IJAE
Iranian Journal of Applied Ecology
بوم‌شناسی کاربردی/ سال چهاردهم / شماره چهارم / ۱٤۰٤/ صفحات ۱۵ تا ۲۹

# پیش‌بینی پتانسیل پراکنش گندم وحشی (*Triticum monococcum* subsp. *aegilopoides*) در کشور با شاخص مشابهت اقلیمی

سیدکریم موسوی[۱*]، سیما سهرابی[۲]، علی قنبری[۳]، رضا قربانی[٤] و محمد علی باغستانی[۵]

(تاریخ دریافت: ۱٤۰٤/۰۲/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۵/۰۲/۲۸)

## چکیده

**گندم وحشی (*Triticum monococcum* subsp. *aegilopoides*) از خویشاوندان وحشی گندم زراعی با ارزش ژنتیکی بالا است. این گونه بومی ایران بوده و اخیراً در مزارع گندم دیم نیز ظاهر شده است. در این مطالعه، پتانسیل تغییر دامنه پراکنش آن تحت اقلیم حاضر و تغییر اقلیم تا سال ۲۰۸۰ با استفاده از شاخص مشابهت اقلیمی و مدل CLIMEX بررسی شد. پیش‌بینی‌ها نشان داد که این گونه توانایی بالایی برای استقرار در مناطق مختلف کشور دارد. استان‌ها و شهرهای سردسیر بیشترین پتانسیل را داشتند؛ به‌طوری که بیش از ۱۰۰ شهر شاخص مشابهت بالای ۰/۸ داشتند. تحت تغییر اقلیم، استان‌های اردبیل و آذربایجان شرقی جزو مناطق مهم از نظر پتانسیل استقرار قرار گرفتند. در مقابل، مناطقی از استان لرستان که هم‌اکنون میزبان این گونه هستند، تا ۱۸ درصد برای رشد و پراکنش آن در ۲۰۸۰ نامساعدتر خواهند شد. نتایج، مناطق مستعد را شناسایی و ضرورت اقدامات مدیریتی برای پایش پراکنش آن (هم به‌عنوان علف هرز و هم ذخیره ژنتیکی) را نشان داد. اقداماتی مانند کنترل پراکندگی بذر و طراحی تناوب‌های زراعی سازگار، می‌تواند از گسترش آن به مزارع بالقوه جلوگیری و همزمان از جمعیت‌های باارزش آن حفاظت کند.**

**واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، استقرار، خویشاوندان وحشی گندم، مدل‌سازی آشیان بوم‌شناختی، مدیریت تعارض**

۱. استادیار موسسه آموزش و ترویج کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۲. استادیار موسسه تحقیقات برنج کشور
۳. دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
٤. استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۵. استاد موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور
* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: k.mousavi@areeo.ir

## مقدمه

تغییر آب و هوا و استفاده مکرر از علف‌کش‌ها باعث حذف یکسری از علف‌های هرز و ایجاد جایگاه خالی برای سایر گونه‌های گیاهی می‌شود. همچنین تغییر در نظام‌های کشاورزی مثل تک‌کشتی و یا توسعه کشت حفاظتی، تغییر کاربری زمین یا افزایش سطح زیرکشت با تبدیل جنگل و مرتع به باغ و مزرعه، سبب افزایش تراکم و خسارت علف‌های هرز می‌شود (۳۱ و ۳٦). در سالهای اخیر گونه‌های جدید گیاهی به عنوان علف‌های هرز مهم و دردسرساز معرفی شده‌اند (۱، ۲۲ ،۲۷ و ۳۲). این گونه‌ها اغلب از قبل در یک منطقه حضور داشته و بومی شده ولی در درجه دوم یا سوم خسارت اقتصادی و غالبیت بوده و به مرور زمان بدلیل فعالیت‌های بشر در یک یا چند منطقه و مزرعه غالب می‌شوند (۱۹). برای مثال گیاه فیکاریا (*Ranunculus ficaria* L.) در مزارع گندم استان لرستان (۳۰) و گیاه پیچک بند (*Fallopia convolvulus* (L.) Á.Löve) در مزارع گندم استان گلستان به همین دلایل مشکل‌ساز شده‌اند (۱۳). شناسایی جایگاه اکولوژیکی این گونه‌ها و پیش‌بینی رفتار آنها با توجه به تغییرات اقلیم و فعالیت‌های بشر در برآورد پتانسیل حضور آنها از اهمیت زیادی برخوردار است. این پیش‌بینی می‌تواند هم در بهبود مدیریت علف‌های هرز و هم در برنامه‌های حفاظت از تنوع زیستی به کار آید (۱۸). گیاه گندم وحشی در دهه اخیر در مزارع گندم استان لرستان به عنوان علف هرز ایجاد مشکل کرده است (۲۱). این گونه (*Triticum monococcum* subsp. *aegilopoides* (Link) Thell.) گیاهی یک‌ساله و خودگشن است که پراکنش طبیعی آن از جنوب شرقی اروپا تا افغانستان می‌باشد. این گیاه در مناطق مختلفی به عنوان یک علف هرز در مزارع غلات تهدیدی قابل توجه برای تولید محسوب می‌شود (۲۰ و ۲٦). این گونه دارای محور سنبلچه شکننده و عادت رشدی مشابه گندم است که کنترل آن را در مزارع گندم دشوار می‌سازد (۹). علاوه بر این، سرعت جوانه‌زنی بالای بذر، خواب بذر و سبز شدن همزمان با گیاه زراعی به ماندگاری آن به عنوان یک علف هرز کمک می‌کند (٤ و ۲٦). دما و بارندگی در رشد این گیاه اهمیت بسزایی دارد و این احتمال وجود دارد که تغییرات آب و هوایی بر توزیع جغرافیایی فعلی آن تأثیر بگذارد (۲۰).

با این حال، از منظر حفاظت از تنوع زیستی، گندم وحشی تنها یک علف هرز مزاحم نیست. براساس تقسیم بندی واویلف، ایران یکی از مناطق اصلی منشاء گونه‌های اجداد وحشی گندم بوده و مناطق غربی ایران از آذربایجان تا لرستان و فارس جزء محدوده پراکنش گونه‌های گندم وحشی است. بنابراین، شناسایی مناطق با محیط‌های مناسب برای این گونه نه تنها برای جلوگیری و محدود کردن گسترش آن به عنوان علف هرز اهمیت دارد، بلکه برای اولویت‌بندی مناطق حفاظتی و حفظ ذخایر ژنتیکی آن نیز ضروری است. علاوه بر این، بحث‌های تنوع ژنتیکی و جایگاه اکولوژیکی این گونه‌ها در حفظ تنوع و بانک ژنتیکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. گندم‌های وحشی دیپلویید در گستره وسیعی از زیستگاه‌های طبیعی از سطح دریا در مقدونیه تا ارتفاع ۲۰۰۰ متری در ایران و عراق در اراضی مستعد زراعی و در مناطق بکر و اراضی آیش یافت می‌شوند (۱۵). گندم‌های وحشی دارای صفات جالبی برای سازگاری به تغییرات اقلیمی در ناحیه مدیترانه هستند و به صورت مخلوط با بذر گونه‌های زراعی پراکنده شده‌اند (۲٦). این محققان اقلیم جمعیت گندم وحشی در مادرید اسپانیا را مدیترانه‌ای با زمستان سرد و تابستان گرم و خشک با میانگین درازمدت بارش سالانه ٤۰٤/٤ میلی‌متر و دمای میانگین سالانه ۱٤ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند. علیرغم پتانسیل ایجاد خسارات اقتصادی قابل توجه در غلات و خطر بالای معرفی آن از طریق آلودگی بذر، اطلاعاتی در مورد پراکندگی جغرافیایی بالقوه آن تحت شرایط آب و هوایی فعلی و آینده در کشور وجود ندارد. علاوه بر این، پیش‌بینی اثر تغییرات اقلیمی آینده بر پراکندگی گونه‌های گیاهی ارزشمند از نظر تنوع ذخایر ژنتیکی، در مدیریت، ارزیابی سطح تهدیدها و حفاظت موثر از آنها اهمیت زیادی دارد. کاربرد گندم وحشی در برنامه‌های اصلاح نژاد، فرصتی متحول‌کننده برای ارتقای کشاورزی، بهبود امنیت غذایی، تقویت معیشت کشاورزان و ترویج شیوه‌های کشاورزی پایدار ارائه می‌دهد (۱۰).

یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر پراکندگی گونه‌های گیاهی، اقلیم است. پیش‌بینی اثر تغییرات اقلیمی آینده بر پراکندگی گونه‌های گیاهی مهم، در مدیریت، ارزیابی سطح تهدیدها و حفاظت از آنها اهمیت زیادی دارد (۳). مدل‌های مختلفی برای پیش بینی پراکنش این گونه‌ها وجود دارد برای مثال مدلهای لجستیک، مدلهای پراکندگی گونه‌ای، شبکه عصبی بردار چندی ساز یادگیر و غیره که در همه آنها هدف یافتن نقاط مستعد رویش گونه مدنظر است (۲، ۱۳ و ۲٦). پیش‌بینی تغییرات آینده نیازمند مدل‌های توزیع گونه است که وقوع گونه‌ها را با متغیرهای اقلیمی مرتبط می‌کنند. ابزارهای غالب مورد استفاده، مدل‌های توزیع گونه‌های همبسته (مانند MaxEnt، Bioclim، GLM، GAM، جنگل تصادفی) و پلتفرم‌های گروهی (مانند BIOMOD) هستند که رویکردهای چندگانه را ادغام می‌کنند (۳). مشابهت اقلیمی روش رایجی برای پیش‌بینی رفتار گونه‌های مهم (خواه به عنوان گیاه مهاجم و خواه به عنوان ذخیره ژنتیکی) است. این رهیافت بر این نگرش استوار است که جایگاه اکولوژیک به صورت عامل کنترلی برای پتانسیل پراکنش گونه‌ها عمل می‌کند. با بسط منطقی مفهوم جایگاه اکولوژیک می‌توان بیان نمود که گونه‌ها فقط در نواحی قادر به استقرار جمعیت هستند که مجموعه شرایط اکولوژیکی آن با شرایط نواحی پراکنش بومی انطباق داشته باشد. بنابراین، بر اساس شرایط محیطی مکان‌های شناخته شده حضور گونه‌ها در مناطق بومی می‌توان قابلیت استقرار جمعیت‌های غیربومی آنها را در سایر نواحی پیش‌بینی نمود (۳۱) و علاوه بر این، به تخمین پراکنش بالقوه تحت سناریوهای تغییر اقلیم مبادرت ورزید. رهیافت مشابهت اقلیمی منجر به توسعه مدل‌های پیش‌بینی برای مدیریت گونه‌های مهاجم و همچنین حفاظت از گونه‌های با ارزش شده است. مدل‌های زیست‌اقلیم جایگاه و مدل‌های پراکنش اکولوژیک یک گونه که مشاهدات جغرافیایی گونه‌ها را به کوواریانس‌های محیطی مرتبط می‌سازند به ابزار مدل‌سازی مهمی برای پاسخگویی به پرسش‌های پژوهشی در حوزه‌های جغرافیای زیستی، زیست‌شناسی حفاظتی، اکولوژی تهاجم و تکامل تبدیل شده است (۲۵).

در مورد توان گسترش این گونه هم به عنوان یک علف هرز و هم به عنوان یک ذخیره اکولوژیکی و ژنتیکی، اطلاعات چندانی در دسترس نیست. شناسایی رفتار پراکنش این گونه در آینده می‌تواند به اعمال برنامه‌های مدیریتی و حفاظتی بهتر کمک کند. در این مطالعه از مدل CLIMEX که مبتنی بر فرآیند مشابهت اقلیمی است استفاده شد تا توزیع پتانسیل پراکنش فعلی گندم وحشی در ایران و پیش‌بینی زیستگاه‌های مناسب آینده آن تحت تغییر آب و هوا انجام شود. گندم وحشی به عنوان یک گونه بومی با ارزش ژنتیکی و اکولوژیکی، در شرایط تغییر اقلیم ممکن است دامنه پراکنش خود را تغییر دهد. این تغییر می‌تواند تعارضی بین کشاورزی (به عنوان علف هرز) و حفاظت (به عنوان ذخیره ژنتیکی) ایجاد کند. بنابراین هدف این مطالعه، شناسایی مناطق دارای پتانسیل حضور برای مدیریت مبتنی بر پیش‌آگاهی و کاهش تعارض است، نه صرفاً ارائه راهکارهای کنترل و حذف. یافته‌های این پژوهش می‌تواند از تلاش‌های مدیریتی هدفمند با شناسایی مناطقی که در معرض ظهور این گونه به عنوان علف هرز جدید یا در معرض کاهش جمعیت‌های با ارزش ژنتیکی هستند، حمایت کند.

## مواد و روش‌ها

به منظور شناسایی کانون‌های حضور گندم وحشی (که در مزارع به‌عنوان علف هرز ظاهر می‌شود) در سطح مزارع گندم دیم استان لرستان ، طی دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹٤-۱۳۹۳ در مجموع ۳۹۷ مزرعه با پراکنش مناسب (حداقل یک کیلومتر فاصله) به طور تصادفی در سطح مزارع گندم دیم مناطق مختلف ۱۰ شهرستان استان لرستان انتخاب شد و ارزیابی لازم به منظور بررسی وضعیت حضور این گونه خودروی کشیده‌برگ صورت گرفت. در هر مزرعه در پنج نقطه به فواصل ۲۰ گام، طبق الگوی M، تعداد سنبله علف‌های هرز کشیده‌برگ به تفکیک گونه در کادر ۰/۵×۰/۵متر شمارش شد. مختصات جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا در هر مزرعه با استفاده از GPS مدل گارمین ثبت شد.

**جدول ۱. مشخصات پنج ایستگاه هواشناسی در استان لرستان که در این مطالعه بر اساس میانگین‌های بلندمدت (۳۰ ساله) مورد استفاده قرار گرفت.**

| ایستگاه هواشناسی | عرض جغرافیایی (°N) | طول جغرافیایی (°E) | ارتفاع از سطح دریا (m) | میانگین بارندگی سالیانه (mm/yr) | میانگین دما (°C) |
|---|---|---|---|---|---|
| الشتر | 33°49′ | 48°15′ | ۱۵۲۲/۲ | ٤۸٦/۲ | ۱۳ |
| الیگودرز | 33°24′ | 49°42′ | ۲۰۲۲ | ۳۹۳/۲ | ۱۲/٦ |
| ایمان آباد | 34°40′ | 48°36′ | ۱۱٤۸/۸ | ٦۱۱/۷ | ۱۲/۳ |
| نوراباد | 33°43′ | 48°00′ | ۱۸۵۹/۱ | ۵۰۲/۱ | ۱۲/۱ |
| ریمله | 33°26′ | 48°17′ | ۱۱٤۷/۸ | ۵۰۵/۷ | ۱۷/۲ |

برای تعیین کانون‌های حضور گندم وحشی، شاخصی با عنوان شاخص شدت حضور گونه تعریف شد. شاخص شدت حضور برابر میانگین شاخص نسبت تراکم و نسبت فراوانی تعریف شد. نسبت تراکم برابر سهم تراکم هر گونه در هر مزرعه از مجموع تراکم آن گونه در همه مزارع است. به همین ترتیب نسب فراوانی نیز برابر سهم فراوانی هر گونه در هر مزرعه از مجموع فراوانی آن گونه در همه مزارع است (۱٦، ۱۷ و ۱۸).

بر اساس شاخص شدت حضور گندم وحشی، ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک مربوط به مناطق اصلی حضور این گونه در سطح استان لرستان مشخص گردید. در سطح استان لرستان ۱٤ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک وجود دارد. نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک به کانون‌های حضور گندم وحشی شامل ایستگاه‌های نورآباد دلفان، الشتر سلسله، ایمان‌آباد و ریمله خرم‌آباد و الیگودرز بودند. با ناحیه‌بندی صورت گرفته هر مزرعه مورد بازدید به نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک منسوب گردید. با توجه به میانگین شاخص شدت حضور گندم وحشی در ناحیه تحت پوشش هر ایستگاه سینوپتیک، ناحیه حضور این گونه در استان لرستان مشتمل بر اقلیم پنج ایستگاه هواشناسی یاد شده تعیین شد. براساس آمار بلندمدت هواشناسی پنج ایستگاه مذکور، میانگین دمای حداقل سردترین ماه سال برابر ٤/٤ درجه سانتی‌گراد زیر صفر و میانگین حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال برابر ۳٤/۹ درجه سانتی‌گراد است. میانگین بارش سالانه در ناحیه مورد نظر برابر ٤٤۰/۹ میلی‌متر است. بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی (سامانه طبقه‌بندی اقلیمی کوپن) این ناحیه معتدل سرد قلمداد می‌شود.

اقلیم مناطقی از استان لرستان که گندم وحشی در آنها حضور دارد، به عنوان اقلیم مطلوب برای این گونه در نظر گرفته شد. سپس با استفاده از شاخص مشابهت اقلیمی، میزان تشابه اقلیمی سایر مناطق کشور با این ناحیه محاسبه گردید تا پتانسیل استقرار گونه در آنها برآورد شود.هر چه عدد شاخص مرکب مشابهت اقلیمی به یک نزدیک‌تر باشد شباهت اقلیمی منطقه مورد نظر با مناطق حضور گندم وحشی بیشتر و در نتیجه پتانسیل استقرار گونه بالاتر است. هر چه عدد شاخص مرکب مشابهت اقلیمی به صفر نزدیک‌تر باشد اختلاف اقلیمی منطقه مورد نظر با اقلیم مطلوب گونه بیشتر و در نتیجه احتمال استقرار آن کمتر خواهد بود.

در سال ۱۹۹٦، IPCC سناریوهای تغییر اقلیم را که در برگیرنده طیف وسیعی از تغییرات رشد جمعیت انسان در آینده، عوامل اقتصادی و تکنولوژیکی موثر بر انتشار گازهای گلخانه ای و ذرات معلق بود را تا سال ۲۰۸۰ انتشار داد (جدول ۲).

**شاخص مشابهت اقلیمی (CMI, Climate Match Index)**

شاخص مرکب مشابهت اقلیمی معیاری است که در برنامه CLIMEX برای آنالیز میزان شباهت اقلیمی مناطق مورد استفاده قرار می‌گیرد. در آنالیز مشابهت اقلیمی، داده‌های آب و هوایی بلندمدت مناطق مورد مطالعه با یکدیگر مقایسه می‌گردند. سطح

جدول ۲. سناریوهای تغییرات اقلیمی در جهان تا سال ۲۰۸۰ (۱۱ و ۱۲).

| سناریوی تغییر اقلیم | جمعیت جهانی (میلیارد) | غلظت دی اکسید کربن (ppm) | تغییرات جهانی دما (°C) | محدوده احتمالی (°C) |
|---|---|---|---|---|
| A1B | ۷/۱ | ۷۱۱ | ۲/۹ | ۱/۷ –٤/٤ |
| A2 | ۱۵/۱ | ۸۵۷ | ۳/۸ | ۲ –٥/٤ |

شباهت اقلیم مناطق مختلف بر اساس شاخص مرکب مشابهت اقلیمی متشکل از پارامترهای میانگین ماهیانه دمای حداکثر، میانگین ماهیانه دمای حداقل و مقدار و الگوی بارش صورت می‌گیرد. هر یک از این اجزاء در دامنه صفر تا یک متغیر هستند. عدد یک گویای انطباق کامل شاخص اقلیمی مورد نظر برای مکان جدید با محل مورد نظر است (۱۵).

$$CMI = \left(I_{Temp} \times I_{Rain}\right)^{\frac{1}{2}} \times 100$$ رابطه (۱)

که در آن $CMI$ شاخص مرکب مشابهت اقلیمی، $I_{Temp}$ شاخص مشابهت دمایی و $I_{Rain}$ شاخص مشابهت بارش است.

$$I_{Temp} = \frac{I_{T\min} + I_{T\max}}{2}$$ رابطه (۲)

$$I_{T\max} = \exp\left(-K_T \times T_{d\max}\right)$$ رابطه (۳)

$$I_{T\min} = \exp\left(-K_T \times T_{d\min}\right)$$ رابطه (٤)

که در آن $T_{d\min}$ و $T_{d\max}$ تفاوت مطلق هفتگی دماهای حداقل و حداکثر بین دو مکان مورد نظر است. $K_T$ ثابت معادله است. $K_T = 0.1$ گویای شاخص ۰/۹ برای اختلاف دمای هفتگی ۱ درجه سانتی‌گراد و شاخص ۰/٦ برای اختلاف دمای هفتگی ۵ درجه سانتی‌گراد است.

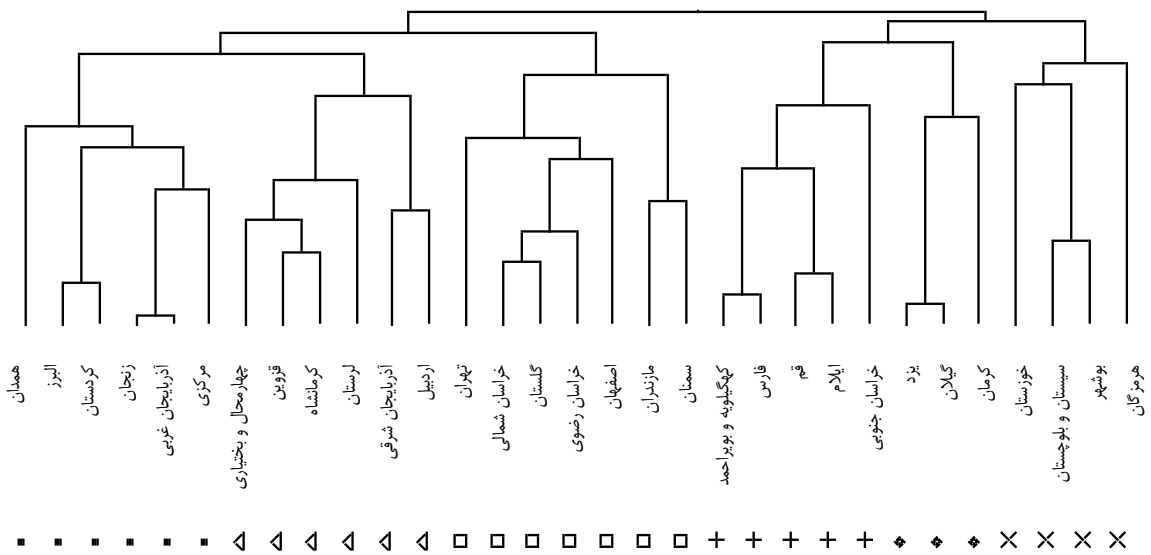
$$I_{Rain} = \exp\left(-K_P \times R_D\right)$$ رابطه (۵)

که در آن $R_D$ میانگین تفاوت مطلق بارندگی هفتگی مناطق مورد مقایسه با ضرب در مقدار $R_Z = \frac{R_M}{R_T}$ است. $R_M$ بارش سالیانه در مکان جدید مورد مقایسه و $R_T$ بارش سالیانه در محل اولیه است. $K_P$ ثابت معادله است. $K_P = 0.005$ گویای شاخص ۰/۹ برای تفاوت بارش هفتگی ۲۰ میلی‌متری و شاخص ۰/٦ برای تفاوت بارش هفتگی ۱۰۰ میلی‌متری است. این شاخص‌ها براساس میانگین اختلاف مطلق هفتگی در حداکثر، حداقل و میانگین دما بین دو مکان انتخاب شدند (١٤ و ٣٤).

**داده‌های آب‌وهوایی**: داده‌های آب‌وهوایی شامل میانگین حداقل دمای ماهیانه، میانگین حداکثر دمای ماهیانه و میانگین بارش ماهانه برای همه ٣٦٣ ایستگاه سینوپتیک کشور بود. این داده‌ها از بدو تاسیس هر ایستگاه تا ماه هشتم سال ۲۰۱۵ میلادی گردآوری شده و برای تهیه فایل اکسل داده‌های اقلیمی مورد نیاز برای راه‌اندازی برنامه CLIMEX مورد استفاده قرار گرفتند. تهیه نقشه‌های مبتنی بر درون‌یابی با استفاده از فایل داده‌های آب‌وهوایی چند ساله (از سال تاسیس ایستگاه‌ها در کشور) با مقیاس ۳۰ دقیقه جغرافیایی صورت گرفت (۱۳). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر قابلیت استقرار گندم وحشی در قالب افزایش دی اکسید کربن و دما با مقیاس ۳۰ دقیقه جغرافیایی بر اساس سناریوی تغییر اقلیم UK High 2080s مورد بررسی قرار گرفت (۹و ۱۲). تجزیه خوشه‌ای به روش وارد (Ward) با فاصله اقلیدسی ٤٥/٠ در نرم‌افزار JMP Pro 12.0.1 انجام شد تا مقادیر CMI برای شهرهای مختلف از نظر پتانسیل استقرار گندم وحشی در شرایط فعلی و تغییر اقلیم تحلیل شود. رسم نمودارها با نرم‌افزار ggbiplot انجام گرفت.

## نتایج و بحث

نتایج نشان داد نقاط زیادی در کشور پتانسیل حضور و پراکنش این گونه را دارند. در بین استان‌های کشور بالاترین سطح شاخص مشابهت اقلیمی از نظر استقرار و پراکنش گندم وحشی به استان همدان و کمترین آن به استان هرمزگان مربوط بود. بر

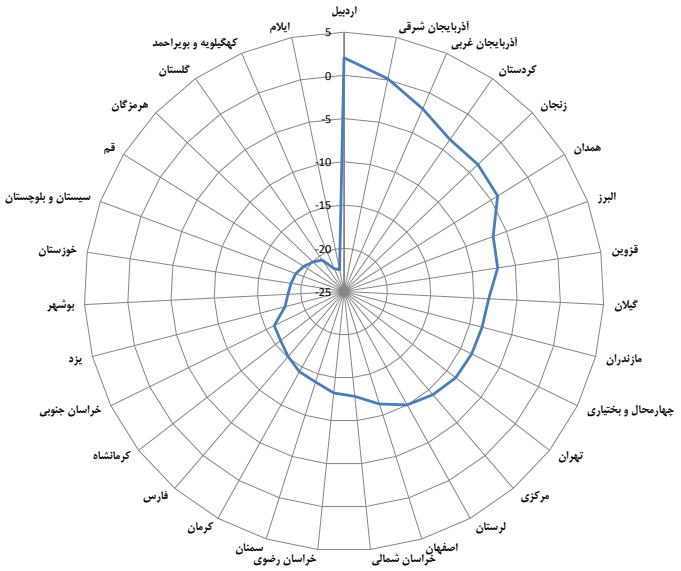



**شکل ۱. دسته‌بندی استان‌های مختلف کشور از نظر پتانسیل استقرار گندم وحشی. گروه‌بندی بر اساس تجزیه کلاستر به روش Ward برای مقادیر شاخص مرکب مشابهت اقلیمی صورت گرفته است. پنج دسته در فاصله اقلیدسی ۰/٤۹**

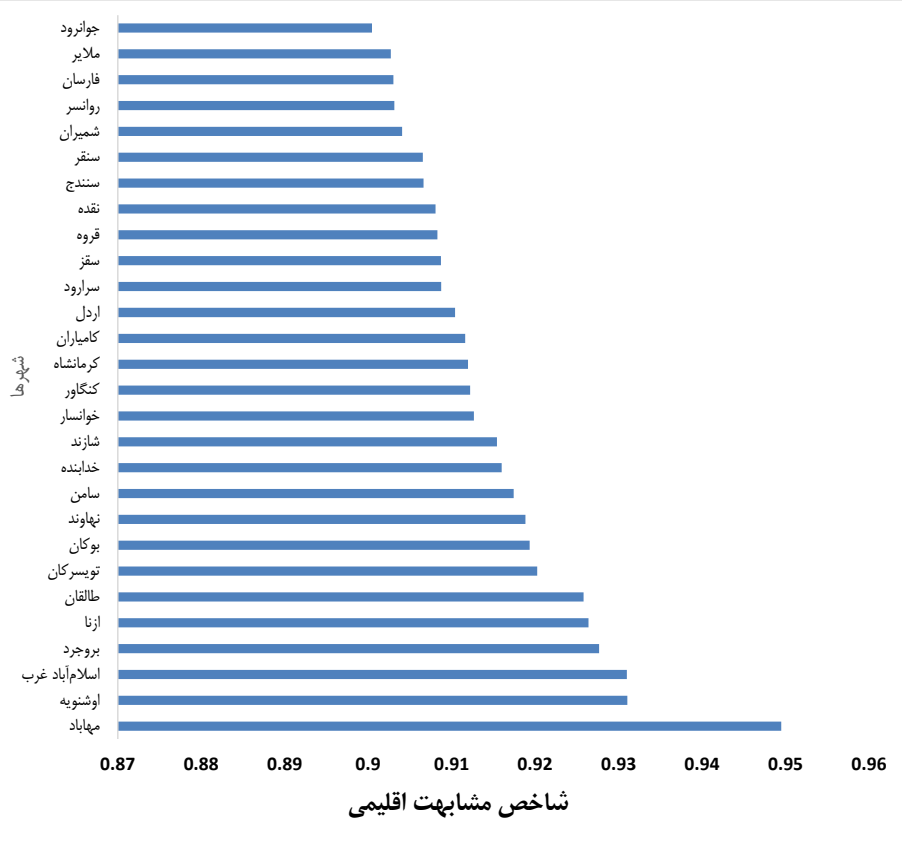
اساس تجزیه کلاستر صورت گرفته، استان‌های همدان، البرز، کردستان، زنجان، آذربایجان غربی و مرکزی مستعدترین استان‌های کشور از نظر شرایط اقلیمی برای استقرار گندم وحشی هستند. از این نظر استان‌های چهارمحال و بختیاری، قزوین، کرمانشاه، سایر مناطق استان لرستان، آذربایجان شرقی و اردبیل در رتبه بعدی قرار دارند. استان‌های تهران، خراسان شمالی، گلستان، خراسان رضوی، اصفهان، مازندران و سمنان در مقایسه با دیگر استان‌ها در شرایط متوسطی از نظر پتانسیل استقرار این گونه قرار دارند. هرمزگان، بوشهر، سیستان و بلوچستان و خوزستان دارای نامساعدترین اقلیم برای استقرار گندم وحشی و به تبع آن دارای کمترین احتمال حضور این گونه می‌باشند (شکل ۱). گروه‌بندی بر اساس تجزیه کلاستر به روش Ward برای مقادیر شاخص مرکب مشابهت اقلیمی صورت گرفته است. پنج دسته در فاصله اقلیدسی ۰/٤۹ قرار گرفتند. در شرایط تغییر اقلیم، به استثنای استان‌های اردبیل و آذربایجان شرقی، شرایط اقلیمی سایر استان‌ها به طور متوسط برای استقرار گندم وحشی در مقایسه با شرایط جاری نامساعدتر می‌شود (شکل ۲).

در بین شهرهای مختلف، مهاباد، اشنویه، اسلام‌آباد غرب، بروجرد، ازنا، طالقان، تویسرکان، بوکان، نهاوند، سمن، خدابنده، شازند، خوانسار، کنگاور، کرمانشاه، کامیاران، اردل، سرارود، سقز، قروه، نقده، سنندج، سنقر، شمیران، روانسر، فارسان، ملایر و جوانرود با داشتن شاخص مرکب مشابهت اقلیمی بیشتر از ۰/۹ مساعدترین شهرها برای استقرار و حضور گندم وحشی به شمار می‌روند (شکل ۳). از سوی دیگر شهرهای بندر خمیر، راسک، شهداد، پارسیان، رودان، نیک‌شهر، ایرانشهر، بندرلنگه، کنارک، قشم، لاوان، میناب، برازجان، عسلویه، شادگان، سیری، بستک، کهنوج، آغاجاری، چابهار، بندرعباس، ابوموسی، کیش، جاسک، جیرفت، بندر دیر، سردشت بشاگرد، هندیجان، آبادان، اهواز، ماهشهر، شوشتر، میرجاوه، خارک، رامهرمز، گلباف، میانده جیرفت و قیروکارزین با شاخص مشابهت اقلیمی کمتر از ۰/۵ نامساعدترین شهرها برای استقرار گندم وحشی محسوب می‌شوند (شکل ۳). در شکل ٤، استان‌هایی که بیشترین شباهت اقلیمی را با مناطق حضور گندم وحشی دارند نمایش داده شده است. شهرهای مرکزی و جنوبی کشور دورترین فاصله را با اقلیم مطلوب این گیاه دارا هستند (شکل ٤).

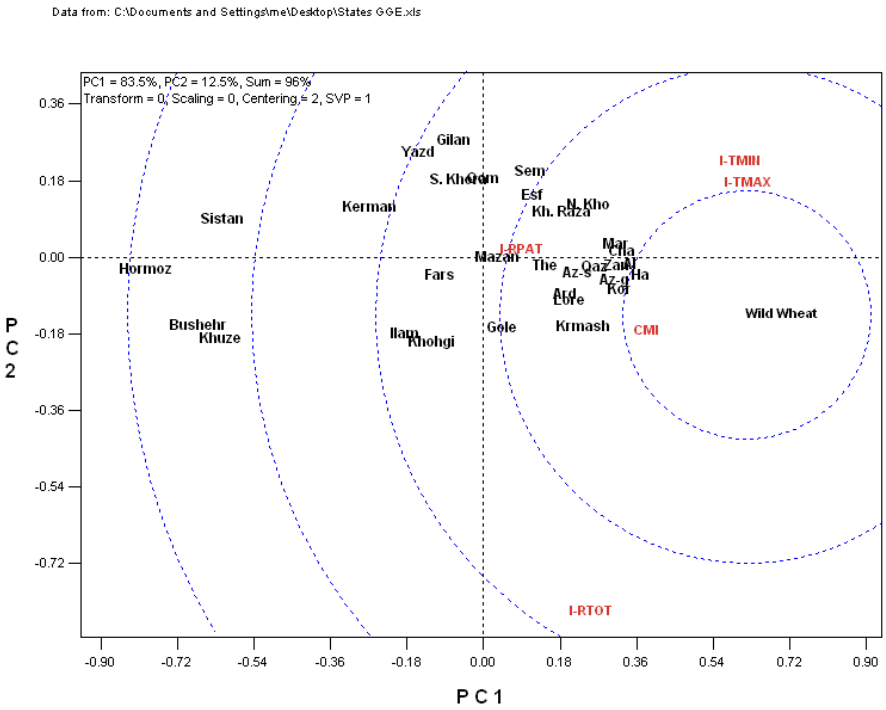
خرمدره، ارومیه، آوج، سیلاخور، دماوند، قوچان، بیجار، معلم‌کلایه، اراک، داران، کوهین، شاهین‌دز، هرسین، خنداب، میاندوآب، همدان، قزوین، کوهدشت، مراغه، رزن، نوژه، زنجان،




**شکل ۲. درصد تغییرات مقادیر شاخص مرکب مشابهت اقلیمی برای استانهای مختلف از نظر پتانسیل استقرار گندم وحشی در شرایط تغییر اقلیم در ۲۰۸۰ نسبت به وضعیت موجود براساس سناریوA1B.**




**شکل ۳. شهرهای مهم براساس مشابهت اقلیمی زیاد (۰/۹<) برای رشد گیاه گندم وحشی. مناطق دارای شاخص مشابهت اقلیمی بالا، فقط از نظر شرایط آب و هوایی برای استقرار این گونه مستعد هستند. اما استقرار واقعی گیاه به عوامل غیراقلیمی مانند مدیریت زراعی، ویژگی‌های خاک، رقابت با گونه‌های دیگر و راه‌های انتقال بذر نیز بستگی دارد.**

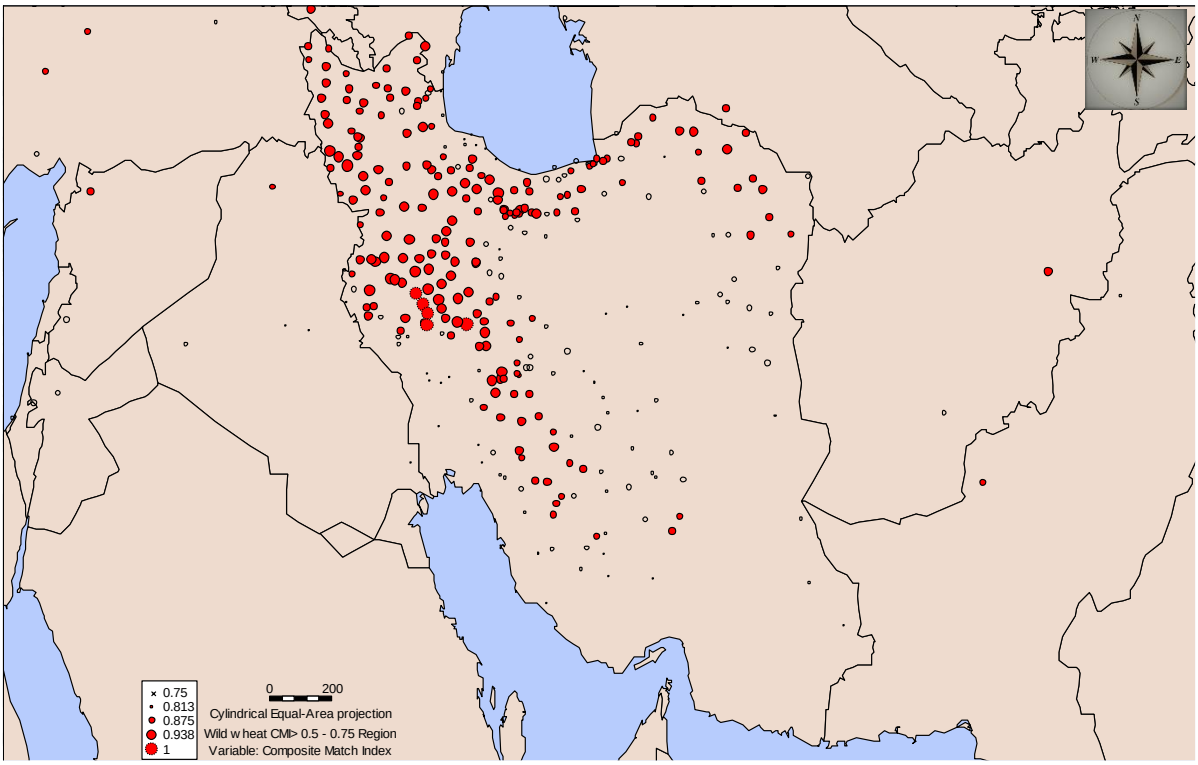



**شکل ٤. استانهای مستعد حضور گندم وحشی براساس شاخص مشابهت اقلیمی. محدودیت‌های تفسیری ذکر شده در زیرنویس شکل ۳ در اینجا نیز صادق است.**

اقلید، بیله‌سوار، خمین، تفرش، فیروزآباد، اردبیل، هشتگرد، کومیجان، خوی، شهرکرد، دورود، اسدآباد، سیسخت، تبریز، آشتیان، فریدون‌شهر، بجنورد، دیلمان، غرق‌آباد، ایلام، مرند، مانه و سملقان، بناب، سمیرم، خرم‌آباد، سپیدان، کیاسر، کهریز، قاراهزیادیس، لردگان، گرماب، میانه، بروجن، کرج، گلپایگان، قهاوند، تازه‌آباد، کجور، مشکین‌شهر، بانه، اهر، دوردزن، سارین، سلماس، شبستر، پیرانشهر، ملکان، لواسان، تربت حیدریه، سیردان، فامنین، هزلرکانیان، پارس‌آباد و کلیبر با شاخص مشابهت اقلیمی بیشتر از ۰/۸۲ در گروه مناطق بسیار مهم دارای بالاترین سطح مشابهت اقلیمی با منطقه حضور گندم وحشی در استان لرستان هستند (شکل ۵).

میانگین ارتفاع از سطح دریا برای ایستگاه‌هایی که از نظر پتانسیل استقرار گندم وحشی در رتبه بسیار مهم قرار داشتند، برابر ۱۵۷۱ متر از سطح دریاست. میانگین ارتفاع از سطح دریا برای چهار دسته دیگر ایستگاه‌های قرار گرفته در رتبه‌های مهم، متوسط، کم اهمیت و بی‌اهمیت به ترتیب برابر ۱۳۰۱، ۱۱٤۹، ٦۹۸ و ۲۹۳ متر از سطح دریاست.

برآورد شاخص مشابهت اقلیمی در شرایط تغییر اقلیم برای سال ۲۰۸۰ نشان می‌دهد که ایستگاه‌های زرینه، خلخال، آوج، تکاب، خوانسار، خدابنده، طالقان، هزارکانیان، اشنویه، چالدران، ارومیه، هریس، دماوند، داران، ورزقان، شازند، سنقر، مهاباد، نقده، سارین، الیگودرز، تویسرکان، قروه، زنجان، بیجار، بوستان‌آباد، کوهین، نورآباد دلفان، معلم‌کلایه، کنگاور، نیر، خرمدره، نوژه، خیرآباد، بوکان، فیروزکوه، بالاده، مرند، اسدآباد، دیلمان، ازنا، همدان، میاندوآب و اردبیل از شاخص مشابهت اقلیمی بالاتر از ۰/۹ برخوردار خواهند بود. بر این اساس، شرایط اقلیمی مناطق دارای گندم وحشی در استان لرستان تا ۲۲/۵ درصد برای استقرار این گونه نامساعدتر خواهد شد. بر اثر تغییر اقلیم، درصد کاهش تناسب شرایط آب و هوایی برای استقرار گندم وحشی در ریمله ۲۲/۵ درصد، سلسله ۲۰ درصد، ایمان‌آباد ۱٦/۹ درصد، دلفان ۱۲/۷درصد و الیگودرز ۱۲/۱ درصد برآورد شد. گندم وحشی




**شکل ۵. مناطق حائز شاخص مرکب مشابهت اقلیمی بیشتر از ۰/۵ (بالا) و ۰/۷۵ (پایین) از نظر قابلیت استقرار گندم وحشی در شرایط جاری . در شکل مقادیر CMI بیشتر از ۰/۷۵ و ۰/۹ با رنگ قرمز نشان داده شده است. محدودیت‌های تفسیری ذکر شده در زیرنویس شکل ۳ در اینجا نیز صادق است.**

پتانسیل استقرار بالایی در ایران به ویژه در مناطق سردسیر ایران دارد. چنین نتایجی برای گیاه بزچره (*Dodartia orientalis* L.) نیز بدست آمده است و پیش‌بینی شد که شهرهای سرد ایران در آینده بیشتر مستعد حضور این گونه هستند (۲۷). برای گونه جودره (*Hordeum spontaneum* Koch.) نیز استان‌های کرمانشاه، البرز، همدان، کردستان، مرکزی، قزوین و چهارمحال و بختیاری با شاخص مشابهت اقلیمی بیشتر از ۰/۸۱ مستعدترین اقلیم برای استقرار این گونه در شرایط دیم معرفی شدند (۱۷). یکی از دلایل افزایش جمعیت جودره طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۳ در مزارع گندم استان‌های تهران، البرز، آذربایجان غربی، اصفهان، کرمانشاه، خوزستان و فارس می‌تواند بارندگی‌های دیر هنگام در فصل پاییز و کم آبی باشد (۱۷). پراکنش گونه‌های تکلپه‌ای دیگری همچون چچم (*Lolium rigidum* L.)، علف پشمکی (*Bromus lanceolatus*) و یولاف (*Avena sterilis*) با مدل CLIMEX پیش‌بینی شده است و این مدل توانایی بالایی برای برآورد پراکنش نشان داده است (٦ و ۷). مشابهت اقلیمی بالای ۰/۷ نشان دهنده مناسب بودن منطقه برای استقرار و گسترش گونه مورد بررسی است. مطالعات دیگر نیز این آستانه را برای مناسب بودن توزیع گونه‌ها معرفی کرده‌اند (٦ و ۷). بر اساس این مطالعه، شمال غرب کشور و اقلیم‌های سرد ایران مستعد استقرار گندم وحشی هستند.

این یافته‌ها هم برای مدیریت کشاورزی و هم برای حفاظت از تنوع زیستی اهمیت دارند. از یک سو، آگاهی از مناطقی که پتانسیل استقرار بالایی دارند، می‌تواند در اعمال قوانین قرنطینه‌ای برای کنترل انتشار بذر گندم وحشی از مناطق دارای جمعیت انبوه به سایر مناطق کمک کند (۳٦). از سوی دیگر، همین مناطق می‌توانند به عنوان اولویت‌های حفاظتی برای نگهداری ذخایر ژنتیکی ارزشمند گندم‌های وحشی در نظر گرفته شوند. نتایج

**شکل٦. ایستگاههای حائز شاخص مرکب مشابهت اقلیمی بیشتر از ۰/۷۵ از نظر پتانسیل استقرار گندم وحشی در شرایط جاری (بالا) و تغییر اقلیم (پایین). ایستگاههای دارای شاخص مرکب مشابهت اقلیمی بیشتر از ۰/۹ با رنگ قرمز نشان داده شده است. محدودیت‌های تفسیری ذکر شده در زیرنویس شکل ۳ در اینجا نیز صادق است.**

برازش مدل‌های تغییر اقلیم گویای تغییرات احتمالی پراکنش بالقوه گونه‌ها در سطح مناطق مختلف است. بر اثر تغییر اقلیم، شرایط آب و هوایی برخی مناطق که در حال حاضر گونه مورد نظر در آنها حضور دارد ممکن است برای رشد و استقرار آن نامساعد شوند. هر چند چنین امری از دیدگاه مدیریت علف‌های هرز مطلوب به نظر می‌رسد، اما باید توجه داشت که به طور همزمان تحت چنین تغییرات اقلیمی تنوع زیستی به طور کلی در معرض تهدید قرار خواهد گرفت (۸). نتایج این قبیل پژوهش‌ها که به پراکنش گونه‌ها می‌پردازد می‌تواند در تعیین نواحی با اولویت پایش گونه‌ها به کار آید (۲۸، ۳۳ و ۳۵). گسترش تجارت جهانی به فرآیند جابجایی گونه‌ها دامن زده است. در کنار تغییرات اقلیمی، جابجایی‌های غیرطبیعی گونه‌ها نیز به فهرست عوامل مهم پیش‌برنده تغییرات جهانی اضافه شده‌اند. مدیریت موثر این فرآیندها تا حد زیادی به آگاهی درباره پراکنش بالقوه مورد انتظار و فراوانی نسبی گونه‌ها در شرایط جاری و تحت سناریوهای اقلیمی آتی وابسته است. چنین اطلاعاتی برای ارزیابی ریسک و همچنین اتخاذ راهبردهای مدیریتی و حفاظتی در درازمدت ضروری است (۳۱). مطالعات دیگری به اهمیت پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها در مدیریت حفاظتی مناطق مستعد تاکید کرده‌اند. برای مثال با در دست داشتن احتمال پراکنش گونه‌های مستعد و جلوگیری از ورود آنها به مناطق جدید می‌توان از ورود علف‌کش به طبیعت و احتمال بروز مقاومت به علف‌کش‌ها جلوگیری کرد (۳). افزایش آگاهی عمومی در مورد گونه‌های تازه‌وارد و کاهش احتمال ورود آنها به مناطق جدید از اعمال هزینه‌های زیاد بر کشاورزی و تهدید زیستی اکوسیستم‌های زراعی و غیرزراعی می‌کاهد. یکی از اهداف کشاورزی پایدار توجه به تنوع زیستی و عوامل تهدیدکننده آن است؛ گیاهان مهاجم یکی از این عوامل هستند و پیش‌بینی پتانسیل پراکنش آنها در حفظ سلامت بوم‌نظام‌های زراعی مهم است. همچنین مناطق شناسایی شده در این مطالعه که دارای شرایط اقلیمی مناسب برای گندم وحشی هستند، می‌توانند به عنوان مناطق اولویت‌دار برای حفاظت از ذخایر ژنتیکی گندم‌های وحشی در نظر گرفته شوند. با توجه به اینکه ایران یکی از مراکز اصلی تنوع گندم‌های وحشی است، حفظ این جمعیت‌ها در زیستگاه‌های طبیعی آنها برای برنامه‌های اصلاح نژاد و سازگاری به تغییرات اقلیمی حیاتی است.

اقلیم از طریق اعمال محدودیت‌های اکوفیزیولوژیکی در تعیین محدوده پراکنش گونه‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند. البته عوامل دیگری نظیر عوامل خاکی و برهمکنش‌های زیستی نیز ممکن است به رغم مساعد بودن شرایط اقلیمی از استقرار گونه مورد نظر ممانعت به عمل آورند (۵). پیرسون و داوسون رهیافت سلسله مراتبی را پیشنهاد کرده‌اند که در آن پراکنش گونه‌ها به وسیله عوامل غیرزیستی نظیر اقلیم در مقیاس وسیع تعیین می‌شود، در حالی که در مقیاس خرد سایر عوامل به تدریج اهمیت پیدا کرده و منجر به ایجاد مجموعه‌ای از مکان‌های اشغال شده و اشغال نشده در نواحی مناسب از نظر اقلیمی می‌شوند (۲۳). برهمکنش‌های زیستی و اثرات توپوگرافی نیز دیگر عوامل تاثیرگذار در این فرآیند هستند. پتانسیل پراکنش گونه‌ها علاوه بر شاخص مشابهت اقلیمی تحت تاثیر عوامل غیر اقلیمی همچون مدیریت زراعی، ویژگی‌های خاک، تعاملات زیستی و مسیرهای انتقال بذر خواهد بود. مطالعات بیشتری برای پیش‌بینی احتمال موفقیت استقرار و پراکنش گونه‌های مهم از نظر کشاورزی و حفاظتی از اهمیت زیادی برخوردار است. پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده عوامل متنوع‌تر و گونه‌های بیشتری مدنظر قرار بگیرند تا بتوان دیدگاه وسیع‌تری از رفتار این گونه‌ها در برابر تغییرات اقلیم داشت و متناسب با آن برنامه‌های مدیریتی و حفاظتی را پیش برد. گونه‌های وحشی گندم پتانسیل عظیمی برای کشاورزی مدرن دارند و منبع غنی از تنوع ژنتیکی مفید را ارائه می‌دهند که می‌تواند چالش‌های امنیت غذایی فعلی و آینده را برطرف کند. این گونه‌ها دارای ویژگی‌های ارزشمندی مانند مقاومت طبیعی در برابر آفات و بیماری‌ها، تحمل تنش‌های محیطی و کیفیت تغذیه‌ای بالا هستند. ادغام این ویژگی‌ها در گندم زراعی می‌تواند گونه‌هایی با عملکرد بالا و افزایش تاب‌آوری در برابر تغییرات اقلیمی و سایر تنش‌های کشاورزی به

ارمغان آورد (۱۰). توجه به تعاملات اکولوژیک گندم وحشی با سایر گونه‌ها و بررسی پیامدهای حضور آن در اکوسیستم‌های کشاورزی (چه به عنوان علف هرز و چه به عنوان عنصری از تنوع زیستی) در چارچوب کشاورزی پایدار، نیازمند بررسی‌های بیشتری است.

مهمترین محدودیت این مطالعه، تکیه بر داده‌های حضور گونه، منحصراً از استان لرستان است. اگرچه مدل CLIMEX بر اساس مشابهت اقلیمی عمل می‌کند، اما عدم وجود داده‌های میدانی از سایر استان‌های سردسیر کشور مانند آذربایجان شرقی، اردبیل و همدان ممکن است به برآورد ناقصی از دامنه واقعی تحمل اکولوژیک گونه منجر شده باشد. بنابراین، نتایج باید به عنوان برآورد پتانسیل اقلیمی تفسیر شوند و تعمیم قطعی به کل کشور نیازمند مطالعات تکمیلی با داده‌های میدانی گسترده‌تر است.

## نتیجه گیری

این مطالعه با هدف ارزیابی مناطق پتانسیل استقرار گندم وحشی در کشور تحت سناریوهای تغییر اقلیم انجام شد. گندم وحشی به عنوان یک گونه بومی با ارزش ژنتیکی، در شرایط تشدید تغییرات اقلیمی ممکن است دامنه پراکنش خود را در اکوسیستم‌های کشاورزی تغییر دهد. این تغییر می‌تواند تعارضی بین کشاورزی (به عنوان گونه همراه با گندم زراعی) و حفاظت (به عنوان ذخیره ژنتیکی) ایجاد کند. نتایج این مطالعه، توزیع گسترده پتانسیل استقرار این گونه را در مناطق سردسیر کشور نشان داد. در حال حاضر، حضور این گونه بیشتر به برخی استان‌ها محدود شده است، اما به دلیل پتانسیل استقرار بالا در سایر مناطق سردسیر، احتمال گسترش آن به مزارع جدید وجود دارد. بنابراین، اولویت‌بندی مناطق حساس و اتخاذ سیستم‌های پایش و پیش‌آگاهی ضروری است. با این حال، هرگونه اقدام مدیریتی باید بر رویکرد کاهش تعارض بین کشاورزی و حفاظت استوار باشد. در مناطقی که این گونه به طور طبیعی حضور دارد، به جای حذف کامل، می‌توان با اقداماتی مانند تأمین بذر گواهی شده عاری از بذر گندم وحشی و طراحی تناوب‌های زراعی سازگار، از گسترش آن به مزارع مجاور جلوگیری کرد و همزمان جمعیت‌های طبیعی آن را حفظ نمود. پیشنهاد می‌شود مناطق شناسایی شده در این مطالعه، هم در اولویت برنامه‌های پایش کشاورزی و هم در اولویت برنامه‌های حفاظت از تنوع زیستی و بانکداری ژنتیکی در شرایط طبیعی قرار گیرند.

## تشکر و قدردانی

از دانشگاه فردوسی مشهد جهت حمایت از این پژوهش قدردانی و همچنین از دکتر محمود رضا همامی برای پیشنهادات سازنده سپاسگزاری می‌گردد.

## منابع

1. Adeli, T., Tahmasebi, I., and Babaei, S., 2023. Response of waxy leaved mustard weed (*Boreava orientalis* Jaub. & Spach.) to different herbicides in greenhouse conditions. *Iranian Journal of Weed Science*, 19(2): 1-12. (In Persian)
2. Babaei, F., Ebrahimi, A., Naghipour, A.A., and Haidarian, M., 2022. Potential geographic distribution of *Prangos ferulacea* (L.) Lindl. in Chaharmahal va Bakhtiari province under climate change scenarios. *Plant Ecosystem Conservation*, 10(20): 207-224.
3. Bagavathiannan, M.V., Beckie, H.J., Chantre, G.R., Gonzalez-Andujar, J.L., Leon, R.G., Neve, P., Poggio, S.L., Schutte, B.J., Somerville, G.J., Werle, R., et al., 2020. Simulation Models on the Ecology and Management of Arable Weeds: Structure, Quantitative Insights, and Applications. *Agronomy*, 10: 1611.
4. Beser, N., Yalcin, K., Gizem, C., and Tugay, G., 2019. The evaluation of performance of some IMI herbicide resistant cultivars in wheat in Trakya region. 1st International Biological, Agricultural and Life Science (BIALIC) CongressAt: Lviv, Ukraine.
5. Bullock, J.M., Edwards, R.J., Carey, P.D., and Rose, R.J., 2000. Geographical separation of two *Ulex* species at three spatial scales: does competition limit species' ranges? *Ecography*, 23: 257-271.

6. Castellanos-Frías, E., García de León, D., Bastida, F., and Gonzalez-Andujar, J. L., 2016. Predicting Global Geographical Distribution of *Lolium Rigidum* (Rigid Ryegrass) under Climate Change. *Journal of Agricultural Science*, 154(5): 755–64.
7. Castellanos-Frías, E., García de León, D., Pujadas-Salva, A., Dorado, J., and Gonzalez-Andujar, J.L., 2014. Potential distribution of *Avena sterilis* L. in Europe under climate change. *Annals of Applied Biology*, 165: 53-61.
8. Colwell, R.K., Brehm, G., Cardelus, C.L., Gilman, A.C., and Longino, J.T., 2008. Global warming, elevational range shifts, and lowland biotic attrition in the wet tropics. *Science*, 322: 258-261.
9. Farhangfar, M., Entesari, M., Babaee, S., Yazdani, M., and Alizadeh, H., 2015. Evaluation of biology aspects and chemical management of *Triticum boeticum* Boiss. in wheat fields. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 46(3): 395-404.
10. Farooq, M., Frei, M., Zeibig, F., Pantha, S., Özkan H, Kilian B, and Siddique, K.H.M., 2025. Back into the wild: harnessing the power of wheat wild relatives for future crop and food security. *Journal of Experimental Botany*, 77(9): 2645–2665.
11. IPCC., 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Summary for Policymakers. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.
12. IPCC., 2022. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
13. Khodapanah, G., Gherekhloo, J., Ghaderi-Far, F., Sohrabi, S., and Golmohammadzadeh, S., 2022. Evaluation the seed dormancy and germination of black bindweed (*Polygonum convolvulus* L.). *Iranian Journal of Weed Science*, 18(2): 35-45. (In Persian)
14. Kriticos, D. J., Webber, B. L., Leriche, A., Ota, N., Macadam, I., Bathols, J., and Scott, J. K., 2012. CliMond: global high resolution historical and future scenario climate surfaces for bioclimatic modelling. *Methods in Ecology and Evolution*, 3: 53-64.
15. Mac Key, J., 2005. Wheat: its concept, evolution and taxonomy. In: Durum wheat breeding: Current approaches and future strategies (Royo C, Nachit M, Di Fonzo N, eds). Haworth Press, Inc, NY, USA, 1, pp. 3-61.
16. Makaria, H., and Rohani, A., 2013 .Prediction of Spatial Distribution Pattern of *Acroptilon repens* L. Population Using Learning Vector Quantization Neural Network Model. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 23(1): 85-98.
17. Minbashi Moeini, M., Baghestani, M., Rahimian Mashadi, H., and Aleefard, M., 2008. Weed Mapping for Irrigated Wheat Fields of Tehran Province using Geographic Information System (GIS). *Iranian Journal of Weed Science*, 4(1): 97-118. (In Persian)
18. Minbashi Moeini, M., Pourazar, R., Jafarzadeh, N., Jamali, M., Vaisi, M., and Esfandiari, H., 2019. Population indices of wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch.) in wheat fields. *Iranian Journal of Weed Science*, 14(2): 87-106. (In Persian)
19. Mousavi, S.K., Ghanbari, A., Ghorbani, R., and Baghestani, M., 2018. After-ripening and Emergence Pattern of Wild Wheat (*Triticum boeoticum* Boiss) and Wild Barley (*Hordeum spontaneum* K. Koch) under Dryland Condition of Lorestan Province. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, 32(3): 385-398. (In Persian)
20. Mousavi, S.K., Ghanbari, A., Ghorbani, R., and Baghestani, M., 2017b. The effect of temperature on germination and emergence of wild wheat (*Triticum boeoticum* Boiss) and wild barley *(Hordeum spontaneum* C. Koch). *Iranian Journal of Weed Science*, 13(1): 11-28. (In Persian)
21. Mousavi, S.K., Sohrabi, S., Gonzalez-Andujar, J.L., Ghanbari, A., Ghorbani, R., and Baghestani, M.A., 2026. Prediction of wild einkorn wheat (*Triticum monococcum* subsp. *aegilopoides* (Link) Thell.) global geographical distribution using climate match index. *Advances in Weed Science*, 44:e020250039.
22. Payamani, R., Nosratti, I., and Amerian, M., 2020. Phenology of hedge parsley (*Torilis arvensis*) based on growing day degree in Kermanshah. *Iranian Journal of Weed Science*, 16(2): 17-25. (In Persian)
23. Pearson, R.G., and Dawson, T.P., 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography*, 12: 361e371.
24. Piri Sahragard, H. 2018. Predictive modeling of plant species habitat distribution using logistic regression (A case study in western Taftan, Khash City). *Journal of Plant Research* (*Iranian Journal of Biology*), 30(4): 792-806.
25. Phillips, C.B., Kean, J.M., Vink, C.J., and Berry, J.A., 2018. Utility of the CLIMEX 'match climates regional' algorithm for pest risk analysis: an evaluation with non-native ants in New Zealand. *Biological Invasions*, 20: 777-791.

26. Ruiz, M., Fite, R., Novillo, M.A., and Martinez Labarga, J.M., 2012. Short communication. Collection and characterisation of a population of *Triticum boeoticum* Boiss., a wild wheat species not previously found in the Mediterranean western region. *Spanish National Research Council*, 10(4): 1070-1074.
27. Sarhaddi, M., Rastgoo, M., Ezadi Darbandi, E., Ghanbari, A., and Baghestani, M., 2019. The study of dormancy, germination and emergence biological aspects of jagged-chickweed (*Lepyrodiclis holosteoides*) seeds. *Iranian Journal of Weed Science*, 15(1): 77-95. (In Persian)
28. Sayadi, S., Mehrabian, A. R., and Mostafavi, H., 2021. Predicting the Effect of Climate Change on the Distribution of Wild Relatives of the Potato Family (Solanaceae) in Iran with Emphasis on Food Security. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 9 (4): 35-55(In Persian)
29. Shadloo, A., Rastgoo, M., Gorbani, R., and Bazoubandi, M., 2020. Evaluation the potential of geographical distribution of *Dodartia orientalis* L. in Iran and the world in current climatic conditions and future climate change. *Iranian Journal of Weed Science*, 16(1): 79-94. (In Persian)
30. Sohrabi Kertabad, S., Rashed Mohassel, M. H., Nasiri Mahalati, M., and Gherekhloo, J., 2013. Some biological aspects of the weed Lesser celandine (*Ranunculus ficaria*). *Planta Daninha*, 31(3): 577-585.
31. Sohrabi, S., Jalili, A., Zand, E., and Gherekhloo, J., 2022. Introducing some alien plants of Iran and their risk of invasion. *Iran Nature*, 7(2): 77-85. (In Persian)
32. Sohrabi, S., Rashed Mohassel, M. H., Ghanbari, A. and Gherekhloo, J., 2014. Phenological characteristics of the invasive weed *Cucumis melo*. 26. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und-bekämpfung, 11–13. Braunschweig.
33. Soufizadeh, T., Gherekhloo, J., Sohrabi, S., Bagherani, N., and Siahmarguee, A., 2022. Mapping the distribution of winter wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu.) biotype resistant to clodinafop-propargyl, diclofop-methyl and fenoxaprop-P ethyl herbicides in wheat fields of Kalaleh. *Iranian Journal of Weed Science*, 18(1): 101-113. (In Persian)
34. Sutherst, R.W., Maywald, G.F., and Kriticos, D.J., 2007. CLIMEX version 3: user's guide. Kingscliff: Hearne Scientific Software.
35. Taylor, S., Kumar, L., Reid, N., and Kriticos, D.J., 2012. Climate change and the potential distribution of an invasive shrub, Lantana camara L. *PLoS One*, 7(4): e35565.
36. Zand, E., Baghestani, M.A., Nezamabadi, N., Shimi, P., and Mousavi, S.K., 2017. A guide to chemical control of weeds in Iran: In regard to weeds shifts. Mashhad University Press, Mashhad. (In Persian)

# Prediction of Wild Wheat (*Triticum Monococcum* subsp. a*egilopoide*s) Distribution in Iran with Climate Match Index

**Seyed Karim Mousavi[1*], Sima Sohrabi[2], Ali Ghanbari[3], Reza Ghorbani[4] and Mohammad Ali Baghestani[5]**

(Received: April 30-2025; Accepted: May 18-2026)

## Abstract

Wild wheat (*Triticum monococcum* subsp. *aegilopoides*) is a wild relative of cultivated wheat with high genetic value. Native to Iran, it has recently emerged in rainfed wheat fields. This study investigated the potential shift in its distribution range under current and future climate conditions up to 2080 using the Climate Match Index and the CLIMEX model. Projections indicated that this species has a high establishment potential across various regions of the country. Cold provinces and cities exhibited the highest potential, with over 100 cities showing a climate similarity index above 0.8. Under climate change, Ardabil and East Azerbaijan provinces were identified as key areas for establishment potential. In contrast, regions of Lorestan Province that currently host this species will become up to 18% less suitable for its growth and spread by 2080. The results identified susceptible areas and highlighted the need for management actions to monitor its distribution, both as a weed and as a genetic resource. Measures such as seed dispersal control and the design of compatible crop rotations can prevent its spread to potential fields while simultaneously conserving its valuable populations.

**Keywords:** Climate change, conflict management, ecological niche modeling, establishment, wild relatives of wheat.

1. Assistant Professor, Agricultural Education and Extension Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, (AREEO), Tehran, Iran
2. Rice Research Institute of Iran (RRII)
3. Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
4. Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
5. Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

[*] Corresponding Author, Email: k.mousavi@areeo.ir