *O. bulbotricha* و *O. microcarpa* غالباً در رویشگاه‌های تخریب‌شده استقرار یافته‌اند که با نتایج سایر مطالعات انجام شده در ایران (۳۳، ۴۰، ۴۳ و ۴۵) مطابقت دارد. گونه‌های *O. elwendica*،*O. kilouyense* و *O. cornuta* در رویشگاه‌های اجتماعات بالشتکی خاردار و اجتماعات پهن‌برگ علفی که در سایر مناطق انتشار آنها (۴۹) نیز گزارش شده، پراکنش دارند. گونه *O. dichronatha* در مناطق اکولوژیک انتشار آن در محدوده فلور ایرانیکا دارای تنوع فنوتیپی بسیار گسترده می‌باشد که این تنوع در محدوده انتشار جغرافیایی آن نیز مشاهده می-شود. بررسی حدود ۲۰۰ نمونه از هرباریوم‌های دانشگاه شهید بهشتی (HSBU)، موزه تاریخ طبیعی وین (W)، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور (IRAN) و هرباریوم مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور (TARI) نشانگر این تنوع فنوتیپی گسترده در محدوده ایران، افغانستان و روسیه است که بسیاری از چالش‌های تاکسونومیک این گونه را در شرایط بوم-شناختی متنوع تحلیل می‌کند. حضور این گونه در رویشگاه‌های خشک منطقه ایرانوتورانی و اکوتون‌های منطقه ایرانوتورانی و هیرکانی تنوع ویژه‌ای را ایجاد نموده که با بررسی‌های مورفومتریک انجام شده تفاوت معناداری در صفات ریخت-شناسی آنها مشاهده نشد. به‌طورکلی سطح پوشش گونه‌های مورد بررسی در این منطقه در طبقات پوشش کم (۱۲-۵ درصد) تا متوسط (۵۰-۱۲ درصد) قرار داشته و الگوی پراکنش غالب جمعیت‌های مورد مطالعه به‌صورت غیرمنظم و تصادفی (۵) است. این در حالی است که به استثناء گونه‌های *O. pachypoda* و *O. gaubae* که غالباً در اجتماعات رویشی با سطح پوشش کم (۱۲-۵ درصد) استقرار دارند غالب گونه‌ها در رویشگاه‌هایی با سطح پوشش ۲۵ تا ۷۵ درصد پراکنش داشتند. با این حال، گونه‌های *O. bulbotricha* و *O. microcarpa* در رویشگاه‌هایی با سطح پوشش خیلی کم (کمتر از ۱۰ درصد) نیز یافت می‌شوند، اما سطح پوشش گونه-های مورد مطالعه در طبقه ۲ (۵۰-۲۵ درصد) قرار می‌گیرد.

نتیجه‌گیری کلی

گستردگی منطقه مورد مطالعه، وجود تنوع زیستگاهی، غنای گونه‌ای و فصل رویش محدود سبب دشواری نمونه‌برداری و انجام مطالعات میدانی در منطقه مورد نظر می‌گردد. این مطالعه برای اولین بار ویژگی‌های بوم‌شناختی این جنس متنوع را در منطقه البرز مرکزی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مناطق تنوع و اندمیسم این جنس بررسی کرده است. به‌علاوه با ارزیابی فاکتورهای اکولوژیک- زیستگاهی مانند اقلیم، خاک، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، روابط بین گونه‌ها و عوامل بوم‌شناختی را تشریح نموده است. به‌علاوه با تعیین اولویت‌های حفاظتی این جنس داده‌های پایه جهت حفاظت داخل و خارج از زیستگاه این گونه را فراهم نموده است. داده‌های این مطالعه می‌تواند به‌عنوان یک الگو برای انجام مطالعات اکولوژیک در خانواده گل‌گاوزبان و جنس مورد بررسی در نظر گرفته شود. به‌علاوه این یافته‌ها به-عنوان گامی مهم در راستای تحلیل الگوهای انتشار این جنس در ایران و منطقه جنوب غرب آسیا کاربرد دارد. به سبب گستردگی و تنوع این جنس در این منطقه و جمعیت‌های جغرافیایی متنوع آن، انجام مطالعات اکولوژیک و ژن‌اکولوژیک برای تحلیل دقیق جمعیت‌ها و ارزیابی همبستگی تنوع با عوامل بوم‌شناختی در این منطقه ضروری به نظر می‌رسد.

منابع مورد استفاده

1. Akhani, H. 2007. Diversity, biogeography and photosynthetic pathways of *Argusia* and *Heliotropium* (Boraginaceae) in South-West Asia with an analysis of phytogeographical units. *Botanical Journal of the Linnean Society* 155: 401-425.
2. Attar, F. and B. Hamzehee. 2007. *Onosma bisotunensis* (Boraginaceae), a New Species from Western Iran. *Novon* 17: 279-281.
3. Azizi, G., M. Rahimi, H. Mohammadi and F. Khoshakhlagh. 2017. Spatio-temporal variations of snow cover in the southern slope of central Alborz. *Physical Geography Research Quarterly* 49: 381-393.
4. Beentje, H. J., B. Adams, S. D. Davisa and A. C. Hamilton. 1994. Regional overview: Africa. pp. 101-148, In: S. D. Davis, V. H. Heywood and A. C. Hamilton (eds.), Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation. IUCN Publication Unit, Cambridge.
5. Breckle, S. W. 2002. Walter's vegetation of the earth- The ecological systems of the geo-biosphere. Springer, Heidelberg.
6. Ceballos, G. and J. H. Brown. 1994. Global patterns of mammalian diversity, endemism, and endangerment. *Conservation Biology* 9: 559-568.
7. Cecchi, L. and F. Selvi. 2009. Phylogenetic relationships of the monotypic genera *Halacsya* and *Paramoltkia* and the origins of serpentine adaptation in circum-mediterranean Lithospermeae (Boraginaceae): insights from ITS and matK DNA sequences. *Taxon* 58: 700-714.
8. Cecchi, L., A. Coppi and F. Selvi. 2016. *Onosma juliae* (Boraginaceae), a new species from southern Turkey, with remarks on the systematics of *Onosma* in the Irano-Turanian region. *Phytotaxa* 288: 201-213.
9. Cecchi, L., A. Coppi and F. Selvi. 2011. Evolutionary dynamics of serpentine adaptation in *Onosma* (Boraginaceae) as revealed by ITS sequence data. *Plant systematics and evolution* 297: 185-199.
10. Craig, M. 2002. Strategies to protect biological diversity and the evolutionary processes that sustain it, *Systematic Biology* 51: 238-254.
11. Davis, P. H. 1978. Flora of Turkey, Vol. 6. Edinburgh University Press, Edinburgh.
12. Dewan, M. L., J. Famouri, M. Farmanara, R. Mahjoori, N. Pirooz, M. Samadi, M. Vakilian and P. Verof. 1963. Soil Map of Iran. Food and Agriculture Organization, United Nations, Rome.
13. Djamali, M., H. Akhani, R. Khoshravesh, P. Anderieu, P. Ponel and S. Brewer. 2011. Application of the global bioclimatic classification to Iran: implications for understanding the modern vegetation and biogeography. *Ecologia Mediterranea* 37: 91-114.
14. ESRI, 2003. ArcView GIS Ver. 10.2. Environmental Systems Research Institute Inc., California.
15. Hawkins, B. A., E. E. Porter and J. A. F. Diniz-Filho. 2003. Productivity and history as predictors of the latitudinal diversity gradient for terrestrial birds. *Ecology* 84: 1608-1623.
16. Hedge, I. C. and P. Wendelbo. 1978. Patterns of distribution and endemism in Iran. *Notes from the Royal Botanic Garden, Edinburgh* 36: 441-464.
17. Huang, J., B. Chen, C. Liu, J. Lai, J. Zhang and K. Ma. 2012. Identifying hotspots of endemic woody seed plant diversity in China. *Diversity and Distributions* 18: 673-688.
18. IUCN. 2011. Guidelines for appropriate uses of IUCN Red List Data. Incorporating the guidelines for reporting on proportion threatened and the guidelines on scientific collecting of threatened species, Version 2. Adopted by the IUCN Red List Committee and IUCN SSC Steering Committee, Gland, Switzerland.
19. Keith, D. A., J. P. Rodrıguez, T. M. Brooks, M. A. Burgman, E. G. Barrow and L. Bland. 2015. The IUCN Red List of Ecosystems: motivations, challenges and applications. *Conservation Letters* 8: 214-226.
20. Kerr, J. and L. Packe. 1997. Habitat heterogeneity as a determinant of mammal species richness in high-energy regions. *Nature* 385: 252-254.
21. Khalili, A. 2005. Climate of Iran. In: M. J. Malakouti, M. Bybordi, M. H. Banaei and A. Moameni (eds.), The soils of Iran- New achievements in perception, management and use. Sana, Tehran. (in Farsi).
22. Khatamsaz, M. 2002. Boraginaceae. pp. 114-167, In: M. Assadi, A. A. Maassoumi and M. Khatamsaz (eds.), Flora of Iran. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran. (In Farsi).
23. Klein, J. C. 1982. Les groupements chionophiles de l'Alborz central (Iran) Comparaison avec leurs homolegues d' Asie centrale. *Phytocoenologia* 10: 463-486.
24. Kolarc˘ik, V., J. Zozomova´-Lihova´and P. Ma´rtonfi. 2010. Systematics and evolutionary history of the Asterotricha group of the genus *Onosma* (Boraginaceae) in central and southern Europe inferred from AFLP and nrDNA ITS data. *Plant Systematics and Evolution* 290: 21-45.
25. Kreft, H. and W. Jetz. 2007. Global patterns and determinants of vascular plant diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104: 5925-5930.

26. Linder, H. P., H. Kurzweil and S. D. Johnson. 2005. The Southern African orchid flora: composition, sources and endemism. *Journal of Biogeography* 32: 29-47.
27. Linder, H. P. 2001. Plant diversity and endemism in subSaharan tropical Africa. *Journal of Biogeography* 28: 169-182.
28. Mace, G. M. and R. Lande. 1991. Assessing extinction threats: towards a reevaluation of IUCN threatened species categories. *Conservation Biology* 5: 148-157.
29. Margules, C. and R. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243-253.
30. Mehrabian, A. R. and M. Amini Rad. 2018. *Onosma moussavi sp nov* (Boraginaceae) from Zagros Mountain(s), Iran. *Feddes Repertorium* 0: 1-8.
31. Mehrabian, A. R. and V. Mozaffarian. 2018. Seven New Species of *Onosma* L. (Boraginaceae) with emphasis on their habitats in Iran. *TAIWANIA* 4: 366-388.
32. Mehrabian, A. R., M. Sheidai and V. Mozaffarian. 2014. Micromorphology of leaf trichomes in *Onosma* (Boraginaceae) and their systematic relevance in Iran. *Phytologia balcanica* 20: 33-48.
33. Mehrabian, A. R. 2015. Distribution patterns and diversity of Onosma in Iran: with emphasis on endemism conservation and distribution pattern in SW Asia. *Rostaniha* 16: 36-60. (In Farsi).
34. Mehrabian, A. R., M. Amini Rad, A. H. Pahlevani and A. Moazeni. 2015. The map of distribution patterns and geobotany of Iranian endemic Monocotyledons. Shahid Beheshti University, Tehran.
35. Mehrabian, A. R. and S. Sayadi. 2018. Distribution patterns and conservation status of Iranian crop wild relatives (GP1). Shahid Beheshti University, Tehran.
36. Mehrabian, A. R., S. Sayadi, M. Majidi, H. Hashemi and M. Abdoljabari. 2018. Distribution patterns and conservation status of Iranian endemic trees and shrubs with the exception of *Astragalus*. Shahid Beheshti University, Tehran.
37. Mehrabian, A. R., F. Khajoei Nasab, F. Alinejad, M. Khaleghi and R. Hemati. 2020. Distribution patterns and priority for conservation Iran aquatic plants. Shahid Beheshti University, Tehran.
38. Memariani, F., V. Zarrinpour and H. Akhani. 2016. A review of plant diversity, vegetation and phytogeography of the Khorassan-KopetDagh floristic province in the Irano-Turanian region (northeastern Iran- southern Turkmenistan). *Phytotaxa* 249: 8-30.
39. Mesdaghi, M., 2008. Range management in Iran, 5th Edition. Publications of Imam Reza University, Mashahd. (In Farsi).
40. Moradi Zinab H. 2017. Geobotany evaluation of endemic species of *Onosma* L. (Boraginaceae) in order to protect and manage habitats in Ardebil and East Azarbaijan provinces, MSc thesis. Shahid Beheshti University, Tehran. (In Farsi).
41. Mueller-Dumbois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York.
42. Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853- 858.
43. Naghizadeh, S. 2017. Geobotany evaluation of endemic species of *Onosma* L. (Boraginaceae) in order to protect and manage habitats in West and East Azarbaijan provinces, MSc thesis. Shahid Beheshti University, Tehran. (In Farsi).
44. Naquinezad, A. and F. Attar. 2016. *Onosma ghahremanii sp nov* (Boraginaceae), a new species from Alborz Mts, Iran. *Phytotaxa* 268: 286-290.
45. Nikjouyan, M. J. 2018. Geobotany evaluation of species of *Onosma* L. (Boraginaceae) in order to protect and manage habitats in Central Zagros, MSc thesis. Shahid Beheshti University, Tehran. (In Farsi).
46. Noroozi, J., H. Akhani, and S. W. Breckle. 2008. Biodiversity and phytogeography of the Alpine flora of Iran. *Biodiversity Conservation* 17: 493-521.
47. Rabinowitz, D. 1981. Seven forms of rarity. pp. 205-217, In: A. S. Pullin (ed.), Conservation Biology. Cambridge University Press, Cambridge.
48. Rahimi, S., Z. Karimi Bekr, A. R. Mehrabian and F. Khajoei Nasab. 2019. Distribution patterns and conservation status of Haloparsite plant of Iran. Shahid Beheshti University, Tehran.
49. Riedl, H. 1967. Boraginaceae. pp. 1-281. In: K. H. Rechinger (ed.), Flora Iranica, Flora des iranischen Hochlandes und der umrahmenden Gebirge, vol. 48. University Press, Edinburgh.
50. Sayadi, S. and A. R. Mehrabian. 2016. Diversity and distribution patterns of Solanaceae in Iran: Implications for conservation and habitat management with emphasis on endemism and diversity in SW Asia. *Rostaniha* 17: 136-160. (In Farsi).
51. Sayadi, S. and A. R. Mehrabian. 2017. Distribution patterns of Convolvulaceae in Iran: priorities for conservation. *Rostaniha* 18: 181-197. (In Farsi).
52. Scheiner, S. M. and J. M. Rey-Benayas. 1994. Global patterns of plant diversity. *Evolutionary Ecology* 8: 331-347.
53. Takahashi, H. 2009. Geographical distribution patterns of the Apiaceae in Sakhalin and the Kuril Islands. *Biodiversity and Biogeography of the Kuril Islands and Sakhalin* 3: 1-34.

54. Takhtajan, A. 1986. Floristic regions of the world. University of California Press, California.
55. Tsiftsis, S., I. Tsiripidis and V. Karagainnakidou. 2009. Identifying areas of high importance for orchid conservation in East Macedonia (NE Greece). *Biodiversity & Conservation* 18: 1765-1780.
56. Weigend, M., M. Gottsschling, F. Selvi and H. H. Hilger. 2009. Marbleseeds are gromwells- Systematics and evolution of Lithospermum and allies (Boraginaceae tribe Lithospermeae) based on molecular and morphological data. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 52: 755-768.
57. Whittaker, R. H. 1975. Communities and ecosystems, 2nd Edition. MacMillan Publishing Co., New York.
58. Williams, P. H. D., C. Margules, A. Rebelo, C. Humphries and R. Pressey. 1996. A comparison of richness hotspots, rarity hotspots, and complementary areas for conserving diversity of British birds. *Conservation Biology* 10: 155-174.
59. Zhongqoiang, L. I., Y. U. Dan, X. Wen, W. Dong and T. U. Manghui. 2006. Aquatic plants diversity in arid zones of Northwest China: patterns, threats and conservation. *Biodiversity and Conservation* 15: 3417-3444
60. Zohary, M. 1973. Geobotanical foundatios of the Middle East, vol. 2. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.

IJAE
Iranian Journal of Applied Ecology

Distribution Patterns and Endemism of the genus *Onosma* L. (Boraginaceae) in Central Alborz

F. Khajoei Nasab[1], A. R. Mehrabian[1*] and A. Neemati Parshkouh[1]

(Received: April 05-2020; Accepted: July 14-2020)

Abstract

The evaluation as well as data banking of distribution patterns are considered as the most important management action for the conservation of biodiversity. Iran is considered as one of the most important of diversity centers of *Onosma* L. and includes a high rate of endemism. Due to the lack of adequate data on conservation and distribution patterns of the genus at local scale, the current study was conducted in Central Alborz, as an important diversity and endemism centers in Iran, based on field and herbarium assessments, using Geographic Information System. Sampling was performed as a survey of reported points as well as other parts of the region. For physico-chemical analysis of soils, pH, nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), organic carbon (C) and soil texture of each habitat were measured from the surface to the depth of plant roots. Results indicated that studied species are mainly distributed at the elevation range of 1257 to 3060 m.a.s.l. Members of Haplotricha subdivision are scattered at an altitude of 307 to1257 m and Heterotricha subdivision at an altitude of 2880-1589 m. Dominantly, the studied species are distributed in semi-arid and Mediterranean climates. However, some species are distributed in semi-humid climate. Generally, most of the species are distributed in habitats with an average annual rainfall of about 250 to 500 mm, on sedimentary, sedimentary-volcanic, igneous and rarely on quaternary deposits. Soils` pH ranged between 7.13 (*O. gaubae*) and 8 (*O. dichroantha*). Studied species are often on loamy clay sandy soils. Less than 50% of the populations of various *Onosma* species, across the study area, are located in protected areas. In addition, *O. gaubae* is classified as a rare taxon with a priority for conservation, due to its very small population size and geographical range. The current study has also analyzed the distribution patterns of *Onosma* in Central Alborz region, based on geo-botanical factors. Findings of this study can be used as an important step to improve the distribution patterns of the genus in Iran and the southwest Asia.

Keywords: *Onosma*, Distribution pattern, Geology, Phytgeography, Northwestern geomorphological unit

1. Department of Plant Sciences and Biotechnology, Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
*: Corresponding Author, Email: A_mehrabian@sbu.ac.ir