



Zoning of potential areas for habitat of black caraway (*Elwendia persica* (Boiss.) Pimenov & Kljuykov) (Case Study: Yazd Province)

Zahra Farahmandian¹, Mahdi Taze², Mohammad Javad Ghanei Bafghi^{3*}, Mostafa Shirmardi⁴ and Gholamreza Zarei⁵

- 1- M.Sc. graduate in Desert Management and Control, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran
- 2- Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran
- 3*- Corresponding Author, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Ardakan, Ardakan, Iran, E-mail: mjghaneib@ardakan.ac.ir
- 4- Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran
- 5- Department of Agriculture, Maybod Branch, Islamic Azad University, Maybod, Iran

Received: 18/04/2025

Revised: 01/11/2025

Accepted: 11/11/2025

Abstract

Background and Objectives: Climatic diversity in Iran allows the cultivation of a wide range of medicinal plants, and the medicinal plant industry offers significant opportunities for both domestic use and export. The type of plant cultivated, the cultivated area, ecological conditions, and economic importance all influence the quality and quantity of medicinal plant products. Caraway-seed (*Elwendia persica*) is particularly important in crop rotation systems in dry and semi-dry regions due to its low water requirements, high export value, and its role in generating employment in the agricultural sector. Caraway-seed exhibits several medicinal properties, including treatment of stomach ulcers, fever reduction, lowering of blood lipids and cholesterol, anti-allergic effects, and reduction of blood sugar levels. Its essential oil also possesses antioxidant properties and is widely used as a flavoring agent in foods, chocolate, and cheese. Considering its low water requirements and economic and medicinal significance, this research aims to identify regions within Yazd Province suitable for Caraway-seed cultivation to support agricultural planning and optimize crop production.

Methodology: Yazd Province lies between 33°22' and 36°29' northern latitude and 48°52' and 56°36' eastern longitude, covering approximately 7.9% of Iran's total area. It is located in the central, dry, and low-rainfall region of the country, bordered to the north by Semnan Province, to the west and northwest by Isfahan Province, to the east by Razavi Khorasan and South Khorasan provinces, to the southeast by Kerman Province, and to the southwest by Fars Province. In this study, suitable ecological conditions for Caraway-seed growth were first determined through scientific literature review, library research, and habitat assessment. Next, thematic maps were generated based on the collected environmental and meteorological data. Potential habitats for Caraway-seed were identified by integrating these datasets within a Geographic Information System (GIS) framework. Soil properties considered included pH, electrical conductivity, and soil saturation percentage. Meteorological variables included wind speed, maximum and minimum temperatures, average temperature, atmospheric pressure at sea level, relative humidity (maximum and minimum), sunshine hours, average dry and wet temperatures, precipitation, snowfall, evaporation, and transpiration. Absolute maximum and minimum temperatures were also included. Effective biophysical parameters, including slope,



slope direction, and elevation, were derived from a 1:25,000 scale Digital Elevation Model (DEM). Finally, GIS maps for each parameter relevant to Caraway-seed growth were generated and analyzed to identify suitable cultivation areas.

Results: The study indicated that altitude posed the greatest limitation for Caraway-seed cultivation, as the lowest eligible growth areas were observed at higher elevations. In contrast, minimum temperature was favorable for cultivation across nearly the entire province, whereas maximum temperature presented challenges in lowland regions. Integration of all maps revealed that approximately 1,528,560 hectares of Yazd Province are suitable for Caraway-seed cultivation, while 5,791,940 hectares are unsuitable due to environmental and climatic limitations.

Conclusion: Extensive low-elevation plains, widespread saline soils in low-lying areas, and the hot, dry climate of Yazd Province make environmental and climatic factors the primary constraints for Caraway-seed cultivation. Consequently, cultivation potential is largely restricted to elevated lands, which offer favorable conditions regarding temperature, soil quality, water salinity, and rainfall. The integrated map generated in this study indicates that approximately 26.3% of the central and western regions have suitable conditions for Caraway-seed cultivation. However, local assessments are recommended to validate these findings and ensure the successful establishment and growth of this economically and medicinally valuable crop.

Keywords: Agroecological, topography, Geographic Information System, medicinal plant

پهنه‌بندی مناطق مستعد برای رویشگاه زیره سیاه (*Elvandia persica* (Boiss.) Pimenov & Kljuykov) (مطالعه موردی: استان یزد)

زهرا فرهنگیان^۱، مهدی تازه^۲، محمد جواد قانع بافقی^{۳*}، مصطفی شیرمردی^۴ و غلامرضا زارعی^۵

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت و کنترل بیابان، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

۲- دانشیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

۳- نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.

پست الکترونیک: mjghaneib@ardakan.ac.ir

۴- دانشیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

۵- دانشیار، گروه علمی کشاورزی، واحد میبد، دانشگاه آزاد اسلامی، میبد، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۰

تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۴/۰۸/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۹

چکیده

سابقه و هدف: تنوع اقلیمی در ایران، موجب شده است تا امکان پرورش بسیاری از گیاهان دارویی، فراهم گردد. صنعت گیاهان دارویی مزیت بالایی در صادرات دارد. نوع گیاه کشت شده، میزان تولید محصول زیرکشت، اثر عوامل اکولوژیکی و اهمیت اقتصادی آن بر کمیت و کیفیت تولید گیاه دارویی اثرگذار است. گیاه دارویی زیره سیاه به دلیل نیاز آبی پایین، ارزش صادراتی بالا و نقشی که در اشتغال‌زایی بخش کشاورزی دارد، از اهمیت ویژه‌ای در تناوب کشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک برخوردار است. آثار مهم دارویی برای زیره سیاه ذکر شده که درمان زخم‌معد، تب‌بر، کاهش چربی و کلسترول خون، ضد آلرژی و کاهش قند خون ازجمله آن می‌باشد. اسانس زیره سیاه خاصیت ضد اکسایشی داشته و در طعم غذا، شکلات و پنیر استفاده می‌شود. از این‌رو، با توجه به نیاز آبی کم این گیاه، بررسی مناطق مستعد رشد این گونه در استان یزد هدف این تحقیق می‌باشد.

مواد و روش‌ها: استان یزد با مختصات جغرافیایی ۲۹° ۳۶' تا ۲۲° ۳۳' عرض شمالی و ۵۲° ۴۸' تا ۳۶° ۵۶' طول شرقی و ۷/۹ درصد از مساحت کشور را تشکیل می‌دهد و در بخش خشک و کم باران مرکزی ایران واقع شده است. در این تحقیق، ابتدا از طریق جستجوی علمی، مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی زیستگاه‌های گونه مورد مطالعه، شرایط اکولوژیکی مناسب برای رشد گونه زیره سیاه به‌دست آمد. در مرحله دوم، با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده، مبادرت به تهیه و تولید نقشه‌های موضوعی مختلف گردید. سپس با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی به‌دست آمده و تلفیق آنها در محیط GIS، اقدام به مکان‌یابی بالقوه رویشگاه گونه زیره سیاه شد. در این تحقیق از متغیرهای فیزیکی و شیمیایی مانند pH، هدایت الکتریکی و درصد اشباع خاک و متغیرهای هواشناسی شامل سرعت باد، دمای حداکثر، دمای حداقل، میانگین دما، فشار از سطح دریا، رطوبت نسبی حداکثر، رطوبت نسبی حداقل، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، میانگین دمای خشک، میانگین دمای تر، بارندگی، بارش برف، تبخیر و تعرق، دمای مطلق حداقل و حداکثر و پارامترهای بیوفیزیکی مؤثر نیز شامل جهت، ارتفاع و شیب با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ استفاده شد. سپس نقشه نقاط هریک از پارامترهای هواشناسی مؤثر در رشد زیره سیاه در سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه گردید.

نتایج: نتایج تحقیق نشان داد بیشترین محدودیت مربوط به ارتفاع است که کمترین سطح حائز صلاحیت برای رویش در آن مشاهده شد و در مقابل پارامتر دمای حداقل تقریباً در تمام مراتع سطح استان برای کشت این محصول مناسب بود و دمای حداکثر بیشتر در مناطق دشتی مشکل‌زا بود. با توجه به تلفیق نهایی نقشه‌ها، مشخص گردید که ۱۵۲۸۵۶۰/۸ هکتار از اراضی استان دارای شرایط مطلوب برای کشت زیره سیاه می‌باشد و ۵۷۹۱۹۴۰/۷ هکتار از اراضی نامناسب است.

نتیجه‌گیری: وجود دشت‌های وسیع با ارتفاع کم در استان به همراه گسترش اراضی شور در بیشتر مناطق پست و اقلیم گرم و

خشک آن باعث شده متغیرهای محیطی و اقلیمی مهمترین عامل محدودکننده کشت این گونه در استان باشد و امکان کشت آن عمدتاً محدود به اراضی مرتفع گردد. این اراضی از نظر دمایی، کیفیت خاک و آب به لحاظ هدایت الکتریکی و میزان بارندگی، قابلیت کشت این گونه را دارد. نقشه نهایی حاصل از تلفیق اطلاعات نشان داد که مساحتی حدود ۲۶/۳ درصد از نواحی مرکزی و غربی استان استعداد کشت زیره سیاه را دارد. البته بررسی شرایط محلی در این زمینه الزامیست.

واژه‌های کلیدی: اگرواکولوژیکی، توبوگرافی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، گیاه دارویی.

مقدمه

استفاده بهینه از اراضی، نیازمند ارزیابی دقیق منابع بوم‌شناختی در جهت تولید است. به علت اینکه گیاهان دارویی شرایط اقلیمی و محیطی خاصی را برای رشد دارند، کارشناسان توجه ویژه‌ای به ارزیابی تناسب اراضی دارند و بر پایه مدل‌های بوم‌شناختی-کشاورزی، منابع محیطی را با روش‌های مناسب شناسایی، ارزیابی و به‌منظور اهداف خاصی قابلیت‌سنجی می‌نمایند (Saadatfar et al., 2019). زیره سیاه یا زیره کوهی (*Elvendia persica*) گیاهی است علفی، چند ساله از خانواده چتریان (Apiaceae)، بی‌کرک، به ارتفاع ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر و دارای ساقه توخالی، شیاردار و منشعب از قاعده، ریشه‌ای دوکی شکل، راست، گوشتدار و برگ‌های این گیاه نخ‌شکل و به رنگ سبز روشن است. گل آن کوچک، سفید یا صورتی و مجتمع به صورت چتر مرکب است. میوه‌اش بیضی شکل از نوع شیزوکارپ به طول ۴ تا ۶ میلی‌متر به قطر ۱ تا ۱/۵ میلی‌متر، بی‌کرک، به رنگ قهوه‌ای شکلاتی یا قهوه‌ای مایل به زرد و شفاف است. میوه زیره سیاه بوی مطبوعی دارد که ناشی از وجود اسانس در آن می‌باشد. اسانس در حفره‌های مخصوص (از نوع شیزون) ذخیره می‌شود. آثار مهم دارویی زیره سیاه بر سلامتی، درمان زخم معده، تب‌بر، کاهش چربی و کلسترول خون، ضد آلرژی و کاهش قند خون و بسیاری فواید دیگر از خواص دارویی مهم این گیاه می‌باشد. اسانس زیره سیاه خاصیت ضد اکسایشی داشته و در طعم غذا، شکلات و پنیر استفاده می‌شود (Haghirossadat et al., 2010).

پراکنش طبیعی این گیاه، منطقه محدودی از غرب آسیا است که شامل نیمه شرقی ایران می‌شود. زیره سیاه گیاهی خودرو است که در نواحی مرتفع رشد می‌کند (Nourihoseini

2015, & Zabihi). پراکنش زیره سیاه در ایران در نواحی شمال‌شرقی، مناطق سمنان، دامغان، شاهرود، یزد، اصفهان، کرمان، تهران و شیراز است و تحقیقات حکایت از آن دارد که در ایران و به‌ویژه استان خراسان رضوی توانایی خوبی برای تولید زراعی این گیاه ارزشمند وجود دارد (Askarzadeh et al., 2005). میوه‌های زیره سیاه به دو صورت مستقیم و یا از طریق اسانس آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. دوره رشد زیره سیاه کوتاه است و قبل از تابستان خشک می‌شود. در کشورهای هندوستان و پاکستان زیره سیاه با توجه به اهمیت بالایی که در زمینه دارویی دارد، سالانه مقادیر زیادی تولید می‌گردد (Mojnoon Hosseini & Twelve Imams, 2007). با توجه به سازگاری زیره سیاه با شرایط اگرواکولوژیکی، برای افزایش عملکرد کمی و کیفی میوه این گیاه، از عناصر غذایی فسفر، نیتروژن و پتاسیم استفاده می‌شود و از لحاظ حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی پایدار دارای اهمیت است. رشد این گیاه، از نوع هایپوکوتیل (*hypocotyls*) یعنی سبز شدن گیاه از طریق طویل شدن محور زیر لپه‌ها انجام می‌شود. بنابراین دانه‌ها در زمان سبز شدن از خاک خارج می‌شوند. کارشناسان چنین شیوه رشد را ریشه‌بنیان (*root origin*) نیز نامیده‌اند. گرده‌افشانی گیاه مزبور از طریق حشرات و خودگشنی انجام می‌شود. گلدهی و میوه‌دهی گیاه در فاصله زمانی ژوئن (خرداد) تا سپتامبر (شهریور) رخ می‌دهد (Pourkazem, 2018). زیره سیاه اغلب به‌طور وحشی در نواحی مرتفع و مرطوب می‌روید. رویش بذرها در دمای ۷ تا ۹ درجه سانتی‌گراد است. این گیاه در طول رشد و نمو به درجه حرارت بالا نیاز ندارد، برای گلدهی و تشکیل میوه دمای بین ۱۶ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد مناسب است (Nourihoseini & Zabihi, 2015). سازگاری ژنوتیپ‌های زیره سیاه با شرایط

آب و هوایی سرد، زمینه‌ای برای تنوع بین ژنوتیپ‌ها فراهم می‌کند، زیرا ویژگی‌های فنوتیپی به شدت تحت تأثیر شرایط آب و هوایی قرار می‌گیرند (Khan et al., 2023). بذرهای زیره سیاه قابلیت کشت در طیف وسیعی از انواع بافت‌های خاک را دارند، اما بهترین رشد در خاک‌های حاصل‌خیز و زهکش‌دار است (Pourkazem, 2018). مرحله ساقه‌دهی و تشکیل گل در زیره سیاه نیاز به آب فراوان دارد. در صورتی که آب کافی به آن نرسد، در سال دوم گیاه محصولی را تولید نمی‌کند. زیره سیاه به مقادیر فراوان مواد و عناصر غذایی، ضخامت زیاد خاک و رطوبت کافی برای رشد رویشی نیاز دارد. این گیاه تقریباً در هر نوع خاکی قابل کشت است، اما خاک‌های اسیدی و خاک‌های بسیار نرم شنی که قادر به حفظ آب نیستند، برای کشت این گیاه مناسب نمی‌باشند. برای تولید انبوه این گیاه خاک‌های با بافت متوسط (رسی-شنی) مناسب هستند. گیاهان یکساله نسبت به گیاهان دو ساله به گرما و آب بیشتری نیاز دارند و با تأخیر محصول می‌دهند. pH خاک برای زیره سیاه بین ۴/۸ تا ۷/۸ مناسب است (Omid Beigi, 1997؛ Askarzadeh, et al. 2005). در زمینه گیاهان دارویی پژوهش‌های زیادی در داخل و خارج انجام شده است. Rashid Sorkh Abadi و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی در شهرستان تربت حیدریه و در یک دوره آماری ده ساله (۲۰۱۰-۲۰۰۰ میلادی) به بررسی پهنه‌بندی مکانی کشت زعفران براساس عوامل اقلیمی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد، نقش هریک از عناصر اقلیمی بارش، دما و تعداد ساعات آفتابی، متناسب با مراحل مختلف رشد، در مناطق مختلف شهرستان متفاوت بوده و چهار درصد از اراضی شهرستان دارای کیفیت بسیار مناسب، ۵۰/۵ درصد دارای کیفیت مناسب، ۲۷ درصد دارای شرایط متوسط برای کشت، ۸/۵ درصد ضعیف و حدود ده درصد از اراضی منطقه را نقاط بسیار ضعیف دربر می‌گیرند. در تحقیقی که در استان کرمان روی تأثیر عوامل اقلیمی مدیریتی بر عملکرد و خصوصیات رشدی گیاه دارویی صنعتی حنا انجام شد، مشخص گردید که رطوبت نسبی منطقه، درصد نیتروژن خاک و میزان مصرف آب، مهمترین عوامل تأثیرگذار بر رشد و نمو گیاه حنا هستند (Pasandi Poor et al., 2018).

Saeedi Goraghani و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی تأثیر تنش‌های شوری و خشکی بر رشد و جوانه‌زنی زیره سیاه پرداختند و اعلام کردند زیره سیاه گونه‌ای حساس نسبت به تنش‌های محیطی ازجمله خشکی و شوری در مراحل ابتدایی جوانه‌زنی و رشد بذر می‌باشد (Saeedi Goraghani et al., 2017). Saadatfar و همکاران (۲۰۱۹) طی تحقیقی در منطقه چترود استان کرمان به بررسی تأثیر عوامل اقلیمی، توپوگرافی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر رویشگاه گیاه دارویی آنگوزه و پهنه‌بندی نواحی مناسب و مستعد توسعه این گیاه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداختند. نتایج نشان داد، گیاه آنگوزه از نظر تناسب اراضی در چهار پهنه (خیلی مناسب، مناسب، متوسط و ضعیف) قرار گرفته است. حدود ۱۶/۹ درصد از منطقه چترود دارای تناسب بالایی برای رویش گیاه آنگوزه می‌باشد. Samadi و همکاران (۲۰۲۰) طی تحقیقی در شمال غرب ایران (سه استان اردبیل، آذربایجان شرقی و غربی) به ارزیابی اثر عوامل اقلیمی مؤثر بر گسترش رویشگاه‌های گونه دارویی *Nepeta cataria L.* به روش تحلیل عاملی پرداختند. نتایج نشان داد، اقلیم منطقه شمال غرب کشور تحت تأثیر پنج عامل دمای گرمایشی، الگوی زمانی بارش، دمای فصل سرد، باد و بارش می‌باشد. Nilsson و Svensson (۲۰۰۵) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و داده‌های سنجش از دور به پهنه‌بندی اکولوژیکی کشاورزی و ارزیابی تناسب اراضی موز و آناناس در منطقه فونخای (Phonxay) پرداختند و نشان دادند، طبقه‌بندی شایستگی موز و آناناس در منطقه به خوبی با مناطق بدون محدودیت یا کم محدودیت مطابقت داشت و مناطق کشاورزی-اکولوژیکی مناسب برای تولید کشاورزی است. Zengin و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی به تعیین مناطق بیوکلیماتیک در ارزووم رایز (Erzurum-Rize) با بهره‌گیری از روش فاصله وزنی معکوس پرداختند و بیان کردند منطقه بیوکلیماتیک دارای رطوبت نسبی بین ۳۰ تا ۶۵ درصد و درجه حرارت ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت باد ۵ متر بر ثانیه است (Zengin et al., 2010). El-Tarawy و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهش خود به بررسی تأثیر مواد معدنی، آلی، کودهای بیولوژیکی و اسید هیومیک بر رشد رویشی و کیفیت عملکرد

توده‌های هوای مدیترانه‌ای، سودانی و سیبری است. استان یزد به دلیل واقع شدن در مرکز ایران، دوری از دریاهای شمال و جنوب و مجاورت با دشت‌های کویر و لوت دارای اقلیم گرم و خشک و بیابانی است. این استان به دلیل کویری بودن نیمی از مساحت آن و نیز کمبود میزان بارندگی و جریان‌های سطحی آب، شاغلان بخش کشاورزی آن اندک است. شکل ۱، موقعیت گستره مورد پژوهش را نشان می‌دهد.

روش تحقیق

این پژوهش در دو مرحله انجام شده است. ابتدا از طریق جستجوی علمی، مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی زیستگاه‌های گونه مورد مطالعه شرایط اکولوژیکی مناسب برای رشد گونه زیره سیاه به دست آمد. در مرحله دوم، با استفاده از اطلاعات به دست آمده، مبادرت به تهیه و تولید نقشه‌های موضوعی مختلف گردید. با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی به دست آمده و تلفیق آنها در محیط GIS اقدام به مکان‌یابی بالقوه رویشگاه گونه زیره سیاه شد. بدین منظور، نیازهای بوم‌شناختی گیاه مذکور با استفاده از منابع علمی و کتابخانه تعیین گردید و پس از آن با انجام عملیات میدانی، منطقه رویشگاهی گیاه زیره سیاه در استان یزد به عنوان منطقه مطالعاتی مشخص گردید و مشخصات آن با دستگاه جی‌بی‌اس ثبت شد. شکل ۲، موقعیت رویشگاه‌های شناسایی شده گیاه زیره سیاه در استان یزد را نشان می‌دهد.

با نمونه‌برداری خاک از سطح مناطق رویشگاهی (بافق، مهریز، اردکان، ندوشن و دربید) در ۱۳ نقطه با پراکنش مناسب و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شامل pH، هدایت الکتریکی و درصد اشباع خاک اندازه‌گیری گردید. متغیر pH در گل اشباع با استفاده از pH متر، EC در عصاره گل اشباع و با دستگاه EC متر و درصد اشباع خاک به روش توزین اندازه‌گیری شد. به منظور برآورد متغیرهای هواشناسی مؤثر در رشد گیاه زیره سیاه، از داده‌های هواشناسی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۹ متعلق به ایستگاه‌های هواشناسی استان یزد و استان‌های مجاور که نزدیک‌ترین ایستگاه‌ها به استان یزد می‌باشد، استفاده شد.

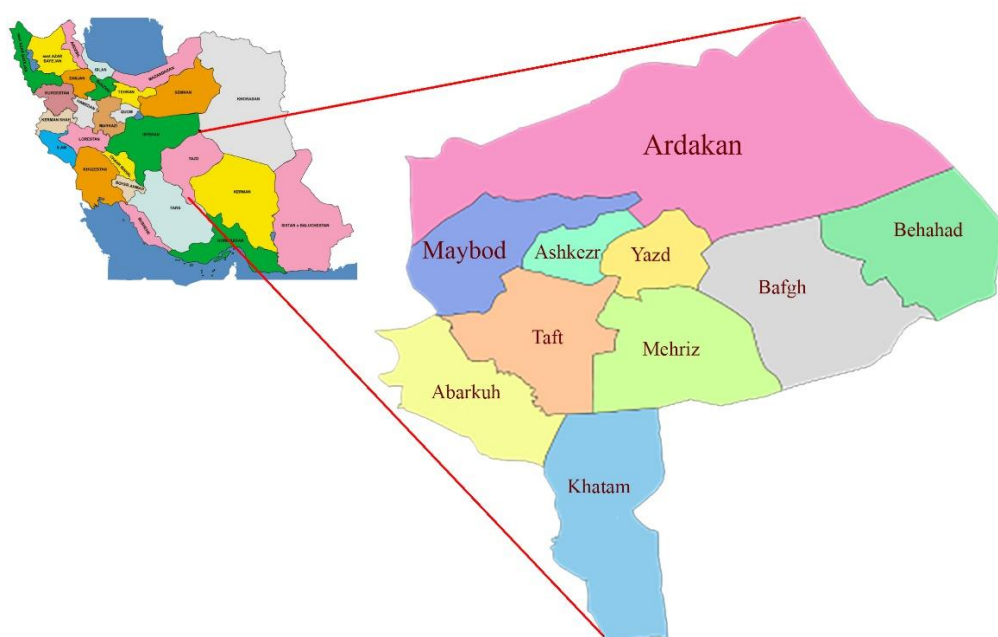
میوه گیاه زیره سیاه پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد کمپوست در ترکیب با مخمر خشک فعال یا اسیدهای آمینه آزاد یا تریامین به علاوه رشد گیاه زیره سیاه، بهره‌وری دانه یا محتوای روغن ضروری دانه را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد (Vardarman, El-Tarawy et al., 2017). همکارانش (۲۰۱۸) در پژوهشی در منطقه حفاظت‌شده ناتورا (Natura) با هدف تعیین نقش پهنه‌بندی مناطق حفاظت‌شده در مدیریت تهاجمی گیاهان، نشان دادند که بالاترین تعداد رویداد گونه‌های مهاجم بیگانه در مناطق حاشیه‌ای پرجمعیت بود و همبستگی مثبت قابل توجهی بین سطح تهاجم در داخل و خارج مناطق تجمع مربوط به فعالیت‌های انسانی مانند قطع درختان و شهرنشینی وجود دارد.

این پژوهش در گستره استان یزد و با هدف پهنه‌بندی مناطق مستعد برای رویشگاه گونه زیره سیاه با بهره‌گیری از روش وزن‌دهی فاصله معکوس و به‌کارگیری پارامترهای مختلف بیوفیزیکی، اقلیمی و خاک‌شناسی مربوط به پنج ایستگاه منتخب در سامانه اطلاعات جغرافیایی و تلفیق نقشه‌های موضوعی و به‌دست آوردن پارامترهای دمایی، هیدرولوژیکی، اکولوژیکی و توپوگرافی مناسب رویش گیاه زیره سیاه انجام شد.

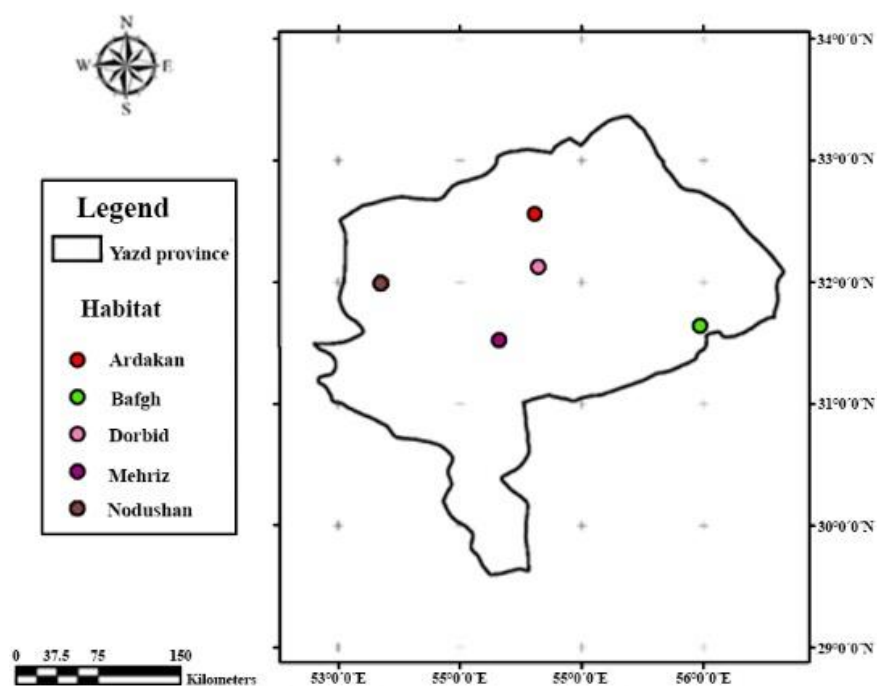
مواد و روش‌ها

موقعیت گستره پژوهش

استان یزد با مختصات جغرافیایی ۲۹ ۳۶ تا ۳۳ ۲۲ عرض شمالی و ۴۸ ۵۲ تا ۵۶ ۳۶ طول شرقی، ۷/۹ درصد از مساحت کشور را تشکیل می‌دهد. استان یزد از شمال با استان سمنان، از غرب و شمال‌غرب با استان اصفهان، از شرق با استان‌های خراسان رضوی و خراسان جنوبی، از جنوب‌شرق با استان کرمان و از جنوب‌غرب با استان فارس همسایه است. یزد سرزمینی کویری، با دو پهنه بزرگ کویری ایران، یعنی کویر لوت در جنوب‌شرقی و دشت کویر در شمال، همسایه است. این استان به لحاظ ناهمواری‌ها و اختلاف ارتفاع در مناطق مختلف، دارای ناهمگونی و تنوع بسیاری است. میزان بارندگی و درجه حرارت در این سرزمین تابعی از پستی و بلندی‌های استان است. به‌طورکلی آب و هوای استان یزد، متأثر از



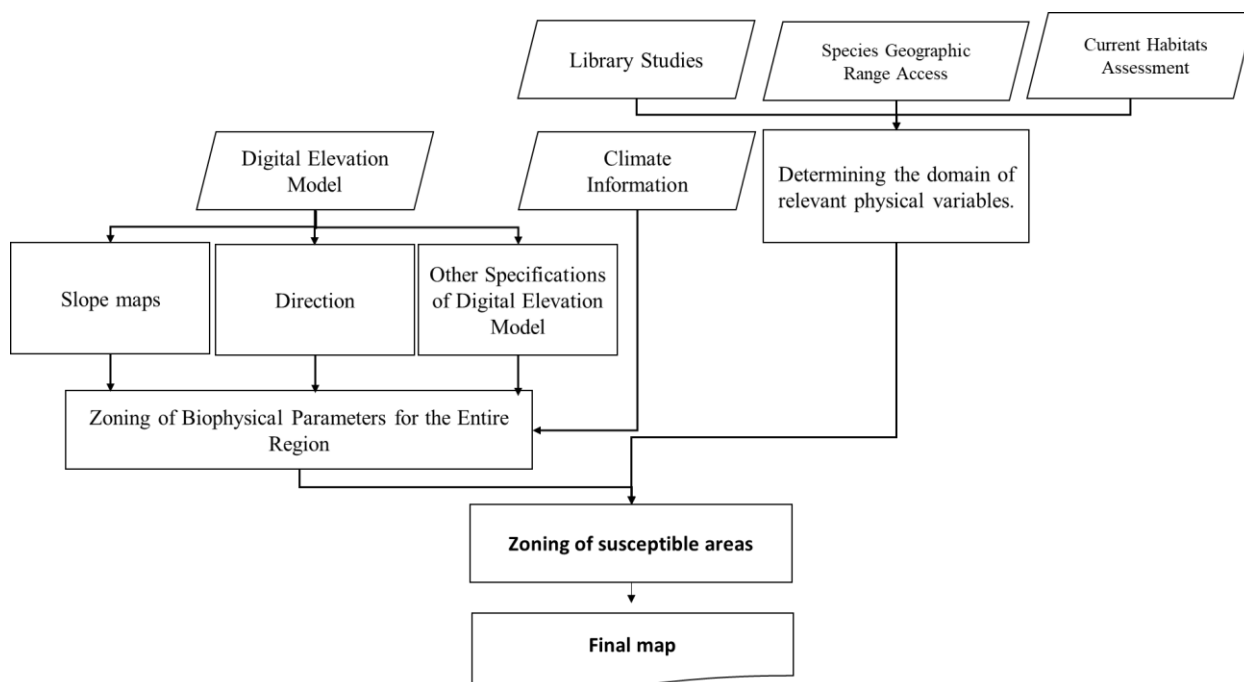
شکل ۱- موقعیت گستره مورد پژوهش
Figure 1. Location of the study area



شکل ۲- موقعیت رویشگاه‌های شناسایی شده گیاه زیره سیاه در استان یزد
Figure 2. Location of identified *Elvendia persica* habitats in Yazd province

بیوفیزیکی مورد استفاده عبارتند از: جهت، ارتفاع و شیب که برای تهیه این پارامترها از نقشه مدل رقومی ارتفاع با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ استفاده شد. سپس نقشه پهنه‌بندی هریک از پارامترهای مؤثر در رشد زیره سیاه در سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. روندنمای مراحل مختلف انجام کار در شکل ۳، ارائه شده است.

پارامترهای هواشناسی مؤثر استفاده شده عبارتند از: سرعت باد، دمای حداکثر، دمای حداقل، میانگین دما، فشار از سطح دریا، رطوبت نسبی حداکثر، رطوبت نسبی حداقل، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، میانگین دمای خشک، میانگین دمای تر، بارندگی، بارش برف، تبخیر و تعرق، دمای مطلق حداقل و دمای مطلق حداکثر. پارامترهای



شکل ۳- روندنمای مراحل مختلف انجام کار

Figure 3. Flowchart of the different stages of work execution

یک (مناسب و نامناسب) طبقه‌بندی شده و با حاصل ضرب هریک از لایه‌ها (حاوی دو طبقه مذکور) طبقه‌بندی مناسب یا نامناسب تهیه گردید. به عبارتی، اگر هر نقطه تنها از نظر یک عامل برای استقرار گونه مورد نظر نامناسب باشد، در نقشه نهایی نیز نامناسب طبقه‌بندی شد.

نتایج

با توجه به آزمایش‌های انجام شده و نتایج بررسی‌های کتابخانه‌ای، محدوده تغییرات هریک از پارامترهای هدایت الکتریکی، درصد اشباع خاک و pH به شرح جدول ۱،

با تهیه بانک اطلاعاتی، نقشه‌های موضوعی مورد نیاز به روش میانبایی وزندهی فاصله معکوس تهیه و در نهایت با تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به‌دست آمده از ویژگی‌های رویشگاهی گونه مذکور، نقشه پهنه‌بندی مناطق مستعد رویشگاهی زیره سیاه تهیه شد. با استفاده از مطالعات میدانی و منابع علمی، دامنه مناسب هریک از پارامترها به عنوان رویشگاه زیره سیاه مشخص گردید. در نهایت نقشه‌های طبقه‌بندی شده مناطق مناسب در طبقه یک و مناطق نامناسب در طبقه صفر به روش بولین تهیه شد. به این ترتیب که عرصه‌ها براساس هر عامل (معیار) به دو طبقه صفر و

مشخص و تعیین شد. در مورد متغیر شوری خاک در منابع عددی که بیانگر مقاومت این گونه به شوری باشد ذکر نشده ولی ظاهراً با توجه به رویشگاه‌های موجود گونه‌ای است که شوری زیاد را تحمل نمی‌کند و اساساً نیاز به خاک و آب شیرین دارد. در این تحقیق دامنه مورد استفاده برای تهیه نقشه‌ها همان دامنه بدست آمده از نتایج آزمایشگاهی لحاظ شد. بنابراین، با توجه به جدول ۱ دامنه شوری مناسب برای

رویش زیره سیاه ۱۵۸ تا ۷۱۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بدست آمد. در مورد پارامتر درصد اشباع، با توجه به داده‌های آزمایشگاهی بدست آمده دامنه وسیعی را نشان می‌دهد ولی متوسط دامنه بدست آمده تقریباً برابر آنچه در منابع وجود دارد می‌باشد. در مورد pH، مقدار حداکثر تعیین شده برای رویشگاه زیره سیاه کمتر از مقداری است که در نتایج نمونه‌های این تحقیق بدست آمد.

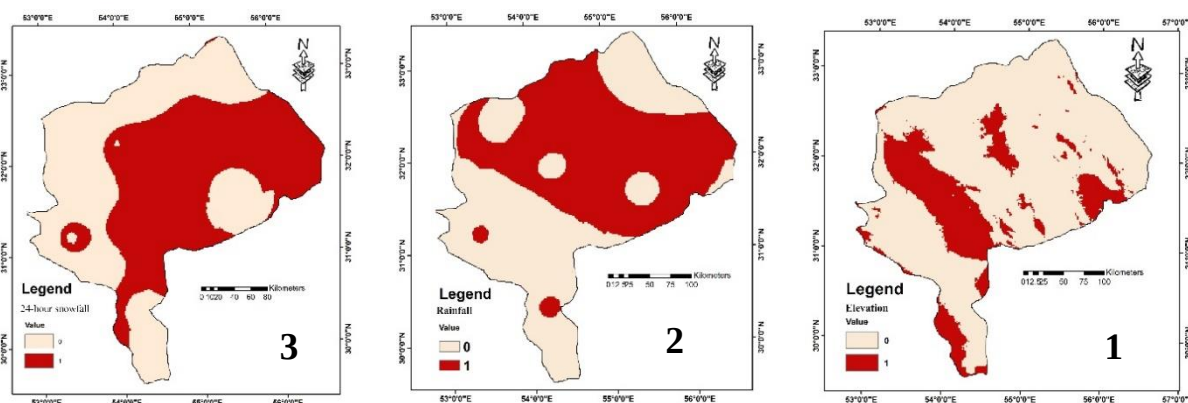
جدول ۱- محدوده پارامترهای خاک برای رشد زیره سیاه (براساس آزمایش‌های انجام شده و بررسی کتابخانه‌ای)

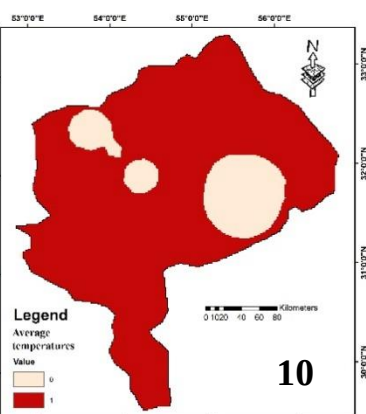
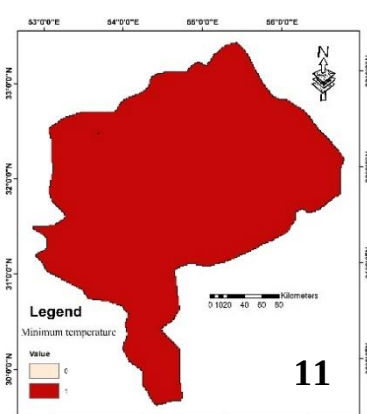
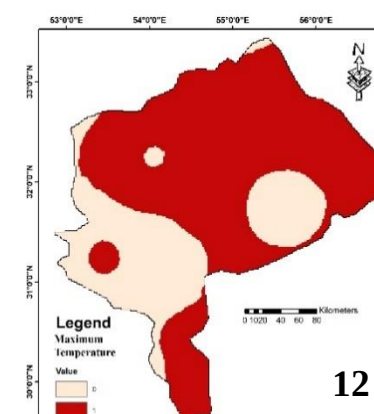
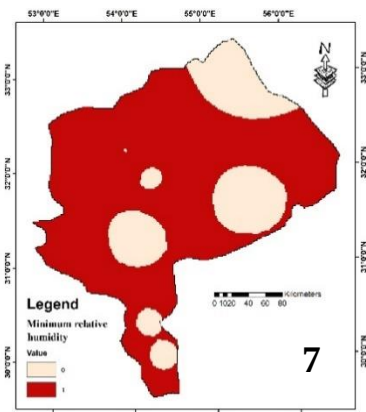
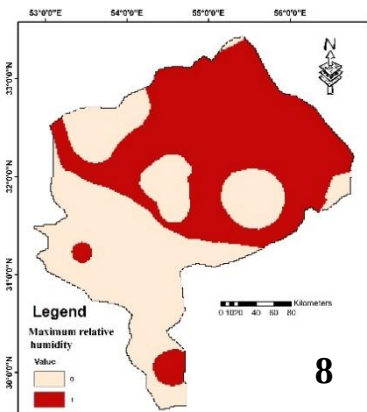
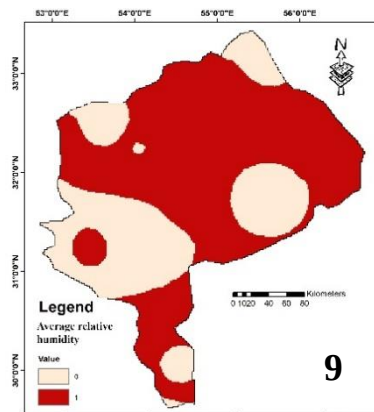
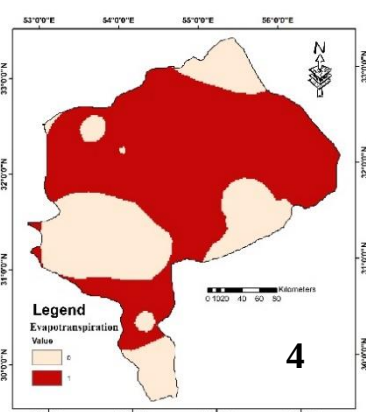
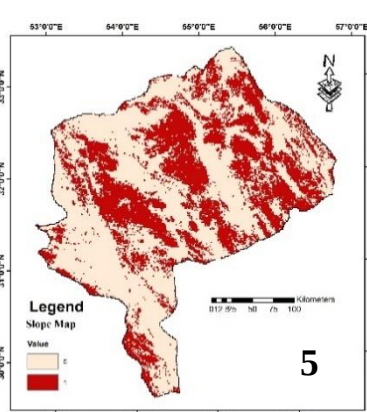
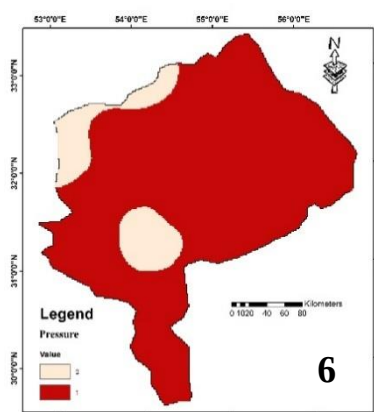
Table 1. Soil parameters range *Elvendia persica* for growth (based on conducted experiments and literature review)

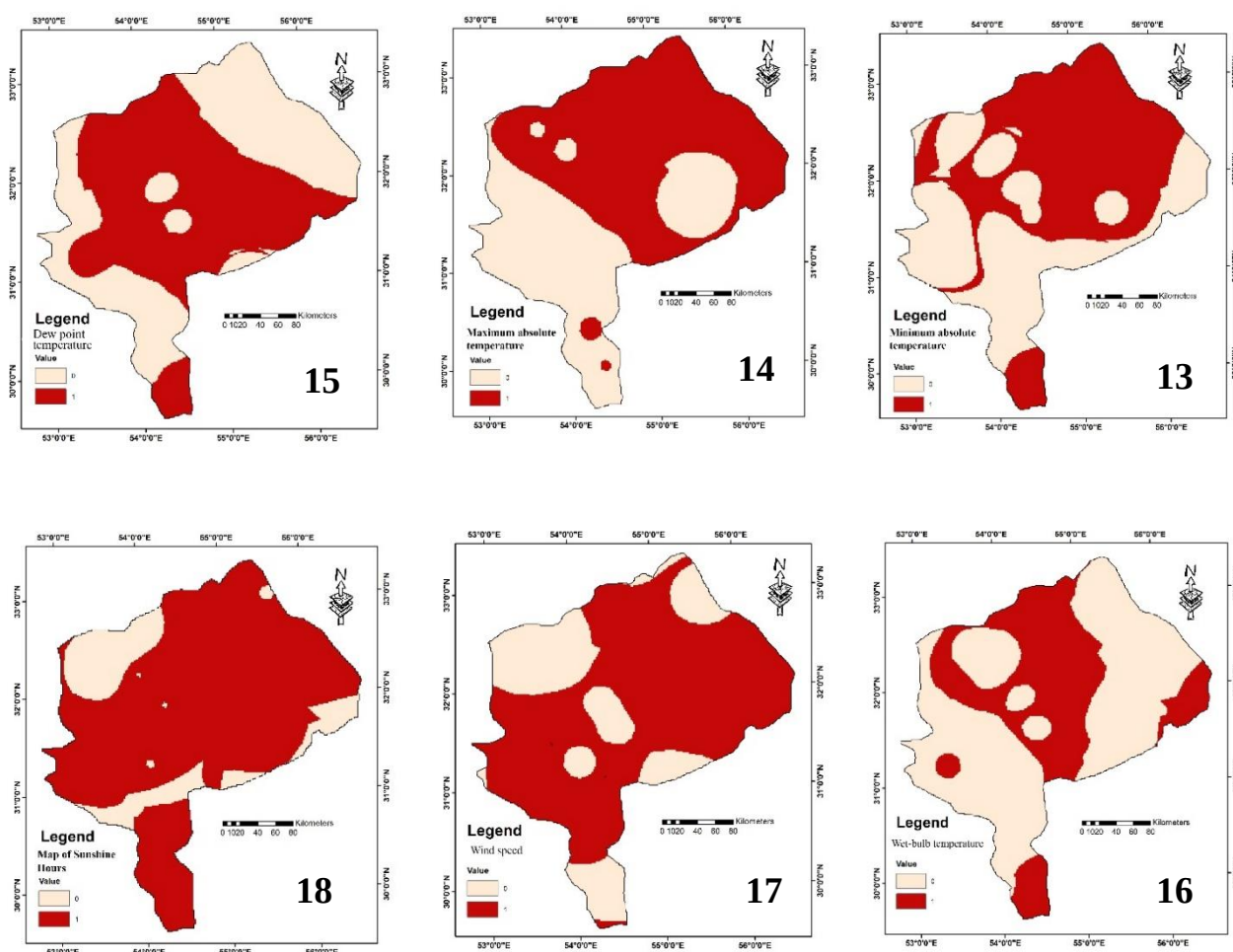
Parameter	Range of Variation (Experimental)	Range of Variation (Literature Review)
Electrical Conductivity ($\mu\text{s.cm}^{-1}$)	158-711	-----
Soil Saturation Percentage	12.3-42.3	27.16
pH	7.38-8.11	4.8-7.8

بیشتری نسبت به دیگر پارامترها هستند. شکل ۴ نقشه‌های طبقه‌بندی شده پارامترهای اندازه‌گیری شده را براساس مکتب بولین (۰ و ۱) نشان می‌دهد. همان‌گونه که در نقشه‌های تهیه شده مشاهده می‌شود بیشترین محدودیت مربوط به ارتفاع است که کمترین سطح حائز صلاحیت برای رویش در آن مشاهده می‌شود و در مقابل پارامتر دمای حداقل تقریباً در تمام سطح استان برای کشت این محصول مناسب است.

پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به خصوصیات اکولوژیکی منطقه مورد مطالعه و تعیین نیازهای اکولوژیکی گونه زیره سیاه به بررسی ویژگی‌های منطقه اقدام شد و در نهایت مناطق مستعد برای توسعه و رشد گونه زیره سیاه مشخص و مکان‌یابی گردید. بررسی‌های اولیه نشان داد که لایه‌های اطلاعاتی متعدد مورد نیاز می‌باشد. به‌طورکلی، پارامترهای مختلفی از اقلیم یک منطقه بر پوشش گیاهی آن منطقه تأثیر می‌گذارد. بعضی از این پارامترها دارای اهمیت







No.	Definition	No.	Definition	No.	Definition
1	Classified elevation map	7	Classified min. relative humidity map	13	Classified min. abs. temperature map
2	Classified rainfall map	8	Classified max. relative humidity map	14	Classified max. abs. temperature map
3	Classified snowfall map	9	Classified mean relative humidity map	15	Classified dew point map
4	Classified evapotranspiration map	10	Classified average temperature map	16	Classified wet-bulb temperature map
5	Classified slop map	11	Classified min. temperature map	17	Classified wind speed map
6	Classified pressure map	12	Classified max. temperature map	18	Classified sunshine hours map

شکل ۴- نقشه‌های طبقه‌بندی شده پارامترهای مؤثر در رشد زیره سیاه

Figure 4. Classified maps of the effective parameters in *Elvandia persica* growth

جدول ۲، دامنه تغییرات پارامترهای محاسبه شده براساس آن مناطق رویش گیاه دارویی زیره سیاه مربوط به هر پارامتر را در استان یزد نشان می‌دهد.

جدول ۲- دامنه تغییر پارامترهای محاسبه شده و مناطق رویش گیاه دارویی زیره سیاه مربوط به هر پارامتر در استان یزد

Table 2. Calculated research parameters range and growth areas of *Elvandia persica* related to each parameter in Yazd province

Group	Parameter	Range	Unit	Region
Temperature	Average temperature	19.73 - 21.39	Celsius	Mehriz, Herat and Marvast, Aqda, Kariz, Abarkouh and Robat
	Maximum annual temperature	25.37- 28.17	Celsius	Mehriz, Herat and Marvast, Aqda, Kariz, Abarkouh
	Minimum annual temperature	11.12-12.56	Celsius	All regions
Hydrological	Precipitation	24.44- 44.9	Millimeter	Meybod, Mehriz, Abarkuh and Marost
	Snow	3.83-12.72	Millimeter	Yazd, Mehriz and Meybo
Ecological	Wind	2.72- 3.18	m/s ⁻¹	Meybod, Yazd, Bafq, Mehriz, Abarkouh, Maroust, Kariz and Herat
	Sunny hours	8.02- 10.08	Hour	Meybod, Yazd, Bafq, Mehriz, Abarkouh, Maroust, Kariz and Herat
	Absolute minimum temperature	-7.55- -6.34	Celsius	Rabat and Herat
	Absolute maximum temperature	44.44- 41.51	Celsius	The northern and northeastern regions and part of the eastern part of the province
	Wet-bulb temperature	9.46- 10.38	Celsius	Abarkuh and Hera
	Dew point temperature	-2.57- -1.52	Celsius	All stations except Yazd and Marvast
	Pressure from sea level	1005.21- 1011.73	Pascal	Rabat, Aqda, Meybod, Abarkuh, Mehriz, Bafq, Marvast and Herat
	Relative humidity	26.89- 28.96	Percentage	Yazd, Mehriz, Abarkouh and Marvast
	Height	1879- 2994	Meter	All regions
Topography	Slope	3.88- 120.4	Percentage	All regions
	Slope direction (Azimuth)	8.49- 358.8	Degree	All regions

در جدول ۳، درصد مساحت اراضی مستعد رویشگاه مورد بررسی، مشخص شده است. زیره سیاه و نواحی که مناسب کشت نیستند برای هر متغیر

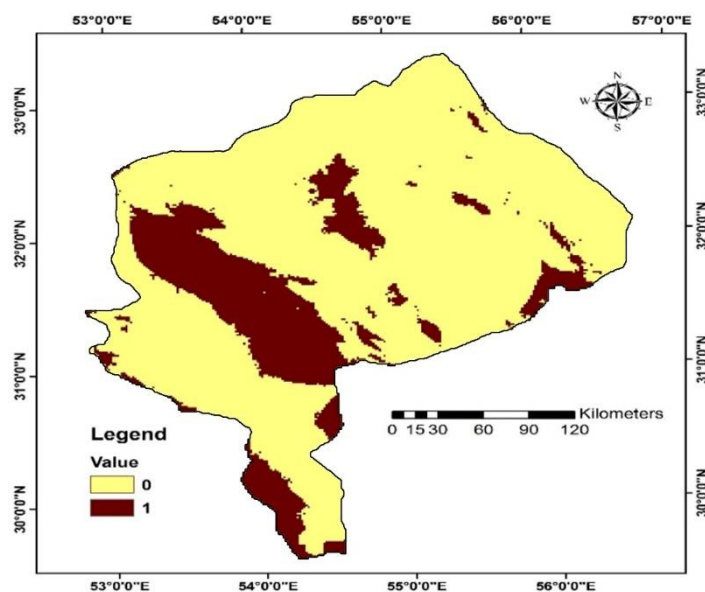
جدول ۳- درصد مساحت اراضی مناسب و نامناسب رویشگاه زیره سیاه

Table 3. Percentage of suitable and unsuitable land area of *Elvandia persica* habitat

Climatic Parameters Affecting Growth		Percentage of Area	Climatic Parameters Affecting Growth		Percentage of Area
Slope	Suitable	38.54	Sunshine hours	Suitable	83.22
	Unsuitable	64.45		Unsuitable	16.88
Direction	Suitable	97.15	Dry temperature	Suitable	57.58
	Unsuitable	2.84		Unsuitable	43.41
Elevation	Suitable	22.88	Wet temperature	Suitable	37.60
	Unsuitable	77.11		Unsuitable	63.39
Maximum absolute temperature	Suitable	57.22	Average temperature	Suitable	86.17
	Unsuitable	43.77		Unsuitable	14.82
Minimum absolute temperature	Suitable	55.25	Maximum temperature	Suitable	69.13
	Unsuitable	45.75		Unsuitable	31.86
Evapotranspiration	Suitable	65.53	Minimum temperature	Suitable	100
	Unsuitable	34.67		Unsuitable	0
Wind speed	Suitable	72.33	Relative humidity	Suitable	66.94
	Unsuitable	28.66		Unsuitable	36.05
Sea level pressure	Suitable	88.08	Maximum relative humidity	Suitable	52.19
	Unsuitable	12.91		Unsuitable	48.80
Precipitation	Suitable	52.25	Minimum relative humidity	Suitable	76.83
	Unsuitable	47.75		Unsuitable	24.16
Snowfall	Suitable	48.50			
	Unsuitable	52.49			

اراضی نامناسب است. شکل ۵، نقشه مناطق مناسب و نامناسب برای کشت زیره سیاه در استان یزد را نشان می‌دهد.

با توجه به تلفیق نقشه‌های پهنه‌بندی شده، نقشه نهایی مناطق رویشگاهی تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد ۱۵۲۸۵۶۰/۸ هکتار از اراضی استان دارای شرایط مطلوب برای کشت زیره سیاه می‌باشد و ۵۷۹۱۹۴۰/۷ هکتار از



شکل ۵- نقشه مناطق مناسب و نامناسب برای کشت زیره سیاه در استان یزد

Figure 5. Map of suitable and unsuitable areas for growing *Elvandia persica* in Yazd province

بحث

انجام شده است، زیره سیاه قابلیت کشت در طیف وسیعی از انواع بافت خاک را دارد. اما رشد بهینه این گیاه، در خاک‌هایی با بافت متوسط (رسی-شنی) و حاصلخیز و زهکش‌دار با pH برابر ۴/۷ تا ۸/۷ است (Omid Beigi, 1997؛ Askarzadeh et al., 2005). با توجه به نتایج به دست آمده از مطالعات میدانی و آزمایشگاهی این تحقیق، این دامنه بین ۷/۳۸ تا ۸/۱۱ متغیر است، بنابراین، گیاه مذکور در خاک‌هایی با pH بالاتر هم می‌تواند رشد کند. ارتفاع از سطح دریا، یکی از عوامل مهم در تعیین تنوع و زیستگاه گیاهان است (Sekhavati et al., 2013). با افزایش ارتفاع، شرایط اقلیمی و خاکی مؤثر در رشد گیاهان تغییر پیدا می‌کند و باعث ایجاد یک محیط نامساعد برای رشد گیاه می‌شود (Elahi & Akbarinia,

در این پژوهش، با شناسایی عوامل مؤثر در رشد و نمو گیاه و جمع‌آوری آنها در قالب نقشه‌ها و لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از روش وزن‌دهی معکوس فاصله و تلفیق لایه‌ها، اراضی مناسب و نامناسب برای کشت زیره سیاه مشخص شد. مهمترین نتایج حاصل از این تحقیق به شرح زیر است.

با توجه به نتایج این تحقیق، مقدار هدایت الکتریکی خاک در مناطق تحت رویش بین ۱۵۸ تا ۷۱۱ میکروزیمنس متغیر می‌باشد و هدایت الکتریکی پایینی است. این نتیجه با نتایج Pourkazem (۲۰۱۸) که مناطق رویشگاه این گیاه را دارای خاکی با شوری پایین معرفی کرد، همخوانی دارد. با توجه به مطالعاتی که در گذشته

است. وجود دشت‌های وسیع با ارتفاع کم در استان به همراه گسترش اراضی شور در بیشتر مناطق پست و اقلیم گرم و خشک آن باعث شده متغیرهای محیطی و اقلیمی مهمترین عامل محدودکننده کشت این گونه در استان باشد و امکان کشت آن عمدتاً محدود به اراضی مرتفع شود. این اراضی از نظر دمایی، کیفیت خاک و آب به لحاظ هدایت الکتریکی و میزان بارندگی، قابلیت کشت این گونه را دارد. نقشه نهایی حاصل از تلفیق اطلاعات نشان داد که مساحتی حدود ۲۶/۳ درصد از سطح استان در نواحی مرکزی و غربی، استعداد کشت زیره سیاه را دارد. البته بررسی شرایط محلی در این زمینه الزامیست.

در این مطالعه بررسی و ارزیابی شرایط بیوفیزیکی موجود در عرصه‌های منابع طبیعی به‌عنوان مناطق مستعد برای رویش گونه زیره سیاه انجام شده است. ارتفاع از سطح دریا در کنار تأثیر آن بر مقادیر بارش (گرادیان بارندگی)، دما (گرادیان حرارتی) و رطوبت (در کنار یکدیگر)، به‌عنوان لایه‌های اطلاعاتی مهمی هستند که مورد استفاده قرار گرفت. مراتع استان یزد در ارتفاعات بالادست اغلب شیب‌دار است و آب کافی در دسترس نیست. کشت مرتعی زیره سیاه در این مناطق در سال‌های با بارندگی مناسب می‌تواند مناسب باشد. اگرچه در صورت فراهم بودن شرایط مناسب (مانند شیب و آب در دسترس) زراعت آن نیز در این مناطق امکانپذیر است.

در این پژوهش، نقشه‌های تهیه شده براساس طبقه‌بندی دامنه مناسب متغیرها (بر اساس شواهد مشاهداتی و کتابخانه‌ای) بوده و در نهایت از روش بولین (صفر و یک) برای پذیرش یا رد محدوده‌ها (براساس هر متغیر) استفاده شده، بنابراین تمام مناطق رویشگاهی فعلی در منطقه پذیرش قرار گرفت.

در پایان، با توجه به اینکه در این تحقیق از روش بولین برای پهنه‌بندی عرصه‌های منابع طبیعی برای مناطق مناسب کشت گونه زیره سیاه استفاده شد، پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات آینده از روش‌های وزن‌دهی و فازی به منظور تعیین مهمترین پارامترهای مؤثر بر رشد این گونه استفاده گردد.

زیستگاه زیره سیاه، در اقلیم‌های آلی و نیمه‌آلی و در ارتفاعات ۱۸۰۰ تا ۳۸۰۰ متری از سطح دریا می‌باشد (Pourkazem, 2018). زیره سیاه، گیاهی خودرو می‌باشد که در ارتفاعات رشد می‌کند. نتایج این تحقیق نشان داد که دامنه ارتفاعی ۱۸۷۹ تا ۲۹۹۴ متری از سطح دریا بهترین ارتفاع برای رشد این گونه است. با توجه به اینکه این دامنه در منابع علمی از لحاظ حد بالا و حد پایین فراتر از واقعیت زمینی در این تحقیق می‌باشد، دامنه مناسب برای رشد زیره سیاه، ۱۸۰۰ تا ۳۸۰۰ متر در نظر گرفته شد. ارتفاع یکی از مؤثرترین متغیرهای محیطی بر رویش و رشد زیره سیاه است که می‌تواند حضور این گونه را در یک منطقه تعیین کند. در این تحقیق نیز ارتفاع جزء محدودکننده‌ترین عامل‌ها تشخیص داده شد. ارتفاع به‌عنوان یک متغیر مستقل رابطه خطی و معکوس با دما دارد و در نقاط مرتفع استان که رویشگاه زیره سیاه است دمای کمتری مشاهده می‌شود.

زیره سیاه، اغلب به‌طور وحشی در نواحی مرتفع و سرد رشد می‌کند. این گیاه در طول رشد و نمو به درجه حرارت زیاد نیاز ندارد. درجه حرارت مناسب برای رویش بین ۱۶ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد است. از این‌رو، دمای بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد و کمتر از ۱۶ درجه سانتی‌گراد به‌علت کاهش رشد گیاه مناسب نمی‌باشد (Kafi, 2009). با توجه به داده‌های حاصل از میانگین دمای هوای استان یزد، دامنه تغییرات میانگین دمای مناطق رویشگاهی زیره سیاه در این استان، بین ۱۹/۷۳ تا ۲۱/۳۹ درجه سانتی‌گراد متغیر است. نتایج نشان داد که دامنه دمایی مناسب برای رشد این گونه در حد بالای دمایی، در منطقه مورد مطالعه بیشتر از حد بالای ذکر شده در منابع بود. ولی این دامنه از لحاظ حد پایین در منابع، وسیع‌تر است. با توجه به اطلاعات به دست آمده از نتایج مطالعات میدانی و منابع، دامنه مناسب بین ۱۶ تا ۲۱/۳۹ درجه سانتی‌گراد متغیر می‌باشد.

نتیجه اینکه با توجه به اطلاعات ارائه شده، ارتفاع از طریق متعادل نمودن دما برای رشد زیره سیاه، به‌عنوان مهمترین عامل اثرگذار بر مناطق مناسب رویش این گونه

References

- Askarzadeh, M.A., Gholami, A. and Negari, A., 2005. Evaluation of the quantitative and qualitative performance of wild cumin ecotypes in the climatic conditions of Mashhad. National Conference on Sustainable Development of Medicinal Plants. Mashhad, Iran, 25-27 July: 647p
<https://fipak.areeo.ac.ir/site/catalogue/18472487>
- El-Tarawy, M., Hegazi, M. and Mahmoud, E.J.J.O.P.P., 2017. Effect of bio, organic and chemical fertilization on growth, productivity and oil constituents of caraway (*Carum carvi* L.). Journal of Plant Production, 8: 993-997.
<https://doi.org/10.21608/jpp.2017.41056>
- Elahi, M. and Akbarinia, M., 2013. Effect of altitude and edaphically factors on competition between *Amygdalus orientalis* species: (Case study: Tang Khoshk forest reserve in Semirom). Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 11(2): 137-148.
<https://doi.org/10.22092/ijfrpr.2014.8434>
- Haghirossadat, F., Bernard, F., Kalantar, M., Sheikha, M., HOKmollahi, F., Azimzadeh, M. and Hoori, M., 2010. *Bunium persicum* (black caraway) of Yazd province: chemical assessment and evaluation of its antioxidant effects. Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, 18(72): 284-291.
<https://jssu.ssu.ac.ir/article-1-1111-en.pdf>
- Majnoon Hosseini, N. and Davazdah Imami, S., 2007. Agriculture and Production of Some Medicinal Plants. Tehran University Printing and Publishing Institute, Tehran, 127p. (In Persian)
<https://www.gisoom.com/book/1605430/>
- Kafi, M., 2009. Cumin: Production and Processing Technology. Zaban & Adab Publications, Iran, 553p.
<https://www.gisoom.com/book/11054469/>
- Khan, M.H., Dar, N.A., Alie, B.A., Mir, G.H., Al-Sadoon, M.K., Hefft, D.I. and Rather, R., 2023. Morpho-biochemical characterization of kalazeera (*Bunium persicum* Boiss. Fedts) germplasm grown in Global temperate ecologies. Saudi Journal of Biological Sciences, 30(5): 103633.
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103633>
- Nilsson, E. and Svensson, A.K., 2005. Agro-Ecological Assessment of Phonxay District, Louang Phrabang Province, Lao PDR. Geobiosphere Science Centre, Physical Geography and Ecosystem Analysis, & GIS Centre, Lund University, Sweden. 114p.
<https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=1333226&fileId=1333227>
- Nourihoseini, M. and Zabihi, H., 2015. Optimed management of fertilizer recommendation in black cumin (*Bunium persicum* L.) cultivated lands. Land Management Journal, 3(1): 49-60.
<https://doi.org/10.22092/lmj.2015.103703>
- Omid Beigi, R., 1997. Approaches to the Production and Processing of Medicinal Plants. Behnashr Publications affiliated with the Astan Quds Razavi, Iran, 442p. (In Persian)
<https://www.gisoom.com/book/1183191/>
- Pasandi poor, A., Farah bakhsh, H. and Moradi, R., 2018. Assessing effect of climatic-management factors on yield and growth characteristics of henna (*Lawsonia inermis* L.) as a medicinal-industrial plant in Kerman province. Journal of Agroecology, 10(1): 203-217.
<https://doi.org/10.22067/jag.v10i1.56222>
- Rashid Sorkh Abadi, M., Shahidi, A. and Khashei-Siuki, A., 2015. An spatial zoning of saffron cultivation based on climatic factors using hierarchical analysis process method (Case study: Torbate Hydariyeh city). Journal of Agroecology, 7(2): 225-236.
<https://doi.org/10.22067/jag.v7i2.36688>
- Pourkazem, A., 2018. Cumin: Aromatic Spices, Agricultural and Animal Sciences, Flowers and Plants, and Food Industries. Ketabchin Publications, Iran, 163p. (In Persian)
<https://www.ketabchin.com/>
- Saadatfar, A., Tavassolian, I. and Jafari, S.H., 2019. Determination potential habitats of *Ferula assafoetida* medicinal herb using analytical hierarchy process (AHP) and GIS (Case study: Chatrod region, Kerman). Journal of RS and GIS for Natural Resources, 9(4): 139-155.
<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1397.9.4.9.5>
- Saeedi Goraghani, H.R., Ranjbar Fordoei, A., Soleimani Sardo, M. and Mahdavi, M.J., 2017. Effect of salinity and drought stresses on germination stage and growth of black cumin (*Bunium persicum* Boiss.). Iranian Journal of Field Crops Research, 15(1): 1-7.
<https://doi.org/10.22067/gsc.v15i1.20002>

- Samadi, V., Khodagholi, M. and Shaemi, A., 2020. Evaluation the effect of climatic factors on the development of medicinal species *Nepeta cataria* habitats in northwestern of Iran. Journal of Climate Research, 10(37): 57-68. https://clima.irimo.ir/article_104801.html
- Sekhavati, N., Akbarinia, M., Zanganeh, H. and Mirzaei, J., 2013. The effect of topographic factors on species diversity in the Mahalab habitat. Journal of Forest and Rangeland, 97: 24-32. (In Persian)
- Vardarman, J., Berchová-Bímová, K. and Pěkníková, J., 2018. The role of protected area zoning in invasive plant management. Biodiversity and Conservation, 27: 1811-1829. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1508-z>
- Zengin, M., Kopar, I. and Karahan, F., 2010. Determination of bioclimatic comfort in Erzurum-Rize expressway corridor using GIS. Building and Environment, 45(1): 158-164. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.05.012>