



امکان سنجی کشت سیاه دانه (*Nigella sativa*) در استان البرز با استفاده از ترکیب سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy AHP)

افروز علی محمدی^۱، حمیده خلیج^۲، محمدرضا لبافی حسینی آبادی^{۳*}

دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۸ / پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۷ / دسترسی اینترنتی: ۱۴۰۴/۰۷/۱۹

چکیده

کشور ایران از لحاظ شرایط جغرافیایی، اقلیمی و خاکی رویشگاه بسیاری از گونه‌های گیاهی و از جمله گیاهان دارویی است. مطالعه عوامل مؤثر بر رشد گیاهان دارویی و تعیین مناطق مستعد و مناسب جهت کشت آن‌ها یکی از عوامل بسیار مهم در مدیریت اراضی کشاورزی ایران است. سیاه‌دانه (*Nigella sativa*) گیاهی دارویی و متعلق به خانواده آلاله است که دانه‌های این گیاه در طب سنتی برای درمان بیماری‌های آسم، التهاب، دیابت و فشار خون بالا استفاده

می‌شود. آگاهی از چگونگی تناسب و انطباق کشت هرگونه دارویی در هر منطقه با شرایط آب‌وهوایی آن لازمه هرگونه مدیریت پایدار است. در تحقیق حاضر امکان‌سنجی کشت *Nigella sativa* در استان البرز بر پایه سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی با استفاده از معیارهای اقلیمی شامل متوسط، حداکثر، حداقل دما و مجموع بارش، معیارهای فیزیوگرافی شامل ارتفاع و شیب، معیارهای آدافیک شامل بافت، اسیدیته (pH)، هدایت الکتریکی (EC) و فسفر (P) خاک و معیارهای هیدرولوژی شامل اسیدیته (pH)، هدایت الکتریکی (EC) و میزان قلیائیت (SAR) آب مورد استفاده، انجام شد. بر اساس تلفیق کلیه داده‌های فازی شده، نقشه قابلیت اراضی برای کاشت سیاه‌دانه در استان البرز تهیه گردید. نتایج نشان داد که ۶۷/۸۷ درصد از منطقه، لحاظ معیارهای مورد مطالعه برای کشت سیاه‌دانه در وضعیت کاملاً مناسب و مناسب قرار دارد و فقط ۱۵/۰۲ درصد از سطح استان برای کشت سیاه‌دانه نامناسب است.

افروز علی محمدی^۱، حمیده خلیج^۲، محمدرضا لبافی حسینی آبادی^۳ (✉)

۱. استادیار، گروه کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲. استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۳. استادیار، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران

Doi:10.82447/girs.2025.902920

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: labbafi@imp.ac.ir

طرح مسئله: ایران رویشگاه اصلی بسیاری از گونه‌های گیاهان دارویی با ارزش است. این گونه‌ها در شرایط طبیعی و با بارندگی مخته صر، مواد مؤثره نسبتاً بالایی تولید می‌کنند که با کشت اصولی آنها، این میزان قابل افزایش است. سیاه‌دانه (*Nigella sativa*)

ماهانه و مجموع بارش ماهانه)، فیزیوگرافی (با زیر معیارهای شیب و ارتفاع)، خاک (با زیر معیارهای بافت، pH، EC و P) و هیدرولوژی (با زیر معیارهای SAR، pH و EC). پتانسیل یابی کشت سیاه‌دانه از لحاظ معیارهای مورد مطالعه بر مبنای مطالعات انجام شده صورت گرفت. برای معیار اقلیم از داده‌های مربوط به ۱۲ ماه دوره ۱۰ ساله اخذ شده از پنج ایستگاه سینوپتیک مستقر در استان البرز (ایستگاه‌های هشتگرد، کرج، طالقان، سایت کرج کشاورزی و پیام فرودگاه) استفاده شد. پس از تعیین وزن خام معیارها و زیرمعیارها توسط کارشناسان، اوزان نهایی با استفاده از نرم‌افزار Super Deci si on محاسبه شد. پهنه‌بندی نهایی با استفاده از اپراتورهای فازی در نرم‌افزار Arc ۹.۳ GIS تهیه گردید. نقشه نهایی بر مبنای اینکه در طبقه‌بندی نهایی هرچقدر مقدار عددی بدست آمده بیشتر باشد آن منطقه برای کشت سیاه‌دانه مطلوب‌تر خواهد بود، تهیه شد.

نتایج و بحث: از معیارهای اصلی بیشترین وزن را اقلیم و کمترین وزن را معیار فیزیوگرافی داشت. از زیرمعیارهای اقلیم: متوسط دما و مجموع بارش، زیرمعیارهای فیزیوگرافی: ارتفاع و شیب، زیرمعیارهای خاک: بافت و P و زیرمعیارهای هیدرولوژی: EC و pH، به ترتیب بیشترین و کمترین وزن را داشتند. نرخ سازگاری در همه موارد کمتر از ۰/۱ است که نشان‌دهنده منطقی بودن مقایسات زوجی صورت گرفته بین معیارها و زیرمعیارها است. نتایج پتانسیل یابی کشت سیاه‌دانه در استان البرز از لحاظ زیرمعیارهای اقلیم نشان داد که از لحاظ فاکتورهای دمایی، استان البرز برای کشت سیاه‌دانه در وضعیت مطلوبی قرار دارد اما از لحاظ فاکتور مجموع بارش، توان منطقه برای کشت سیاه‌دانه در حد متوسط است. از لحاظ معیار اصلی اقلیم، نتایج نشان داد که ۱۰۰ درصد سطح استان البرز برای کشت سیاه‌دانه در وضعیت کاملاً مناسب و مناسب قرار دارد. از لحاظ زیرمعیارهای فیزیوگرافی نتایج نشان داد که ۸۵/۳۷ درصد از سطح استان البرز از لحاظ فاکتور شیب و ۵۴/۷۵ درصد از لحاظ فاکتور ارتفاع برای کشت سیاه‌دانه در وضعیت کاملاً مناسب و مناسب قرار دارد. همچنین از لحاظ معیار اصلی فیزیوگرافی ۳۷/۳۹ درصد از استان البرز برای کشت سیاه‌دانه شرایط کاملاً مناسب و مناسب دارد و ۶۲/۶۱ درصد از منطقه در وضعیت متوسط و نامناسب قرار دارد. از لحاظ زیرمعیارهای خاک نتایج بیانگر آن است که ۵۰/۳۲ درصد از خاک استان البرز از لحاظ بافت، برای کشت سیاه‌دانه در وضعیت کاملاً مناسب و مناسب قرار دارد. از لحاظ فاکتور pH، EC و P به ترتیب ۶۵/۲۲، ۵۵/۰۵ و ۶۴/۳۱ درصد از خاک در وضعیت متوسط

یکی از گیاهان دارویی مهم و بومی ایران است. ارزش دارویی سیاه‌دانه آن قدر زیاد است که به عنوان گیاه معجزه‌آسای قرن شناخته می‌شود. این گیاه با ارزش علاوه بر خودرو بودن به سبب کاربرد فراوان آن در صنایع داروسازی، در نقاط مختلف ایران به میزان فراوانی کشت می‌شود اما عوامل محدودکننده محیطی می‌توانند تأثیر نامطلوبی بر رشد و تولید آن داشته باشد. براین اساس آگاهی از چگونگی تناسب و انطباق کشت این گونه دارویی با ارزش در هر منطقه با شرایط آب‌وهوایی آن لازمه هر گونه مدیریت پایدار است. ارزیابی تناسب اراضی، اطلاعات مفیدی را در خصوص میزان بازدهی کشت محصولات مختلف و مناسب‌ترین مکان برای تولید هر محصول، جهت مدیریت پایدار منابع و برنامه‌ریزی الگوی کشت مناسب منطقه، ارائه می‌دهد. تطبیق مشخصات منطقه با نیازهای مصرفی، شیوه‌ای مؤثر و منطقی برای ارزیابی تناسب اراضی و تعیین کاربری است. از جمله تکنیک‌های پیشرفته روز دنیا برای سنجش تناسب اراضی و استفاده بهینه از زمین، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) همراه با مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) است. یکی از انواع این مدل‌ها، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (Fuzzy AHP) است که سودمندی این روش برای امکان‌سنجی کشت مورد تأیید قرار گرفته است. براین اساس، تحقیق حاضر به امکان‌سنجی کشت گیاه دارویی با ارزش سیاه‌دانه (*Nigella sativa*) در استان البرز و پهنه‌بندی نواحی مستعد کشت این محصول از نظر شاخص‌های اقلیمی، فیزیوگرافی، اداپتیکی و ویژگی‌های آب، با استفاده از توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی می‌پردازد.

هدف: هدف از انجام تحقیق حاضر ارزیابی توان اکولوژیک استان البرز جهت کشت گیاه دارویی سیاه‌دانه و پهنه‌بندی این استان از لحاظ کشت سیاه‌دانه به منظور توسعه کشت بهینه این گیاه با ارزش بالای اقتصادی است.

روش تحقیق: استان البرز با مساحت ۵۱۱۸/۳۳ کیلومتر مربع از نظر موقعیت جغرافیایی بین ۵۱ درجه و ۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی قرار دارد. در پژوهش حاضر به منظور تحلیل مکانی معیارهای مورد نیاز برای کشت سیاه‌دانه برپایه نیازهای مهم اکولوژیکی از تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) استفاده شد. معیارهای مورد مطالعه شامل چهار معیار اصلی و ۱۳ زیرمعیارها است که عبارتند از: اقلیم (با زیر معیارهای: متوسط دمای ماهانه، حداکثر دمای ماهانه، حداقل دمای

برای کشت سیاه‌دانه نامناسب است که عمدتاً در مناطق شمالی استان واقع شده‌اند. عوامل مختلفی سبب نامناسب بودن این مناطق شده است، در نواحی مرتفع کوهستانی محدودیت عمده محیطی، ارتفاع و شیب زیاد و عدم وجود خاک مناسب است.

نتیجه‌گیری: یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که بخش قابل‌توجهی از استان البرز از قابلیت لازم برای کشت سیاه‌دانه برخوردار است و از آنجاکه سیاه‌دانه یکی از گیاهان دارویی باارزش و بومی ایران است و کشت آن هزینه زیادی نداشته و جزو محصولات پر بازده است، تولید این گیاه در زمینه‌های کشت، عصاره‌گیری، اسانس‌گیری، بسته‌بندی و داروسازی اشتغال‌زا بوده و می‌تواند در جهت رفع بیکاری استان البرز نقش مؤثری را ایفا کند.

واژگان کلیدی: امکان‌سنجی، سیاه‌دانه، استان البرز، Fuzzy AHP.

قرار دارد. همچنین از لحاظ معیار اصلی خاک نتایج نشان داد که ۵۰/۱۸ درصد در وضعیت کاملاً مناسب و مناسب و تنها ۰/۰۲ درصد در وضعیت نامناسب قرار دارد. از لحاظ زیرمعیارهای هیدرولوژی نتایج نشانگر آن است که وضعیت منابع آبی استان البرز از لحاظ سه فاکتور مطالعه‌شده برای کشت سیاه‌دانه در وضعیت کاملاً مناسبی قرار دارد. از لحاظ معیار اصلی هیدرولوژی نتایج نشان داد که فقط ۰/۴۶ درصد منطقه از لحاظ این معیارها در وضعیت نامناسب قرار دارد و ۹۹/۵۴ درصد استان البرز در وضعیت کاملاً مناسب و مناسب قرار دارد. نقشه‌نمایی امکان‌سنجی کشت گیاه سیاه‌دانه در استان البرز نشان داد که ۴۶/۸۷ درصد از منطقه، لحاظ معیارهای مورد مطالعه برای کشت سیاه‌دانه در وضعیت کاملاً مناسب و مناسب قرار دارد. این مناطق عمدتاً شامل مناطق با کاربری مرتع و زراعت آبی است که در غرب، جنوب غرب، مرکز، شمال، جنوب و بخشی نیز در شرق استان واقع شده‌است که در صورت تامین آب زراعی، محدودیت عمده محیطی برای کشت سیاه‌دانه در این مناطق وجود ندارد. همچنین نتایج نشانگر آن است که فقط ۱۵/۰۲ درصد از سطح استان

لطفاً به این مقاله استناد کنید: علی محمدی، افروز، خلیج، حمیده، لبافی حسین آبادی، محمدرضا. (۲۰۲۵) امکان‌سنجی کشت سیاه‌دانه (*Nigella sativa*) در استان البرز با استفاده از ترکیب سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (Fuzzy AHP). نشریه‌سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۶(۳): ۱۲۱-۱۰۱.

مقدمه

ایران رویشگاه اصلی بسیاری از گونه های گیاهان دارویی با ارزش است. این گونه ها در شرایط طبیعی و با بارندگی مختصر، مواد مؤثره نسبتاً بالایی تولید می کنند که با کشت اصولی آن ها، این میزان قابل افزایش است (۲۴). سیاهدانه (*Nigella sativa*) یکی از گیاهان دارویی مهم و بومی ایران است. بذور سیاهدانه حاوی پروتئین، آکالوئیدها (نیگلوسین و نیگلدین)، ساپونین و اسانس حاوی مولکول های فعال زیستی مختلف مانند تیموکینون، تیمول، توکوفرول، ترانس رتینول و سلنیوم است (۲۰ و ۲۸). ارزش دارویی سیاهدانه آن قدر زیاد است که به عنوان گیاه معجزه آسای قرن شناخته می شود (۱۲). این گیاه با ارزش علاوه بر خودرو بودن به سبب کاربرد فراوان آن در صنایع داروسازی، در نقاط مختلف ایران به میزان فراوانی کشت می شود اما عوامل محدودکننده محیطی می تواند تأثیر نامطلوبی بر رشد و تولید آن داشته باشد. براین اساس آگاهی از چگونگی تناسب و انطباق کشت این گونه دارویی با ارزش در هر منطقه با شرایط آب و هوایی آن لازمه هرگونه مدیریت پایدار است.

ارزیابی تناسب اراضی، اطلاعات مفیدی را در خصوص میزان بازدهی کشت محصولات مختلف و مناسب ترین مکان برای تولید هر محصول، جهت مدیریت متمرکز منابع و برنامه ریزی الگوی کشت مناسب منطقه، ارائه می دهد. سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد در سال های ۱۹۷۶، ۱۹۸۳ و ۱۹۸۵ چارچوب هایی برای ارزیابی اراضی منتشر کرد که در آن ها با مقایسه ویژگی های زمین با نیازهای محصول، میزان تناسب اراضی برای تولید تعیین می شود (۸ و ۱۴).

از جمله تکنیک های پیشرفته روز دنیا برای سنجش تناسب اراضی و استفاده بهینه از زمین، استفاده از سیستم اطلاعات

جغرافیایی (GIS) همراه با مدل های تصمیم گیری چندمعیاره (MCDM) است (۲۹). یکی از انواع این مدل ها، فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy AHP) است که سودمندی این روش برای امکان سنجی کشت مورد تأیید قرار گرفته است (۱۸). در تحقیق انجام شده توسط تریپاتی و همکاران (۳۰) در مقایسه روش Fuzzy AHP و AHP نشان داده شده است که Fuzzy AHP نسبت به AHP سازگاری بیشتری نسبت به تغییر وزن معیارها دارد. در تحقیقات متعددی جهت امکان سنجی کشت گیاهان مختلف و یا اولویت بندی مناطق مختلف برای گیاهان زراعی، باغی و دارویی از روش های ذکر شده استفاده شده است. کاهسای و همکاران (۱۵) با استفاده از روش Fuzzy AHP تناسب اراضی برای تولید سورگوم در شمال اتیوپی را مورد بررسی قرار دادند و حدود ۷۶ درصد منطقه مورد مطالعه را برای کشت سورگوم کاملاً مناسب و مناسب تشخیص دادند. زانگ و همکاران (۳۲) بر پایه روش Fuzzy AHP مناطق مستعد کشت تنباکو در استان شاندونگ چین را مشخص کردند. دنگ و همکاران (۶) با فرایند AHP در محیط GIS به ارزیابی تناسب اراضی برای کشت یونجه در شمال چین پرداختند و نشان دادند که فقط ۵/۳ درصد از اراضی در شرایط بسیار مناسب قرار دارند. پهلوان و همکاران (۲۱) با استفاده از فرایند Fuzzy AHP نشان دادند که ۸۲ درصد از استان اصفهان از لحاظ ۱۲ معیار مورد مطالعه، دارای محدودیت کلی برای کشت گیاه گل محمدی است. پورمیدانی و همکاران (۲۳) به امکان سنجی کشت پنج گونه دارویی بابونه، زیره سبز، گل گاوزبان، کنگر فرنگی و رازیانه در دشت های حوضه آبریز دریاچه نمک به منظور استفاده در برنامه های اصلاح الگوی کشت پرداختند و نشان دادند که کشت بابونه در بیشتر اراضی کشاورزی حوضه

در وضعیت مطلوب یا بسیار مطلوب قرار دارد. عدمی (۱) با هدف اولویت‌بندی مناطق مختلف استان قم جهت کشت گیاه دارویی بومادران (*Achillea millefolium*) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، نشان داد که ۶۸ درصد از مساحت منطقه برای کشت آبی بومادران در وضعیت مناسبی قرار دارد. در پژوهشی دیگر، مکان یابی مناطق مستعد کشت زعفران برپایه نیازهای اکولوژیکی این گونه و با روش AHP در استان آذربایجان شرقی انجام شد. نتایج نشان داد که ۴۲ درصد از اراضی استان در طبقه‌های کاملاً مناسب و نسبتاً مناسب قرار گرفت. ۴۴ درصد جزو مناطق نامناسب بود که از لحاظ ارتفاع، شیب و دما برای کشت زعفران دارای محدودیت بودند (۹). پوره‌ادیان (۲۲) به بررسی امکان سنجی کشت گیاه گل‌گاوزبان در استان مازندران برپایه عوامل اقلیمی همچون بارش، دمای متوسط، دمای حداکثر و دمای حداقل پرداخت و نشان داد که ۳۶۸۲۲۵ هکتار از اراضی استان، دارای استعداد نسبتاً مناسب برای کشت دیم این گونه است. شوکتی و همکاران (۲۷) به پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت گل محمدی در سطح استان آذربایجان غربی با استفاده از AHP پرداختند و نشان دادند که ۳۴ درصد از منطقه برای کشت گل محمدی بسیار مناسب است.

این مطالعه در استان البرز صورت گرفته است، زیرا این استان از لحاظ شرایط اجتماعی و اقتصادی از اهمیت بسیاری برخوردار است. نزدیکی آن به تهران موجب نرخ رشد بالای جمعیت این استان به دلیل مهاجرت بالا شده است. از نظر اقلیمی نیز دارای تنوع زیادی است به طوری که از اقلیم خشک در قسمت‌های جنوبی شروع و تا اقلیم نیمه مرطوب و مرطوب در قسمت‌های شمالی ادامه پیدا می‌کند (۲). در پژوهشی بهرامی و همکاران (۵) با هدف شناسایی و مدل

سازی منابع اکولوژیکی اراضی کشاورزی استان البرز با استفاده از AHP نشان دادند که حدود ۹۰ درصد از اراضی استان دارای توان اکولوژیک کشاورزی هستند. باتوجه به شرایط ویژه اقلیمی و جغرافیایی مناسب برای توسعه فعالیت‌های کشاورزی در استان البرز و اینکه از دیرباز محل کشت و تولید گیاهان دارویی بوده است و همچنین باتوجه به توجیه اقتصادی و اشتغال‌زایی صنعت تولید گیاهان دارویی، پژوهش حاضر به پهنه‌بندی نواحی مستعد کشت گیاه دارویی با ارزش سیاه‌دانه در این استان بر اساس شاخص‌های اقلیمی، فیزیوگرافی، اداپتیکی و هیدرولوژی با استفاده از توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی می‌پردازد.

روش تحقیق

در این مطالعه، استان البرز به دلیل داشتن ظرفیت بالا در زمینه کشت گیاهان دارویی جهت امکان‌سنجی کشت سیاه‌دانه، مورد بررسی قرار گرفت. استان البرز با مساحت ۵۱۱۸/۳۳ کیلومتر مربع از نظر موقعیت مکانی بین طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی قرار دارد. ارتفاع متوسط استان البرز از سطح دریاهای آزاد ۱۳۲۰ متر است. آب و هوای استان البرز متنوع است، به طوری که در این گستره از آب و هوای معتدل کوهستانی در مناطق شمالی تا نیمه‌بیابانی در جنوب آن را می‌توان مشاهده کرد. متوسط میزان بارندگی حدود ۲۵۰ میلی‌متر در سال است. حداکثر میزان بارندگی در این منطقه در اواخر زمستان و اوایل بهار بوده و حداقل بارندگی در مردادماه است. ماه‌های دی و مرداد به ترتیب سردترین و گرم‌ترین ماه‌های سال را در این استان تشکیل می‌دهند (۱۸).

در پژوهش حاضر به منظور تحلیل مکانی معیارهای مورد نیاز برای کشت سیاه‌دانه بر پایه نیازهای مهم اکولوژیکی از تحلیل

سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) استفاده شد. معیارها بر اساس نظر کارشناسان (بر مبنای داشتن بیشترین تأثیر بر رشد سیاه‌دانه) انتخاب شدند که شامل چهار معیار اصلی و ۱۳ زیرمعیار است (جدول ۱). پتانسیل‌یابی کشت سیاه‌دانه از لحاظ معیارهای مورد مطالعه (جدول ۲) بر مبنای مطالعات انجام‌شده صورت گرفت (۳، ۱۰، ۱۱، ۱۳ و ۲۴). در ادامه برای تعیین اهمیت نسبی هر معیار و زیرمعیار از مدل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شد. ابتدا ماتریس مقایسه‌های زوجی برای تمامی معیارها و زیرمعیارهایی که برای تشخیص مکان مناسب کشت سیاه‌دانه مؤثر و مفید هستند، ترسیم شد. سپس وزن خام معیارها و زیرمعیارها توسط کارشناسان بر مبنای مقایسه زوجی عناصر از وزن یک (ترجیح یکسان) تا وزن نه (کاملاً مرجح) تعیین شد و پس از میانگین‌گیری هندسی وزن‌های داده شده توسط کارشناسان مختلف، اوزان نهایی با استفاده از نرم‌افزار Super Decision که یکی از جامع‌ترین و پرکاربردترین نرم‌افزارهای حوزه تصمیم‌گیری چندمعیاره است، محاسبه شد. از آنجاکه روش محاسبه وزن‌ها از ماتریس تصمیم به سازگار یا ناسازگار بودن ماتریس تصمیم وابسته است، لذا برای بررسی قابل قبول بودن مقایسه‌های صورت‌گرفته از شاخص ناسازگاری (نمایه توافق) محاسبه‌شده توسط نرم‌افزار Super Decision استفاده شد. در صورتی که این شاخص از ۰/۱ کوچک‌تر باشد وزن‌دهی به معیارها در ست بوده و در غیر این صورت باید در وزن‌دهی به معیارها تجدیدنظر شود.

به‌منظور تهیه نقشه‌های معیار اقلیم از داده‌های مربوط به ۱۲ ماه دوره ۱۰ ساله (۲۰۱۲ تا ۲۰۲۱) اخذ‌شده از سازمان هواشناسی مربوط به پنج ایستگاه سینوپتیک مستقر در استان البرز (ایستگاه‌های هشتگرد، کرج، طالقان، سایت کرج کشاورزی و پیام فرودگاه) استفاده شد. داده‌ها و مختصات پروفیل‌های خاک

مربوط به آخرین مطالعات خاکشناسی استان به همراه جدیدترین نقشه کاربری اراضی از سازمان جهاد کشاورزی استان البرز و داده‌های هیدرولوژی از شرکت آب منطقه‌ای البرز اخذ شد. داده‌های نقطه‌ای زیرمعیارهای اقلیم، خاک و هیدرولوژی در محیط Arc GIS 9.3 پس از تعیین مختصات مکانی با استفاده از روش IDW که نتایج مطلوب و قابل قبول تری نسبت به سایر روش‌ها ارائه می‌دهد (۲۵)، میان‌یابی شدند. نقشه‌های مربوط به زیرمعیارهای فیزیوگرافی از روی مدل ارتفاعی رقومی منطقه (DEM) و از طریق ابزارهای Surface در محیط Arc GIS 9.3 تهیه شد. نمادگذاری کلیه نقشه‌ها با استفاده از Symbology برپایه نیازهای اکولوژیکی سیاه‌دانه (جدول ۲) انجام شد و همچنین نقشه‌های تهیه‌شده، بر مبنای کاربری‌های حذف‌شده (اراضی باتلاقی و ماندابی، محدوده شهر، دریاچه، مخزن سد و آب‌بند) برش داده شدند. در مرحله بعد نقشه زیرمعیارها با استفاده از دستور reclassify در چهار طبقه نامناسب (طبقه ۱)، متوسط (طبقه ۲)، مناسب (طبقه ۳) و کاملاً مناسب (طبقه ۴) طبقه‌بندی شدند و فازی‌سازی داده‌های طبقه‌بندی‌شده برپایه تابع خطی صعودی (افزاینده) انجام شد و لایه‌ها بین صفر و یک فازی‌سازی شدند و سپس لایه‌های فازی شده در وزن‌های به دست آمده از تحلیل سلسله‌مراتبی ضرب شدند و به لایه‌های وزن‌دار فازی تبدیل شدند و در نهایت با هم‌پوشانی لایه‌ها برپایه اپراتورهای فازی (اعمال عملگرهای جمع جبری و ضرب جبری بر لایه‌ها و سپس اعمال عملگرهای گامای فازی جهت تعدیل حساسیت بالای عملگر ضرب جبری و دقت کم عملگر جمع جبری) پهنه‌بندی نهایی انجام شد و بر مبنای اینکه در طبقه‌بندی نهایی هرچه قدر مقدار عددی بدست آمده بیشتر باشد آن منطقه برای

کشت سیاه دانه مطلوب تر خواهد بود، نقشه قابلیت اراضی برای

کاشت سیاه دانه تهیه شد (شکل ۱).

جدول ۱. معیارهای مورد مطالعه برای امکان سنجی کشت سیاه دانه.

Table 1. The studied criteria for the feasibility of *Nigella sativa* cultivation.

اقلیم	فیزیوگرافی	خاک	هیدرولوژی
متوسط دمای ماهانه	شیب	بافت	SAR
حداکثر دمای ماهانه	ارتفاع از سطح دریا	pH	pH
حداقل دمای ماهانه		EC	EC
مجموع بارش ماهانه		P	

جدول ۲. درجه تناسب زیرمعیارهای مورد مطالعه برای امکان سنجی کشت سیاه دانه.

Table 2. The degree of suitability of the studied sub-criteria for the feasibility of *Nigella sativa* cultivation.

معیار	زیر معیار	کاملاً مناسب	مناسب	متوسط	نامناسب
اقلیم	حداقل دما (C°)	۸-۱۰	۵-۸	۴-۵	۴ >
	حداکثر دما (C°)	۱۸-۲۵	۲۵-۳۰	۳۰-۳۵	۳۵ <
	متوسط دما (C°)	۱۲-۱۷	۱۰-۱۲، ۱۷-۲۵	۴-۱۰، ۲۵-۳۵	۳۵ <، ۴ >
	مجموع بارش (mm)	۴۵۰ <	۴۰۰-۴۵۰	۲۰۰-۴۰۰	۲۰۰ >
فیزیوگرافی	شیب (درجه)	۰-۵	۵-۱۰	۱۰-۱۵	۱۵ <
	ارتفاع (m)	۵۰۰-۱۵۰۰	۱۵۰۰-۲۵۰۰	۲۰۰۰-۲۵۰۰	۲۵۰۰ <

خاک	بافت خاک	loam, silty-loam, silty-clay-loam	sandy-clay-loam	clay-loam	sandy-loam
	pH	۵-۷	۳/۵-۵	۷-۸	۳/۵ >، ۸ <
	EC (dS/m)	۳ >	۳-۴	۴-۶	۶ <
	P	۵۰-۶۰	۳۰-۵۰	۱۰-۳۰	۱۰ <
هیدرولوژی	EC (dS/m)	۲ >	۲-۵	۵-۶	۶ <
	pH	۵/۵-۷/۵	۷/۵-۸/۵، ۵-۵/۵	۸/۵-۱۰، ۳-۵	۱۰ <، ۳ >
	SAR (eq/l)	۱ >	-	-	۱ <



شکل ۱. فرایند و مدل تحقیق.

Fig 1. Research process and model.

نتایج

وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارها

وزن نهایی معیارهای اصلی و زیرمعیارها به‌دست‌آمده از نرم‌افزار Super Decision همراه با نرخ سازگاری در جدول ۳ آورده شده است. از معیارهای اصلی بیشترین وزن را اقلیم و کمترین وزن را معیار فیزیوگرافی داشت. از زیرمعیارهای اقلیم: متوسط دما و مجموع بارش، زیرمعیارهای فیزیوگرافی: ارتفاع و شیب، زیرمعیارهای خاک: بافت و P و زیرمعیارهای هیدرولوژی: EC و pH، به ترتیب بیشترین و کمترین وزن را

داشتند. نرخ سازگاری در همه موارد کمتر از ۰/۱ است که نشان‌دهنده منطقی بودن مقایسات زوجی صورت‌گرفته بین معیارها و زیرمعیارها است.

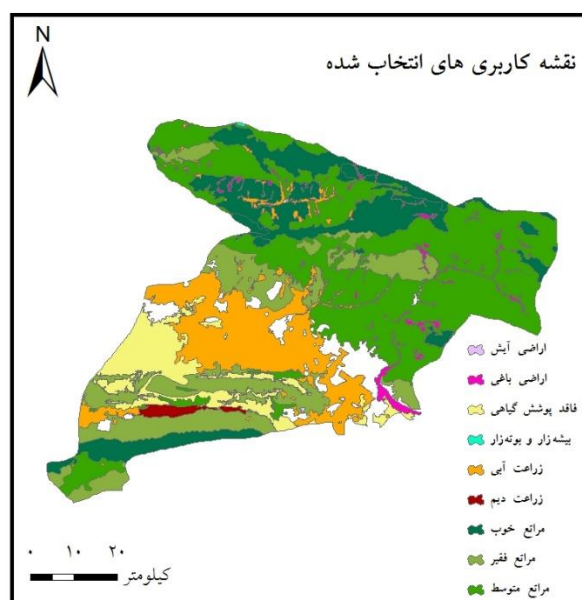
نقشه کاربری‌های انتخاب‌شده

باتوجه به حذف کاربری‌های اراضی باتلاقی و ماندابی، محدوده شهر، دریاچه، مخزن سد و آب‌بند، نقشه نهایی کاربری در شکل ۲ آورده شده است.

جدول ۳. وزن نهایی و نرخ سازگاری معیارها و زیرمعیارها برپایه روش تحلیل سلسله مراتبی.

Table 3. Final weights and inconsistency ratio of criteria and sub-criteria based on AHP.

وزن	نرخ سازگاری	زیرمعیارها	وزن	نرخ سازگاری	معیارهای اصلی
۰/۱۷		حداقل دما			
۰/۲۷	۰/۰۲	حداکثر دما			
۰/۴۵		متوسط دما	۰/۴۵	۰/۰۱	اقلیم
۰/۱۱		مجموع بارش			
۰/۳۵	۰/۰۳	شیب			
۰/۶۵		ارتفاع	۰/۰۷		فیزیوگرافی
۰/۴۳		بافت			
۰/۱۸	۰	pH			
۰/۲۸		EC	۰/۳۴		خاک
۰/۱۱		P			
۰/۶۶	۰/۰۵	EC			
۰/۱۰		pH	۰/۱۴		هیدرولوژی
۰/۲۴		SAR			



شکل ۲. نقشه کاربری های انتخاب شده برای کشت سیاه دانه در استان البرز (مناطق سفید کاربری های حذف شده هستند).

Fig 2. The map of the selected land uses for *Nigella sativa* cultivation in Alborz province (white areas are the deleted land use)

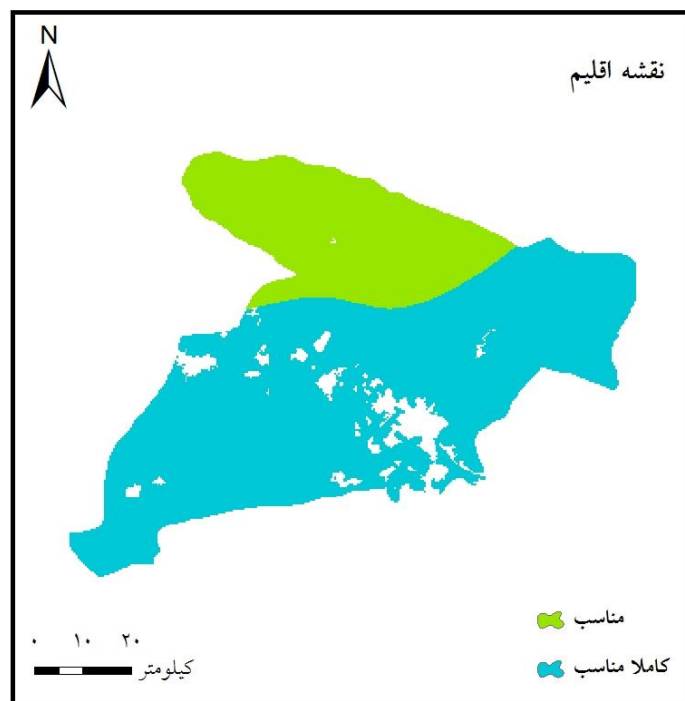
تناسب اراضی از لحاظ معیار اقلیم

نتایج پتانسیل‌یابی کشت سیاه‌دانه در استان البرز از لحاظ زیرمعیارهای اقلیم در جدول ۴ آورده شده‌است. نتایج نشانگر آن است که از لحاظ فاکتورهای دمایی، استان البرز برای کشت سیاه‌دانه در وضعیت مطلوبی قرار دارد اما از لحاظ فاکتور مجموع بارش، توان منطقه برای کشت سیاه‌دانه در حد متوسط است.

جدول ۴. درصد تناسب اراضی به مساحت کل از لحاظ زیرمعیارها و معیار اقلیم.

Table 4. The proportion percentage of land to the total area in terms of climate sub-criteria and criteria .

درجه تناسب زیرمعیار و معیار	کاملاً مناسب	مناسب	متوسط	نامناسب
حداقل دما	۷۳/۲۳	۲۶/۴۴	۰/۳۳	-
حداکثر دما	۱۰۰	-	-	-
متوسط دما	۱۰۰	-	-	-
مجموع بارش	-	۱۱/۹۷	۸۸/۰۳	-
اقلیم	۷۳/۲۳	۲۶/۷۷	۰	۰



شکل ۳. نقشه فازی کیفی‌شده تناسب اراضی برای کشت سیاه‌دانه در استان البرز از لحاظ معیار اقلیم.

Fig 3. Qualitative fuzzy map of land suitability for *Nigella sativa* cultivation in Alborz province in terms of climate criteria.

تناسب اراضی از لحاظ معیار فیزیوگرافی

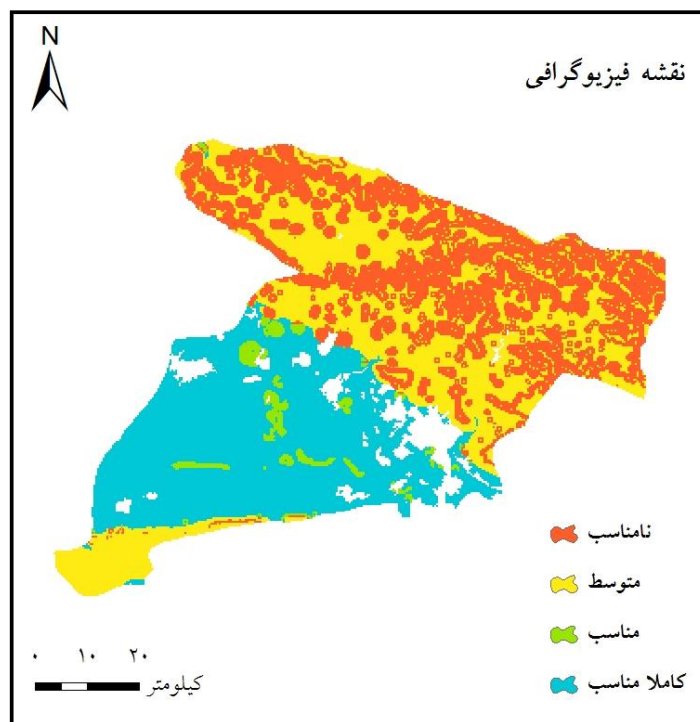
نتایج پتانسیل‌یابی کشت سیاه‌دانه در استان البرز از لحاظ زیرمعیارهای فیزیوگرافی در جدول ۵ آورده شده‌است. نتایج نشان داد که ۸۵/۳۷ درصد از سطح استان البرز از لحاظ فاکتور شیب و ۵۴/۷۵ درصد از لحاظ فاکتور ارتفاع برای کشت سیاه‌دانه در وضعیت کاملاً مناسب و مناسب قرار دارد .

نتایج امکان‌سنجی کشت سیاه‌دانه در استان البرز از لحاظ معیار فیزیوگرافی (شکل ۴ و جدول ۵)، نشان داد که ۳۷/۳۹ درصد از استان البرز برای کشت سیاه‌دانه شرایط کاملاً مناسب و مناسب دارد و ۶۲/۶۱ درصد از منطقه در وضعیت متوسط و نامناسب قرار دارد.

جدول ۵. درصد تناسب اراضی به مساحت کل از لحاظ زیرمعیارها و معیار فیزیوگرافی.

Table 5. The proportion percentage of land to the total area in terms of physiographic sub-criteria and criteria.

درجه تناسب				نامناسب
کاملاً مناسب				
زیر معیار و معیار	مناسب	متوسط	نامناسب	
شیب	۷۴/۴۸	۱۰/۸۹	۵/۹۴	۸/۶۹
ارتفاع	۳۷/۲۸	۱۷/۴۷	۱۸/۶۷	۲۶/۵۸
فیزیوگرافی	۳۶/۲۱	۱/۱۸	۳۸/۲۱	۲۴/۴۰



شکل ۴. نقشه فازی کیفی شده تناسب اراضی برای کشت سیاه‌دانه در استان البرز از لحاظ معیار فیزیوگرافی.

Fig 4. Qualitative fuzzy map of land suitability for *Nigella sativa* cultivation in Alborz province in terms of physiographic criteria.

تناسب اراضی از لحاظ معیار خاک

۵۵/۰۵ و ۶۴/۳۱ درصد از خاک در وضعیت متوسط قرار دارد.

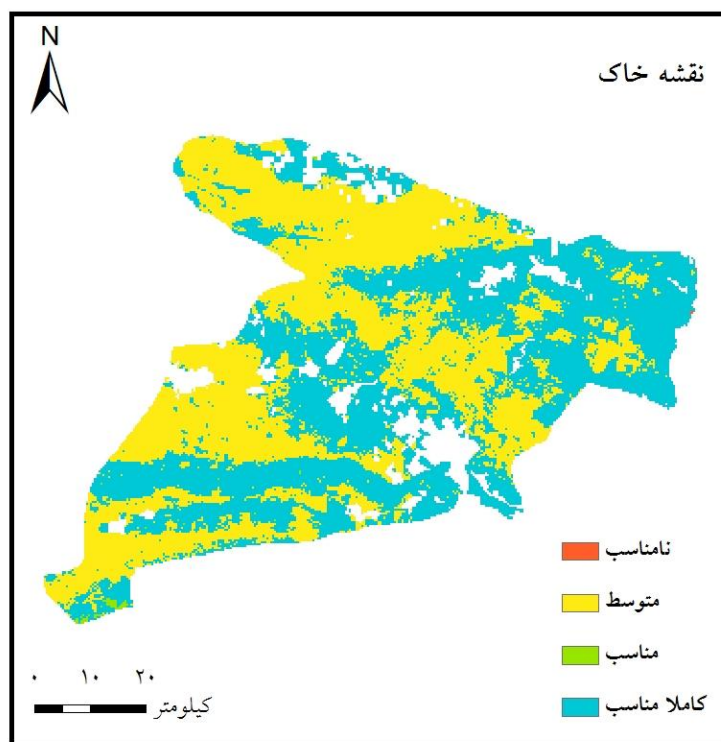
نتایج امکان‌سنجی کشت گیاه سیاه‌دانه در استان البرز از لحاظ معیارهای خاک مورد مطالعه (شکل ۵ و جدول ۶)، نشان داد که ۵۰/۱۸ درصد در وضعیت کاملاً مناسب و مناسب و تنها ۰/۰۲ درصد در وضعیت نامناسب قرار دارد.

نتایج پتانسیل‌یابی کشت سیاه‌دانه در استان البرز از لحاظ زیرمعیارهای خاک در جدول ۶ آورده شده است. بر اساس نتایج بیانگر آن است که ۵۰/۳۲ درصد از خاک استان البرز از لحاظ بافت، برای کشت سیاه‌دانه در وضعیت کاملاً مناسب و مناسب قرار دارد. از لحاظ فاکتور pH ، EC و P به ترتیب ۶۵/۲۲،

جدول ۶. درصد تناسب اراضی به مساحت کل از لحاظ زیرمعیارها و معیار خاک.

Table 6. The proportion percentage of land to the total area in terms of soil sub-criteria and criteria.

درجه تناسب زیرمعیار و معیار	کاملاً مناسب	مناسب	متوسط	نامناسب
بافت خاک	۵۰/۰۸	۰/۲۴	۴۹/۶۶	۰/۰۲
pH	۴/۲۲	۰/۹۶	۶۵/۲۲	۲۹/۶۰
EC	۰/۰۹	۲۳/۰۸	۵۳/۰۵	۲۳/۷۷
P	۱/۵۰	۱۴/۵۳	۶۴/۳۱	۱۹/۶۶
خاک	۴۹/۹۵	۰/۲۳	۴۹/۸۰	۰/۰۲



شکل ۵- نقشه فازی کیفی شده تناسب اراضی برای کشت سیاه‌دانه در استان البرز از لحاظ معیار خاک.

Fig 5. Qualitative fuzzy map of land suitability for *Nigella sativa* cultivation in Alborz province in terms of soil criteria

تناسب اراضی از لحاظ معیار هیدرولوژی

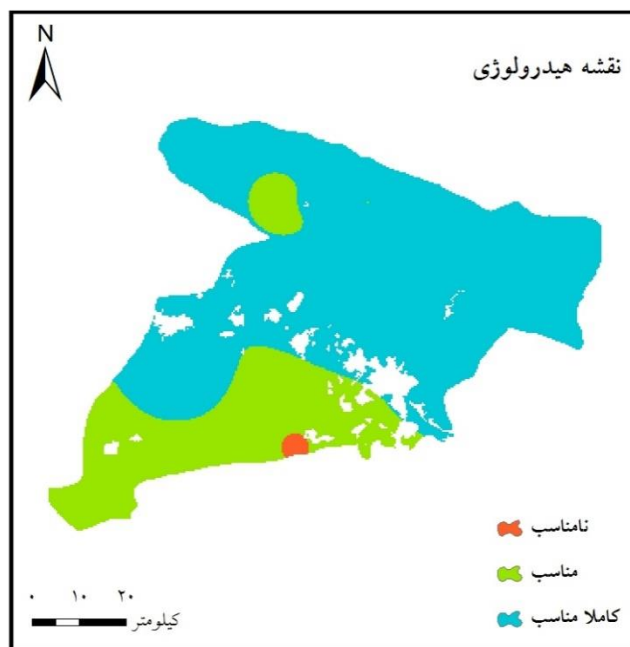
نتایج پتانسیل یابی کشت سیاه دانه در استان البرز از لحاظ زیرمعیارهای هیدرولوژی در جدول ۷ آورده شده است. نتایج نشانگر آن است که وضعیت منابع آبی استان البرز از لحاظ سه فاکتور مطالعه شده برای کشت سیاه دانه در وضعیت کاملاً مناسبی قرار دارد.

نتایج امکان سنجی کشت سیاه دانه در استان البرز از لحاظ معیارهای هیدرولوژی مورد مطالعه (شکل ۶ و جدول ۷)، نشان داد که فقط ۰/۴۶ درصد منطقه از لحاظ این معیارها در وضعیت نامناسب قرار دارد و ۹۹/۵۴ درصد استان البرز در وضعیت کاملاً مناسب و مناسب قرار دارد.

جدول ۷. درصد تناسب اراضی به مساحت کل از لحاظ زیرمعیارها و معیار هیدرولوژی.

Table 7. The proportion percentage of land to the total area in terms of hydrological sub-criteria and criteria.

درجه تناسب زیرمعیار و معیار	کاملاً مناسب	مناسب	متوسط	نامناسب
EC	۹۹/۵۱	۰/۴۹	-	-
pH	۹۹/۲۰	۰/۱۷	۰/۶۳	-
SAR	۷۳/۱۸	-	-	۲۶/۸۲
هیدرولوژی	۷۳/۲۴	۲۶/۳۰	-	۰/۴۶



شکل ۶. نقشه فازی کیفی شده تناسب اراضی برای کشت سیاه دانه در استان البرز از لحاظ معیار هیدرولوژی.

Fig 6. Qualitative fuzzy map of land suitability for *Nigella sativa* cultivation in Alborz province in terms of hydrological criteria

جهت انتشار

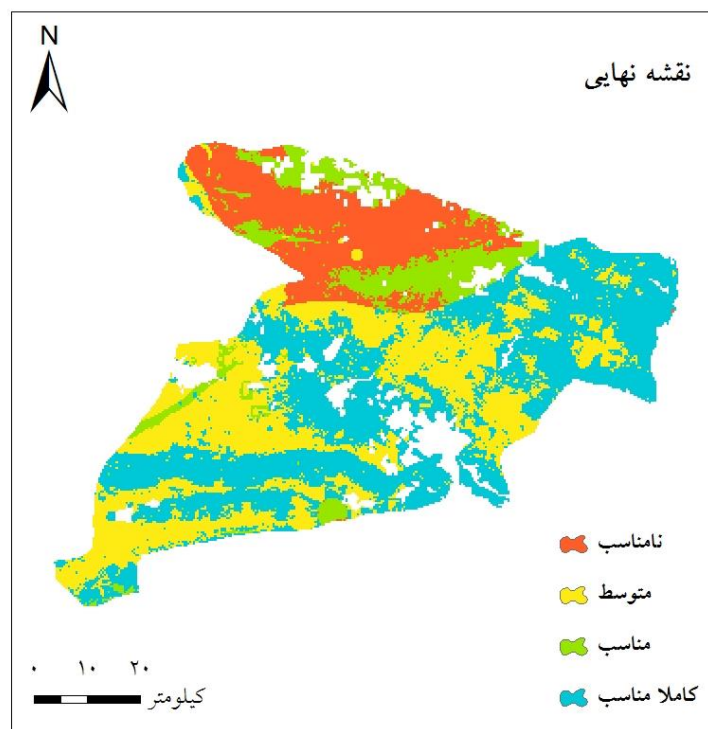
درصد از منطقه، از نظر معیارهای مورد مطالعه برای کشت سیاه‌دانه در وضعیت کاملاً مناسب و مناسب قرار دارد و فقط ۱۵/۰۲ درصد از سطح استان برای کشت سیاه‌دانه نامناسب است (جدول ۸).

نقشه نهایی تناسب اراضی استان البرز برای کشت سیاه‌دانه پس از روی هم‌گذاری نقشه‌های فازی شده معیارهای اصلی و اعمال وزن معیارها، نقشه نهایی امکان سنجی کشت گیاه سیاه‌دانه در استان البرز حاصل شد (شکل ۷). نتایج نشان داد که ۴۶/۸۷

جدول ۸. توزیع مساحت استان البرز از لحاظ کشت سیاه‌دانه.

Table 8. Area distribution of Alborz province in terms of *Nigella sativa* cultivation.

قابلیت	مساحت (ha)	مساحت (%)
کاملاً مناسب	۱۹۴۱۹۳/۴۰	۳۷/۹۴
مناسب	۴۵۷۰۰/۳۵	۸/۹۳
متوسط	۱۵۱۲۳۱/۹۰	۲۹/۵۵
نامناسب	۷۶۸۹۹/۳۷	۱۵/۰۲
کاربری‌های حذف‌شده و مناطق فاقد داده	۴۳۸۰۷/۷۶	۸/۵۶



شکل ۷. نقشه فازی کیفی شده تناسب اراضی برای کشت سیاه‌دانه در استان البرز از لحاظ معیارهای مورد مطالعه.

Fig 7. Qualitative fuzzy map of land suitability for *Nigella sativa* cultivation in Alborz province in terms of the studied criteria.

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق پس از وزن دهی به معیارهای مؤثر در کشت سیاه دانه و انجام مدل سازی بر اساس مدل سلسله مراتبی و فازی سازی زیرمعیارها، نقشه پهنه های مناسب برای کشت این گیاه در استان البرز تهیه گردید. در نهایت با تهیه نقشه پهنه بندی اراضی مستعد کشت، علاوه بر استعداد و قابلیت های اراضی استان البرز برای کاشت سیاه دانه، می توان نشان داد که معیارهای در نظر گرفته شده برای پهنه بندی در چه نقاطی در حد مطلوب هستند و چه مناطقی دچار کمبود و ضعف از نظر این پارامترها هستند. به عنوان مثال می توان مشخص کرد که کدام منطقه از بارش کافی و مناسب برای سیاه دانه برخوردار است و کدام منطقه از نظر بارشی کمبود دارد. پس از مشخص کردن این نقاط می توان برای ایجاد بهینه مناطق کشت، برنامه ریزی کرد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که استان البرز از لحاظ معیار اقلیم که بین معیارها دارای بیشترین وزن است (۰/۴۵) محدودیتی برای کشت سیاه دانه ندارد (۱۰۰ درصد در وضعیت کاملاً مناسب و مناسب). از لحاظ زیرمعیار مجموع بارش، نتایج تحقیق نشان داد که توان منطقه برای کشت سیاه دانه در حد متوسط است و لذا پیشنهاد می شود که سیاه دانه در مناطق فاقد شرایط مناسب برای کشت دیم، به صورت کشت آبی یا آبیاری های تکمیلی کشت شود زیرا برپایه نتایج تحقیق، استان البرز از لحاظ وضعیت کیفی منابع آبی برای کشت سیاه دانه در وضعیت کاملاً مناسب و مناسب قرار دارد. گیاه سیاه دانه تا حدودی مقاوم به کم آبی است اما با کاهش پتانسیل آب، درصد و سرعت جوانه زنی، طول ریشه چه و ساقه چه دچار روند کاهش می شود.

از لحاظ عوامل فیزیوگرافی ۶۲/۶۱ درصد از منطقه در وضعیت متوسط و نامناسب قرار دارد که شامل مناطق شمال تا شرق و

بخشی از مرکز است که از لحاظ ارتفاع دارای محدودیت است. نتایج آن ها نشان داد که شمال منطقه به علت کوهستانی بودن، از شرایط نامناسب قرار دارد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، معیار فیزیوگرافی دارای کمترین وزن (۰/۰۷) است و در نتیجه می توان گفت از این نظر محدودیت قابل توجهی برای کشت سیاه دانه وجود ندارد.

از لحاظ معیارهای خاک که بعد از معیار اقلیم از لحاظ وزن در جایگاه دوم قرار دارد (۰/۳۴)، عموماً منطقه در شرایط کاملاً مناسب (۴۹/۹۵ درصد) یا متوسط (۴۹/۸۰ درصد) قرار دارد چون منطقه از لحاظ زیرمعیار بافت خاک که بر اساس نتایج تحقیق، معیار با بیشترین وزن است در شرایط کاملاً مناسب یا متوسط قرار دارد. سیاه دانه نیاز به خاک های با بافت نسبتاً متوسط و حاصلخیز با زهکش مناسب دارد (۲۴). در مطالعه انجام شده روی نیازهای اکولوژیک گیاه سیاه دانه، خاک هایی با بافت شنی - لومی با فعالیت مناسب موجودات میکروبی و اسیدیته ۵-۸ بهترین شرایط رشدی گیاه را فراهم می کند. از سوی دیگر با در نظر گرفتن نقش ویژه فسفر در مکانیسم رشد و فعالیت های زایشی سیاه دانه، تامین منابع فسفر برای افزایش کیفیت سیاه دانه بسیار مهم است (۱۹ و ۳۱). فسفر محلول در خاک ممکن است در خاک های آهکی تحت واکنش با ترکیبات کربناتی به شکل غیر قابل جذب تبدیل شود و جذب گیاه نشود (۱۷ و ۲۶). بنابراین، کاهش قابلیت جذب این عنصر در خاک های آهکی مناطق نیمه خشک، می تواند شاخص های کیفی و فیزیولوژیک بذرهای تولیدی را کاهش دهد. همچنین بر اساس نتایج تحقیق، استان البرز از لحاظ معیار هیدرولوژی در وضعیت کاملاً مناسب و مناسب قرار دارد (۹۹/۵۴ درصد). کیفیت آب آبیاری از نظر شوری و اسیدیته برای کشت گیاهان بسیار مهم است.

در نقشه نهایی تولید شده، ۴۶/۸۷ درصد از سطح استان از نظر پتانسیل کشت سیاه دانه شرایط کاملاً مناسب و مناسب را داراست. این مناطق عمدتاً شامل مناطق با کاربری مرتع و زراعت آبی است که در غرب، جنوب غرب، مرکز، شمال، جنوب و بخشی نیز در شرق استان واقع شده است که در صورت تامین آب زراعی، محدودیت عمده محیطی برای کشت سیاه دانه در این مناطق وجود ندارد.

پهنه‌هایی از استان که دارای شرایط متوسط برای کشت سیاه دانه است، ۲۹/۵۵ درصد از استان را دربر می‌گیرد که از غرب تا جنوب شرقی پراکنش دارند که عموماً شامل کاربری‌های فاقد پوشش گیاهی، زراعت آبی و مرتع هستند. همچنین ۱۵/۰۲ درصد از مساحت استان، شامل مناطق نامناسب برای کشت سیاه دانه است که عمدتاً در مناطق شمالی استان واقع شده‌اند. عوامل مختلفی سبب نامناسب بودن این مناطق شده است. در نواحی مرتفع کوهستانی محدودیت عمده محیطی، ارتفاع و شیب زیاد و عدم وجود خاک مناسب است.

در ارزیابی توان محیطی برای کشت محصول، همه معیارها از اهمیت یکسانی برخوردار نیستند. برخی معیارها کلیدی هستند؛ به این معنا که حتی با وجود سایر عوامل، فقدان این معیارها یا عدم شرایط مناسب آن‌ها، باعث می‌شود منطقه نامناسب ارزیابی شود. به همین دلیل، جهت حصول رتبه‌بندی اهمیت معیارهای تصمیم‌گیری در مورد مکان‌های مناسب برای کشت، فاکتورها وزن‌دهی می‌شوند که بدین منظور در پژوهش حاضر، از روش AHP برای وزن‌دهی استفاده شد که علاوه بر توانایی تلفیق داده‌های کمی و کیفی، امکان استفاده از نظر کارشناسان مختلف را نیز فراهم می‌کند و کارایی آن برای پژوهش‌های مکان‌یابی مورد تأیید قرار گرفته است (۱۶). نتایج وزن‌دهی نشان دادند که برای کشت سیاه دانه، معیار اقلیم دارای وزن بیشتری نسبت

به سایر معیارها است که با نتایج ذکر شده در تحقیق گاشاو (۱۰) که عوامل اقلیمی تأثیر زیادی بر عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه سیاه دانه دارند، همخوانی دارد. همچنین عدمی (۱) نیز در تحقیق انجام شده جهت امکان‌سنجی کشت گیاه بومادران در استان قم، نشان داد که بیشترین وزن مربوط به معیار اقلیم است.

در سال‌های اخیر به دلیل عوارض داروهای شیمیایی، توجه به کشت گیاهان دارویی افزایش یافته و نیازمند مدیریت و برنامه‌ریزی برای توسعه است (۴). برای شناسایی مناطق مستعد کشت گیاهان دارویی به کارگیری GIS به عنوان یک ابزار مهم نقش مؤثری در تهیه، تلفیق، تحلیل و جمع‌بندی داده‌ها دارد و استفاده از آن به میزان زیادی سبب کاهش هزینه و زمان موردنیاز می‌شود (۷ و ۱۶). همچنان که نتایج تحقیق نشان داد که GIS تلفیق شده با AHP بر پایه منطق فازی در ادغام پارامترهای اقلیم، خاک، فیزیوگرافی و هیدرولوژی برای ارزیابی امکان‌سنجی کشت سیاه دانه در استان البرز، کارا و مفید بوده است و باتوجه به اینکه نقشه‌های خروجی این پژوهش دارای مقیاس مناسبی هستند و می‌تواند به خوبی توسط کارشناسان و کشاورزان مورد استفاده قرار گیرد. همچنین سیاه دانه یکی از گیاهان دارویی ارزشمند و بومی ایران است که هزینه زیادی برای کشت ندارد و محصولی پربازده به شمار می‌رود (۲۴). یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی از استان البرز شرایط مناسبی برای کشت سیاه دانه دارد. بنابراین، انتظار می‌رود توسعه کشت این گیاه به رونق اقتصادی استان کمک کند (۲). تولید این گیاه در زمینه‌های کشت، عصاره‌گیری، اسانس‌گیری، بسته‌بندی و داروسازی اشتغال‌زا بوده و می‌تواند در جهت رفع بیکاری این استان نقش مؤثری را ایفا کند. استفاده مطلوب، منطقی و بهینه از منابع گیاهان دارویی که به

لحاظ فناوری بسیار کم هزینه تر و ساده تر از صنایع دارویی شیمیایی است، می تواند ضمن تأمین بخشی از نیازهای عمده بهداشتی و درمانی جامعه از خروج مقادیر زیادی ارز جلوگیری نموده و موجب خودکفایی در تولید این گیاه می شود. البته با عنایت به اینکه گیاهان دارویی کشور جز در موارد بسیار محدود، کاملاً به صورت سنتی تولید می شوند و از استانداردهای جهانی در روش های جمع آوری، خشک کردن، نگهداری، حمل و نقل و بسته بندی، فراوری و عرضه، فاصله بسیار دارد. ضروری است دانش فنی در مراحل کاشت، داشت و برداشت به روز شود و فناوری های لازم بومی سازی گردد تا بتوان بر اساس استانداردهای جهانی در بازارهای بین المللی سهمی داشت.

لازم به ذکر است که در پژوهش حاضر با توجه به محدودیت دسترسی به داده ها و البته محدودیت زمانی از چهار زیرمعیار برای تناسب بندی اقلیم استفاده شد که پیشنهاد می شود در پژوهش های بعدی زیرمعیارهایی بیشتری از اقلیم موردبررسی قرار گیرد. همچنین معیارهای اصلی استفاده شده در پژوهش حاضر جزو متغیرهای فیزیکی محسوب می شوند و از این رو می توان در پژوهش های بعدی با ترکیب متغیرهای اجتماعی-اقتصادی باعث بهبود نتایج امکان سنجی شد.

منابع مورد استفاده

- Adami F. 2021. Feasibility of cultivating *Achillea millefolium* in Qom province based on Network Analysis Methc (ANP). Payamenoor University. Tehran. 114pp. (7- Erfanian salim R. Koocheki A Nassiri Mahallati M. Kamkar B. 2019. Assessment of land suitability and the performance possibility of wheat-soybean rotation in Golestan province. Journal of Crop Production, 11(4): 103-118. doi: 10.22069/ejcp.2019.9954.1780. (In Persian).
- Agha alikhani M. Karam A. Shayan S. Akbary M. 202 Prediction of changes in morpho-climatic areas base on climate change scenarios, Alborz Provinc Iran. Quantitative Geomorphological Research, 10(28- 229-247. doi: 10.22034/gmpj.2021.241205.1193. (1 Persian).
- Alshammari A. 2017. Light, salinity and temperature effects c the seed germination of *Nigella sativa* L. Global Journ biology, agriculture and health sciences, 6(1):25-3 doi:https:// doi. 10.24105/gjbahs.6.1.1706
- Babayan VK. Kootungal D. Halaby, GA. 1978. Proxima analysis, fatty acid and, amino acid composition (*Nigella sativa* L.) seed. Journal of Food Scienc 43:1315-1319.
- Bahrami M. Sarmadian F. Pazira E. 2023. Evaluation of Albo province ecological potential in terms of agriculture b Geographic Information System and Analytic Hierarchy Process. Iranian Journal of field crop scienc 54(2): 165-178. dc 10.22059/ijfcs.2022.325686.654834. (In Persian).
- Deng F. Li X. Wang H. Zhang M. Li R. Li X. 2014. GIS-ba assessment of land suitability for alfalfa cultivation: case study in the dry continental steppes of norther China. Spanish Journal of Agricultural Research. 12(2): 364-375. doi:https://doi.org/10.5424/sjar/2014122-4672.
- FAO. 1976. A framework for land evaluation. FAO Soils bulletin 32, Rome. 85pp.
- Farajnia A, Moravej K. 2020. Agro climatic zoning of Saffron culture in East-Azarbayjan province. Journal of Saffron Research, 7(2): 251-267. doi: 10.22077/jsr.2018.1445.1057. (In Persian).
- Gashaw Z. 2020. Status of Black Cumin (*Nigella Sativa* L.) Research and Production in Ethiopia; A Review. International Journal of Forestry and Horticulture, 6(3):20-29. doi:https:// doi.org/10.20431/2454-9487.0603003.
- Ghaderi FA. Soltani A. Sadeghipour HR. 2008. Cardinal temperatures of germination in medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo convar. Pepo*), borago (*Borago officinalis* L.) and Black cumin (*Nigella sativa* L.). Asian journal of plant sciences, 7(6): 574-578. doi:https:// doi.org/10.3923/ajps.2008.574.578
- Goreja W (2003). Black Seed: Nature's Miracle Remedy, New book provides a comprehensive overview of the science behind the miracle of Black Seed and details recent studies and modern uses. 64pp.

- 13- Herlina Aziz SA, Kurniawati A, Nur Faridah D. 201. Changes of Thymoquinone, Thymol, and Malondialdehyde Content of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) in Response to Indonesia Tropical Altitude Variation. HAYATI Journal of Biosciences, 24(3):150-161. doi:https://doi.org/10.1016/j.hjb.2017.08.004.
- 14- Jiao S, Zhang X, Xu Y. 2017. A review of Chinese land suitability assessment from the rainfall-waterlogging perspective: Evidence from the Su Yu Yuan area. Journal of Cleaner Production, 144:100-109. doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.162.
- 15- Kahsay A, Haile M, Gebresamuel G, Mohammed M. 201. Land suitability analysis for sorghum crop production in northern semi-arid Ethiopia: Application of GIS-based fuzzy AHP approach. Cogent food and agriculture, 4(1):1-24. doi:https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1507184.
- 16- Khanamani A, Bameri Nejad F. (2022). Locating Potential Sites for Species (*Ammodendron persicum*) in Southern Kerman province, Using AHP Method. Desert Ecosystem Engineering, 9(27): 67-78. doi:10.22052/2020.9.27.35. (In Persian).
- 17- Korkmaz K, Ibriki H, Karnez E, Buyuk G, Ryan J, Ulger A, Oguz H. 2009. Phosphorus use efficiency of wheat genotypes grown in calcareous soils. Journal of Plant Nutrition, 32(12):2094-2100. doi:https://doi.org/10.1080/01904160903308176.
- 18- Krisnaningsih E, Arkeman Y, Hambali E. 2022. Decision model for Determining the feasibility of rice-based bioenergy supply chain development area with fuzzy logic-AHP approach. IOP Conf. Ser: Earth and Environmental Science, 1-11. doi:10.1088/1755-1315/1034/1/012007.
- 19- Mohamed SA, Medani RA, Khafaga, ER. 2000. Effect of nitrogen and phosphorus applications with or without micronutrients on black cumin (*Nigella sativa* L.). Annals of Agricultural Science, 3:1323-1338.
- 20- Ozel A, Demirel U, Guler I, Erden K. 2009. Effect of different row spacing and seeding rate on black cumin (*Nigella sativa* L.) yields and some agricultural characters. Harran Journal of Agricultural and Food Sciences, 13(1):17-22. (In Turkish).
- 21- Pahlavan R, Rahimi R, Gorji Chaksepari A, karimzadeh K. 2022. Location allocation of Suitable Places for Rose Damascena Cultivation in Isfahan Province using GIS-assisted Analytic Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy Logic. Proceedings of International Congress of Medicinal Plants: Mechanization & Processing, 11:14.
- 22- Pourhadian H. 2017. Climatic zonation of rainfed cultivation of borage in Mazandaran province. The 1st National Conference of the role of medicinal plants in Resistant economy. Fereydhunshahr. 1-8. (In Persian).
- 23- Pourmeidani A, Tavakoli Neko H, Adnani S.M. 2022. Feasibility study of cultivating five medicinal plants in the plains of the Salt-Lake catchment area using cropping pattern modification programs. Iranian journal of Ecohydrology, 9(2): 333-343. doi:10.22059/ije.2022.338722.1604. (In Persian).
- 24- Pour Mohamad E, Karami M. 2020. Explanatory plan for *Nigella sativa* oilseed cultivation. Headquarters of Kermanshah Entrepreneurship. 12pp. (In Persian).
- 25- Rahimi N, Jalali M, Rahimpour T. 2022. Climatic feasibility of walnut planting in Rural lands of Ardabil province. Journal Space Economy and Rural Development, 11(40): 95-112. doi:95-112. 20.1001.1.23222131.1401.11.40.5.0. (In Persian).
- 26- Shenoy VV, Kalagudi, GM. 2005. Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. Biotechnology Advances, 23(7-8): 501-513. doi:https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2005.01.004.
- 27- Shokati B, Asgharipour MR, Feizizadeh B. 2016. Improving farming practices using multi-criteria decision analysis in geographic information system for Damask Rose cultivation. Global Journal of Environmental Science and Management, 2(4):327-338. doi:https://doi.org/10.22034/gjesm.2016.02.04.002.
- 28- Sultan MT, Butt MS, Anjum FM, Jamil A, Akhtar S, Nasir M. 2009. Nutritional profile of indigenous cultivar of black cumin seeds and antioxidant potential of its fixed and essential oil. Pakistan Journal of Botany, 41(3):1321-1330.
- 29- Torrieri F, Bata A. 2017. Spatial multi-criteria decision support system and strategic environmental assessment: A case study. Buildings, 7(4):2-17. doi:https://doi.org/10.3390/buildings7040096.
- 30- Tripathi AK, Agrawal S, Gupta RD. 2022. Comparison of GIS-based AHP and fuzzy AHP methods for hospital site selection: a case study for Prayagraj City, India. Geo Journal, 87:3507-3528. doi:https://doi.org/10.1007/s10708.
- 31- Tuncur M, Tuncur R, Yildirim B. 2011. The effects of varying phosphorus doses on yield and some yield components of black cumin (*Nigella Sativa* L.). Advances in Environmental Biology, 5(2):371-374.
- 32- Zhang J, Su Y, Wu J, Liang H. 2015. GIS based land suitability assessment for tobacco production using AHP and fuzzy set in Shandong province of China. Computers and Electronics in Agriculture, 114:202-211. doi:https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.04.004.



Feasibility of *Nigella sativa* cultivation in Alborz province based on the combination of Geospatial Information System (GIS) and Fuzzy AHP

Afrooz Alimohamadi¹, Hamideh Khalaj², Mohammadreza Labbafi^{3*}

Received: 2023-02-17 / Accepted: 2024-10-08 / Published: 2025-10-11

Abstract

Regarding geographical, climatic and soil conditions, Iran is the habitat of many plant species, including medicinal plants. Studying the conditions affecting the growth of medicinal plants and determining suitable areas for their cultivation is one of the most essential factors in the management of agricultural lands in Iran. *Nigella sativa* is a medicinal plant belonging to the Ranunculales family. The seeds of this plant are used in traditional medicine to treat asthma, inflammation, diabetes and high blood pressure. The suitability of the climate for any plant in different region is an obligatory requirement for sustainable management. In the present research, a feasibility study of *N. sativa* in Alborz province based on GIS and Fuzzy AHP analysis using climatic criteria, including mean, maximum, minimum temperature and total precipitation, physiographies criteria, including height and slope, graphical criteria soil texture and pH and hydrological criteria including EC, pH and SAR were performed. Based on the

integration of fuzzy data, a land capability map for *Nigella sativa* planting in Alborz province was prepared. The results showed that 46.87% of the region is in a completely suitable and suitable condition and only 15.02% of the province is unsuitable for *Nigella. sativa* cultivation in terms of the studied criteria.

Extended Abstract

Statement of the Problem: Iran is the main habitat of many species of valuable medicinal plants. These species produce relatively high effective substances under natural conditions and with low rainfall, which can be increased with proper cultivation. Black seed (*Nigella sativa*) is one of the important medicinal plants native to Iran. The medicinal value of black seed is so high that it is known as the miracle herb of the century. Due to its wide use in pharmaceutical industries, this valuable plant is widely cultivated in different parts of Iran, but environmental limiting factors can have an adverse effect on its growth and production. Based on this, understanding how to adapt the cultivation of this valuable medicinal species in each region to its climatic conditions is necessary for sustainable management. Assessing land suitability provides useful information about the yield of different crops and the most suitable places for their production, aiding in the sustainable management of resources and planning appropriate cultivation patterns for the region. Adapting the region's characteristics to meet consumption needs is an effective and logical way to evaluate land suitability and determine land use. One of the most advanced techniques for measuring

Afrooz Alimohamadi¹, Hamideh Khalaj², Mohammadreza Labbafi³✉

1. Assistant Professor, Department of Agriculture and Environment, Payame Noor University, Tehran, Iran

2. Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran

3. Assistant Professor, Medicinal Plants Research Center, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran

DOI: 10.82447/girs.2025.902920

e-mail: labbafi@imp.ac.ir

land suitability and optimal land use is the Geographic Information System (GIS) combined with multi-criteria decision-making models (MCDM). One of these models is the Fuzzy Hierarchy Analysis Process (Fuzzy AHP). The usefulness of this method has been confirmed for evaluating cultivation feasibility. Based on this, in the present research, the feasibility of cultivating the valuable medicinal plant *Nigella sativa* in Alborz province and the zoning of areas prone to the cultivation of this product in terms of climatic, physiographic, edaphic and water characteristics, using the ability of GIS and FuzzyAHP will be done.

Purpose: The purpose of the current research is to evaluate the ecological capacity of Alborz province for the cultivation of black seed and to zone this province for black seed cultivation to develop optimal cultivation practices for this economically valuable plant.

Methodology: Alborz province, with an area of 5118.33 km², is located at 51°0'30''E / 35°48'45''N in northern Iran. In this research, Fuzzy Hierarchy Analysis was used in order to spatially analyze the criteria required for black seed cultivation based on important ecological needs. The studied criteria include four main criteria and 13 sub-criteria, which are as follows: climate (with sub-criteria: average monthly temperature, maximum monthly temperature, minimum monthly temperature, and total monthly precipitation), physiography (with sub-criteria: slope and height), soil (with sub-criteria: texture, pH, EC and P) and hydrology (with sub-criteria: SAR, pH and EC). Finding the potential of black seed cultivation in terms of the studied criteria was done based on the conducted studies. For climate data, the data of 12 months over a 10-year period obtained from five synoptic stations located in Alborz province (Hashtgerd, Karaj, Taleghan, Karaj Agricultural Site, and Payam Airport stations) were used. After determining the raw weights of criteria and sub-criteria by experts, the final weights were calculated using Super Decision software. The final zoning was done using fuzzy operators in Arc GIS 9.3 software. The final map was prepared on the basis that in the final classification, the higher the numerical value, the more favorable the area is for black seed cultivation.

Results and discussion: Among the main criteria, climate had the highest weight and physiographic criteria had the lowest weight. Among climate sub-criteria: average temperature and total precipitation, physiographic sub-criteria: height and slope, soil sub-criteria: texture and P, and hydrology sub-criteria: EC and pH, had the highest and lowest weight, respectively. The inconsistency ratio is less than 0.1 in all cases, which indicates the reasonableness of the pairwise comparisons made between criteria and sub-criteria. The results of black seed cultivation potential in Alborz province in terms of climate sub-criteria showed that in terms of temperature factors, Alborz province is in a favorable condition for black seed cultivation, but in terms of the total precipitation factor, the region's potential for black seed cultivation is average. In terms of climate criteria, the results showed that 100% of the area of Alborz province is in perfect suitable and suitable conditions for black seed cultivation. In terms of physiographic sub-criteria, the results showed that 85.37% and 54.75% of the area of Alborz province, in terms of the slope and height factors respectively, are in perfect suitable and suitable conditions. Overall, in terms of physiographic criteria, 37.39% of Alborz province has perfectly suitable and suitable conditions for black seed cultivation, while 62.61% of the region is in average and unsuitable conditions. For soil sub-criteria, the results indicated that 50.32% of the soil in Alborz province is in perfectly suitable and suitable conditions for black seed cultivation in terms of texture. For pH, EC, and P factors, 65.22%, 55.05%, and 64.31% of the soil is in average condition, respectively. Overall, in terms of the main soil criteria, the results showed that 50.18% is in perfectly suitable and suitable conditions, and only 0.02% is in an unfavorable condition. In terms of hydrological sub-criteria, the results indicated that the state of water resources in Alborz province in terms of the three studied factors is in a perfect suitable condition for black seed cultivation. For the main hydrology criteria, the results showed that only 0.46% of the region is in an unsuitable condition, while 99.54% of Alborz province is in perfectly suitable and suitable conditions. The final map of the feasibility of black seed cultivation in Alborz province, based on the studied criteria, showed that 46.87% of the region is in perfectly suitable and suitable conditions for black seed cultivation. These areas mainly include lands with

pasture and irrigated agricultural uses, located in the west, southwest, center, north, south, and part of the east of the province. The results also show that only 15.02% of the province is unsuitable for black seed cultivation, mainly in the northern areas of the province. Various factors have caused these areas to be unsuitable; In high mountainous areas, the major environmental limitations are high altitude, slope, and lack of suitable soil.

Conclusion: The findings of the present research showed that a significant area of Alborz province

has the ability to cultivate black seed and since black seed is one of the valuable medicinal plants native to Iran and its cultivation is low-cost and yields high returns, the production of this plant, including cultivation, essential oil extraction, packaging, and pharmaceuticals, can create jobs and play an effective role in reducing unemployment in Alborz province.

Keywords: Feasibility Study, *Nigella sativa*, Alborz Province, Fuzzy AHP.

.