



تغییرات تناسب اقلیمی مناطق مختلف استان آذربایجان شرقی برای کشت محصولات راهبردی گندم و جو در دهه‌های اخیر

سبوحا پورناجی ایران^۱، حسین رضائی^{۲*}، علی اصغر جعفرزاده^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۸

چکیده

توجه به تناسب اقلیمی در تعیین الگوی کشت، عاملی اساسی در تضمین امنیت غذایی است. در این راستا تناسب اقلیمی مناطق مختلف استان آذربایجان شرقی طی چهار دهه ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۰ برای کشت گیاهان راهبردی گندم و جو ارزیابی شد. جداسازی واحدهای اراضی بر مبنای محدوده تحت پوشش ایستگاه‌های هواشناسی فعال در هر دهه به روش تیسس صورت گرفت. ارزیابی تناسب اقلیم برای کشت دیم و آبی گندم و جو با توجه به نیازهای اقلیمی آنها با استفاده از روش پارامتریک ریشه دوم انجام شد. نتایج نشانگر کلاس تناسب اقلیم خیلی مناسب در هر چهار دهه برای کشت آبی هر دو محصول در سطح استان بود، در حالی که برای کشت دیم این محصولات به دلیل محدودیت‌های اقلیمی، کلاس‌های تناسب متفاوتی از وضعیت متوسط تا نامناسب در نواحی و دهه‌های مختلف تعیین گردید که می‌تواند ناشی از نوسانات اقلیمی در منطقه باشد. همچنین نتایج نشان داد تنزل مطلوبیت اقلیمی لزوماً باعث کاهش عملکرد نمی‌شود زیرا ترکیب عوامل کمتر مساعد اقلیمی و اثرات متقابل آنها ممکن است با تغییر طول دوره رشد و بهره‌گیری از فناوری‌های نو جبران شود. ارائه الگوی کشت بهینه و جایگزینی گندم دیم با جو دیم براساس تأثیرپذیری تناسب اقلیم اراضی از نوسانات اقلیمی از دیگر نتایج قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، امنیت غذایی، تغییر اقلیم، نیاز اقلیمی

مقدمه

این‌رو بررسی پیامدهای تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی برای سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران مدیریتی یک موضوع مهم شناخته شده است (Sanchez, 2000). در این بین، مدیریت و کاستن اثرات منفی تغییر اقلیم بر تولید غلات به‌ویژه گندم و جو که عمده تغذیه جمعیت جهان وابسته به آنها است دارای اهمیت بالاتری نسبت به سایر محصولات کشاورزی می‌باشد. در کنار مطالعات متعددی که از دیرباز ابعاد مختلف تأثیر تغییر اقلیم بر تولید غلات را بررسی نموده‌اند، تحقیقات اخیر نیز اشاره به نقش عمده تغییرات دما و بارش از مجموعه پارامترهای اقلیمی دخیل در میزان تولید غلات دارند (Wang

اقلیم به‌عنوان یکی از اجزای اراضی (FAO, 1976)، نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی دارد، زیرا توان تولیدی گیاهان و نیز همه مؤلفه‌های غذایی مستقیماً تحت تأثیر تغییر آن قرار می‌گیرند (Wang et al., 2013; Kabara, 2014; Tao et al., 2014). در راستای تأمین امنیت غذایی، کشاورزی و تولید محصولات زراعی از مهمترین و حساس‌ترین بخش‌های متأثر از تغییر اقلیم می‌باشد که بایستی مورد توجه قرار گیرد (Hatfield et al., 2011; Ghorbani and Soltani, 2014). از

*نویسنده مسئول: hosseinrezaei@tabrizu.ac.ir

^۳ استاد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
^۲ استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

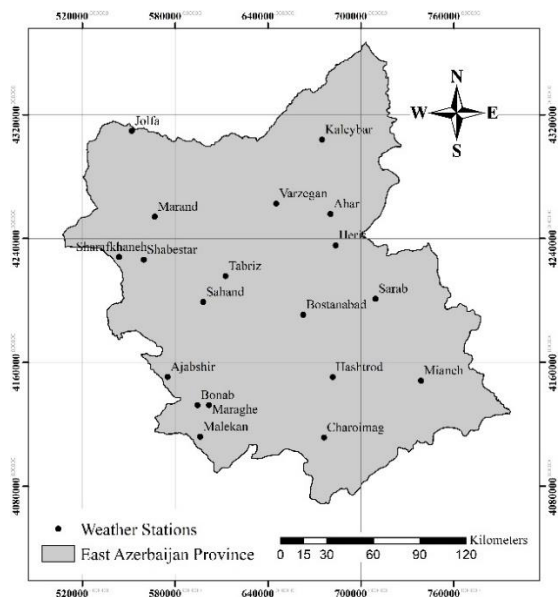
نحوه ارجاع مقاله:

پورناجی ایران، س.، رضائی، ح.، جعفرزاده، ع. ۱۴۰۲. تغییرات تناسب اقلیمی مناطق مختلف استان آذربایجان شرقی برای کشت محصولات راهبردی گندم و جو در دهه‌های اخیر. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۱(۲): ۴-۱۵. DOI: [10.22125/agmj.2023.381559.1144](https://doi.org/10.22125/agmj.2023.381559.1144)
Pournaji Iran, S., Rezaei, H., Jafarzadeh, A. 2023. Climate suitability changes of East Azerbaijan province for strategic crops of Wheat and Barley cultivation in recent decades. Journal of Agricultural Meteorology, 11(2): 4-15. DOI: [10.22125/agmj.2023.381559.1144](https://doi.org/10.22125/agmj.2023.381559.1144)

از این رو کاستن تبعات منفی تغییر اقلیم مستلزم مواجهه با این پدیده است. اقلیم جزو ویژگی‌هایی از اراضی است که مواجهه با تغییر آن توسط مدیریت کشاورزی تقریباً غیر ممکن می‌باشد. بنابراین کاستن تبعات منفی تغییر اقلیم بر تولید محصولات کشاورزی تنها از طریق همراهی با این پدیده ممکن است. اگرچه با استفاده از تکنولوژی‌های کشاورزی مدرن همچون سیستم‌های نوین آبیاری تا حدی می‌توان از این پیامدهای منفی اجتناب نمود لیکن این‌گونه اقدامات همراه با صرف هزینه بالا برای کشاورزان است و با توجه به توان اکثر کشاورزان ایران، چندان مورد اقبال واقع نشده است. از این رو در حال حاضر این همراهی بیشتر با روش‌های تغییر زمان کاشت، تغییر الگوی کشت و استفاده از ارقام مقاوم به شرایط تنش اقلیمی صورت می‌گیرد (Lashkari et al., 2011; Moradi et al., 2014; Solimani et al., 2021; Danshgar et al., 2021). هر چند روش‌های همراهی با تغییر اقلیم اشاره شده در فوق از تبعات منفی این پدیده می‌کاهند اما اجرای موفق خود این روش‌ها بدون توجه به دانش روز و صرفاً بر پایه تجربیات میدانی توسط زارعین مستلزم پذیرش خسارت، حداقل برای چند دوره تا حصول اصول بهینه برای اجرای آنها می‌باشد. بنابراین تکیه بر اصول علمی که ارزیابی تناسب اراضی از جمله آنها است نقش بسیار مؤثری در اجرای بهینه این همراهی و به‌دنبال آن کاستن از تبعات منفی تغییر اقلیم بر تولید محصولات کشاورزی خواهد داشت. در ارزیابی تناسب اراضی هماهنگی و مطابقت داشتن مشخصات اراضی مشتمل بر اقلیم، زمین‌نما و خاک با احتیاجات انواع تیپ‌های بهره‌وری بررسی می‌شود (FAO, 1976). از این رو می‌توان بیان نمود که ارزیابی تناسب اقلیم به‌عنوان بخشی از ارزیابی تناسب اراضی به‌نحوی منعکس‌کننده تأثیر اقلیم بر درجه تناسب وضعیت آب‌وهوایی برای انواع تیپ‌های بهره‌وری است که نتایج تحقیقات متعددی مبنی بر نقش محدود کنندگی اقلیم برای تناسب تیپ‌های بهره‌وری گندم و جو اثبات‌کننده این مدعا است (Jafarzadeh et al., 2008; Taati and Sarmadian, 2015; Rezaei et al., 2021; Navidi et al., 2022). بنابراین می‌توان از مطالعات ارزیابی تناسب اراضی در بستر زمان برای مطالعات اثر تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی بهره برد. با توجه به اهمیت موضوع امنیت غذایی و ارتباط آن با پدیده تغییر

(et al, 2018; Fatima et al., 2020; Neupane, et al., 2022) در منطقه خاورمیانه و کشوری همچون ایران بررسی و کنترل پیامدهای ناشی از تغییر اقلیم بر کشت و تولید غلات ضرورت ویژه‌ای دارد، زیرا از یک‌سو در چنین نواحی در کنار افزایش دما، به‌دلیل کمبود آب آسیب‌پذیری نسبت به اثرات تغییر اقلیم بیشتر می‌باشد و از سوی دیگر گندم و جو به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در قالب نهاده‌های دامی، غذای غالب ساکنین این نواحی بوده و اقتصاد عمده خانوارهای کشاورز نیز وابسته به تولید این گروه از محصولات می‌باشد (Elasha, 2010; Yazdanshenas et al., 2011; Hosseini et al., 2013; NCCOI, 2014; Saei, 2021). با توجه به ضرورت‌های اشاره شده در فوق و آگاهی به این نکته که پیامدهای تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی بسته به ویژگی‌های هر کشور و منطقه متفاوت است (Eyni-Nargeseh et al., 2015) و نیز با عنایت به محل انجام تحقیق حاضر، در ادامه به مرور بخش کوچکی از مطالعات پیشین تکمیل شده در ایران مرتبط با موضوع مورد بحث پرداخته می‌شود. مطالعات انجام شده در بخش‌هایی از غرب ایران نشان داد که عملکرد غلات دیم در نواحی مختلف از ۶۸ تا ۹۱ درصد تحت تأثیر پارامترهای اقلیمی است (Bazgir and Kamali, 2008). طی بررسی‌های انجام شده گروهی از محققین در دشت قزوین مشابه با آنچه که در استان فارس نتیجه شده بود، مشاهده گردید که دما و بارش اثر هر چند غیریکنواخت لیکن معنی‌دار بر عملکرد محصولات کشاورزی دارند (Momeni and Zibaei, 2013; Mahmoodi and Parhizkari, 2015). در نواحی مختلف این تأثیر معنی‌دار اقلیم عمدتاً در جهت کاهش عملکرد غلات به‌واسطه افزایش دما و کاهش بارش گزارش شده است (Koocheki and Nassiri, 2008; Darijani et al., 2008; zarakani et al., 2014; Dashti et al., 2018; Kiani Ghalehsard et al., 2020). مطالعات بیشتر بر پایه مدل‌سازی‌های تغییر اقلیم برای شرایط اقلیمی آینده در نواحی دیگر همچون دشت هشتگرد، حوضه زاینده‌رود و ورامین نیز مشخص نمود که علت این کاهش عملکرد ناشی از تغییرات دما و بارش، کوتاه شدن طول دوره رشد می‌باشد (Gohari et al., 2013; Mohammadi et al., 2014, 2021). (Mehrazar et al., 2018; Shiukhy-Sughanlu et al., 2021).

کشور، خاک‌های اراضی این استان شامل آنتی‌سول، اینسپتی‌سول، اریدی‌سول، مالی‌سول، ورتی‌سول و آلفی‌سول می‌باشند (Banaei, 2000). در این پژوهش از آمار و اطلاعات اقلیمی مستخرج از ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک استان استفاده شد که پراکنش مکانی آنها در شکل ۱ نشان داده شده است (IRIMO, 2021).



شکل ۱- پراکنش مکانی ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک استان آذربایجان شرقی

Figure 1- Spatial distribution of the synoptic weather stations in East Azerbaijan province

در مطالعات محیطی معمولاً نیاز به بررسی پهنه‌های اقلیمی می‌باشد و این در حالی است که پارامترهای هواشناسی مختص این مطالعات مستخرج از ایستگاه‌هایی است که دارای توزیع مکانی نقطه‌ای هستند. از این رو بایستی اطلاعات نقطه‌ای به پهنه‌ای بسط داده شوند. گزارش‌های مرسوم سازمان هواشناسی برای محدوده تحت کنترل هر ایستگاه عموماً منطبق بر تقسیم‌بندی جغرافیای سیاسی است، در حالی که در مباحث ارزیابی تناسب اراضی اصول بر استفاده از داده‌های اقلیمی نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به محدوده مورد مطالعه می‌باشد. بنابراین در این تحقیق نخست سطح استان به واحدهای اراضی مختلف بر اساس نزدیکی نواحی به ایستگاه‌های هواشناسی برای دهه‌های ۶۰ تا ۹۰ تقسیم‌بندی گردید و نتایج حاصل از آن ایستگاه به پهنه مربوطه بسط داده

اقلیم ضروری است با بررسی وضعیت تناسب اراضی، اقدامات پایه برای تأمین منابع اطلاعاتی به‌منظور استفاده در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی مرتبط با پیامدهای این پدیده و راهکارهای مقابله با آن صورت گیرد. بر این مبنا در مطالعه حاضر به بررسی تناسب اقلیم استان آذربایجان شرقی، به‌عنوان یکی از نواحی اصلی تولید گندم و جو کشور، در دهه‌های ۶۰ تا ۹۰ برای این محصولات پرداخته شده تا از طریق مشاهده روند تغییر تناسب اقلیم تحت تأثیر تغییر اقلیم ضمن حفظ جایگاه بالای وضعیت امنیت غذایی این منطقه در سال‌های قبل (Bagerzadeh Azar et al., 2017) گامی در راستای ارائه الگوی کشت بهینه این منطقه از کشور نیز برداشته شود. همچنین این تحقیق بر آن است تا با اثبات توانایی مطالعات ارزیابی تناسب اراضی در بررسی‌های مرتبط با تأثیر تغییر اقلیم در کشاورزی، یک راه‌کار علمی جدید نیز در مواجهه با این بحران و مدیریت و برون رفت از آن معرفی نماید. هر چند بایستی اشاره نمود که با توجه به چند جانبه بودن بحران مورد بحث و عدم در نظر گرفتن تمامی پارامترهای دخیل و ناشی از تأثیر تغییر اقلیم بر کشاورزی به‌ویژه اثرات غیرمستقیم در مطالعات تناسب اقلیم اراضی استفاده از نتایج آن به تنهایی برای حل این بحران کافی نبوده، لیکن انجام چنین مطالعاتی علاوه بر ایجاد یک دید کلی در راستای حل این مشکل می‌تواند در تلفیق با سایر راهکارهای مقابله برای حل مشکلات ناشی از تغییرات اقلیمی بر بخش کشاورزی به‌کار رود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و بانک اطلاعات

این مطالعه در سطح استان آذربایجان شرقی با وسعت ۴۵۴۹۱ کیلومتر مربع، در محدوده جغرافیایی $36^{\circ} 26'$ تا 39° عرض شمالی و $45^{\circ} 22'$ تا 48° طول شرقی که در طبقه‌بندی اقلیمی جزو مناطق نیمه‌خشک و خشک می‌باشد و رخداد تغییر اقلیم و تأثیر آن بر بخش کشاورزی در آن با توجه به گزارش‌های اخیر (Pooralihosein and Massah, 2014; Salehi Komroudi and Shakeri, 2019) تأیید شده، اجرا گردید. مطابق با مطالعات انجام شده توسط موسسه تحقیقات آب و خاک

اقلیم و A, B, C, D و ... درجات ویژگی‌های مختلف اقلیمی و R_{min} حداقل درجه بین ویژگی‌های مختلف است.

$$CI = R_{min} \times \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \frac{D}{100} \times \dots} \quad (1)$$

$$\text{if } \begin{cases} CI > 92.5 & CR = CI \\ 25 < CI < 92.5 & CR = 16.0 + 67.9 \times CI \\ CI < 25 & CR = 1.6 \times CI \end{cases} \quad (2)$$

جدول ۱- مقادیر درجه اقلیم در کلاس‌های تناسب اقلیم اراضی
Table 1- Climate rating values for the climate suitability class of lands

CR	Climate suitability class
75-100	S1: very suitable
50-75	S2: moderately suitable
25-50	S3: marginally suitable
12.5-25	N1: actually unsuitable & potentially suitable
0-12.5	N2: unsuitable

در نهایت بر مبنای کلاس‌های تناسب اقلیم تعیین شده برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه در سطح استان طی دهه‌های مختلف، نقشه‌های مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Arc Map 10.3 ترسیم و بحث‌های نهایی و مدیریتی با استناد به نقشه‌های خروجی صورت گرفت.

نتایج و بحث

تعیین واحدهای اراضی

آمار تأسیس ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک استان نشان داد که شروع فعالیت آن‌ها در زمان‌های متفاوتی بوده به نحوی که در دهه‌های ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ به ترتیب ۷، ۱۱، ۱۴ و ۱۹ ایستگاه در سطح استان فعال بوده‌اند. از این رو با توجه به اینکه بررسی‌های انجام شده در بازه‌های مورد مطالعه بر مبنای آمار اقلیمی تمام ایستگاه‌های فعال در آن زمان بوده، امکان ارائه یک نقشه واحد اراضی به منظور پهنه‌بندی تناسب اقلیم برای اراضی تحت کنترل ایستگاه‌های هواشناسی طی دهه‌های ۶۰ تا ۹۰ نبود. بنابراین برای هر دهه واحدهای اراضی جداگانه‌ای بر مبنای حوضه‌های ایستگاه‌های فعال همان دهه تهیه و ارزیابی‌های نهایی بر پایه آمار آنها انجام شد (شکل ۲). در خصوص مقایسه نتایج حاصل از ارزیابی‌ها برای دهه‌های مختلف بر مبنای واحدهای اراضی متفاوت بایستی به این نکته

شد. بدین منظور از روش چند ضلعی‌های تیسسن^۱ که از جمله متداول‌ترین راه‌کارها جهت جداسازی واحدهای مطالعاتی بر اساس نزدیک‌ترین فاصله به نقطه مکانی مدنظر می‌باشد در نرم‌افزار Arc Map 10.3 استفاده شد. در این روش هر کدام از نقاط معلوم در داخل یک چند ضلعی قرار می‌گیرند و تمامی نقاط مجهول در چند ضلعی مورد نظر، ارزشی برابر با نقطه معلومی به خود اختصاص می‌دهند که در آن چند ضلعی واقع شده است (Thiessen, 1911).

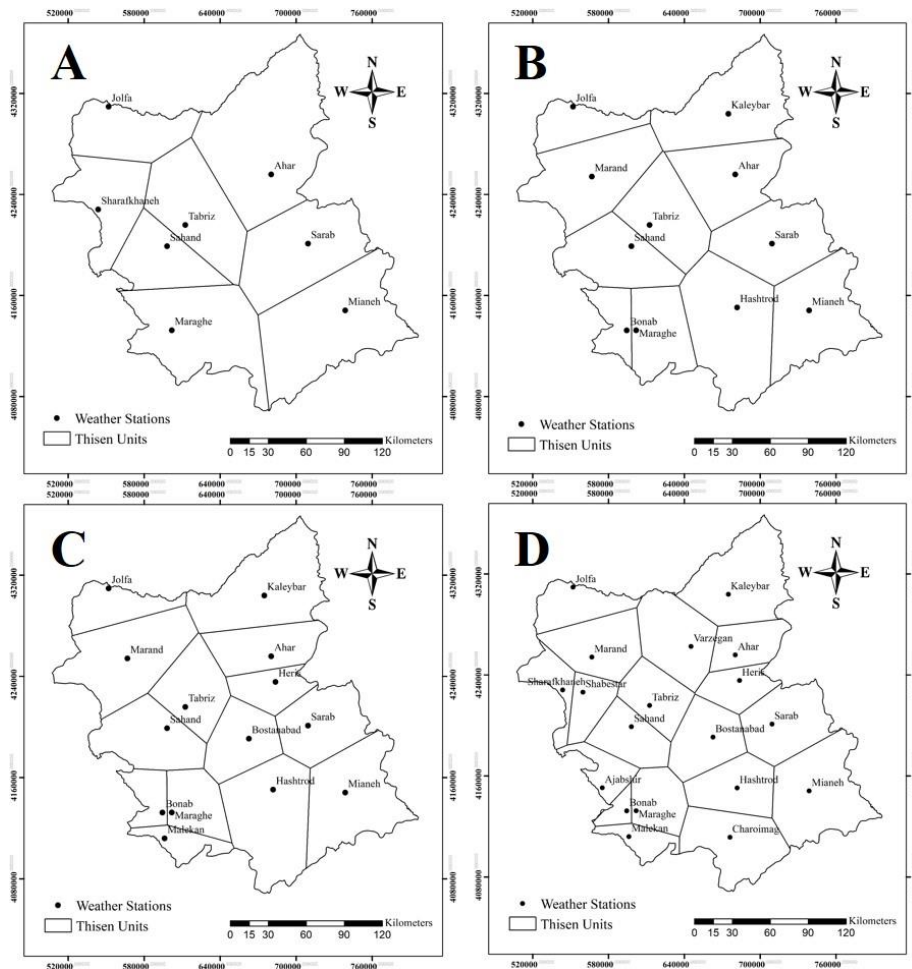
ارزیابی تناسب اقلیم تیپ‌های بهره‌وری

گندم و جو تیپ‌های بهره‌وری هدف این تحقیق هستند که نیازهای اقلیمی آن‌ها شامل مجموع بارندگی و میانگین دمای طول دوره رشد، مراحل رشد رویشی، گلدھی و رسیدگی و نیز میانگین روزانه حداقل و حداکثر درجه حرارت سردترین ماه می‌باشد (Sys et al., 1993). در این پژوهش ارزیابی تناسب اقلیم تیپ‌های بهره‌وری برای هر دو نوع کشت دیم و آبی پاییزه انجام شد که در شرایط کشت آبی پارامترهای مرتبط با بارش از مجموعه محاسبات حذف گردید. در کنار اطلاعات اقلیمی اخذ شده از ایستگاه‌های هواشناسی، به منظور تعیین دوره رشد و مراحل مختلف آن برای هر یک از تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه در نواحی مختلف از اطلاعات کارشناسان فعال و کشاورزان پیش‌رو هر منطقه استفاده شد. هسته اصلی تحقیق حاضر که مقایسه نیازهای اقلیمی گندم و جو با شرایط آب و هوایی هر منطقه در دهه‌های ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ می‌باشد، با استفاده از روش پارامتریک ریشه دوم انجام شد. در این روش از مقایسه وضعیت ویژگی‌های اقلیمی با نیازهای تیپ بهره‌وری به هر مشخصه یک درجه‌بندی کمی از صفر تا ۱۰۰ داده می‌شود و از تلفیق درجات مذکور از طریق معادله ۱ شاخص اقلیم محاسبه می‌گردد. سپس با استفاده از معادله ۲ شاخص اقلیم به درجه اقلیم تبدیل شده و کلاس‌بندی تناسب اقلیم اراضی برای تیپ بهره‌وری مورد نظر با استفاده از جدول ۱ و بر مبنای درجات اقلیم حاصله صورت می‌گیرد (Sys et al., 1991a; Sys et al., 1991b; FAO, 1976). در معادله‌های ۱ و ۲، CI شاخص اقلیم، CR درجه

¹ Thiessen polygon

می‌توان ادعا نمود شرایط اقلیمی آنها تقریباً حالت میانگین از ایستگاه‌های پیشین است که این موضوع در مطالعات میان‌یابی پارامترهای اقلیمی با روش‌های مختلف با توجه به دقت برآوردهای حاصله تأیید شده است (Berndt and Haberlandt, 2018; Herrera et al., 2019; Dhamodaran and Lakshmi, 2021). از این‌رو می‌توان ادعان داشت که چنین مقایسه‌هایی نه‌تنها دارای دقت قابل قبول می‌باشند بلکه با توجه به نیاز به مطالعه در بازه‌های بلندمدت، تنها راهکار موجود و از ضرورت‌های چنین تحقیقاتی هستند.

توجه نمود که تغییر اقلیم یک پدیده بلندمدت می‌باشد، کوتاه کردن دوره مورد بررسی به دلیل یکسان نبودن تعداد ایستگاه‌های هواشناسی (به عبارتی تعداد واحدهای اراضی) در یک محدوده طی بازه‌های زمانی بلند مدت نه تنها نتایج واقعی به همراه نخواهد داشت بلکه حتی ممکن است نتایجی گمراه کننده نیز به همراه داشته باشد (Amirnejad and Asadpour, 2017). از سوی دیگر توجه به زمان تأسیس و پراکنش ایستگاه‌های جدیدالاحداث نشان می‌دهد که آنها در حدفاصل بین ایستگاه‌های با قدمت بالاتر واقع شده‌اند که بر این مبنا



شکل ۲- نقشه حوزه‌های تحت کنترل ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک استان آذربایجان شرقی در دهه‌های (A) ۶۰، (B) ۷۰، (C) ۸۰ و (D) ۹۰
Figure 2- Representation area map of the synoptic weather stations in East Azerbaijan province in A) 60s, B) 70s, C) 80s and D) 90s

زمانی به‌طور متوسط در یک روند نسبتاً کلی از میزان بارش کاسته شده و بر میزان دما افزوده شده است، هر چند این تغییرات در نواحی مختلف استان شدت یکسانی نداشت.

ارزیابی تناسب اقلیم تیپ‌های بهره‌وری

بررسی نیازهای اقلیمی گندم و جو شامل دما و بارش در سطح استان طی دهه‌های ۶۰ تا ۹۰ نشان داد که در این بازه

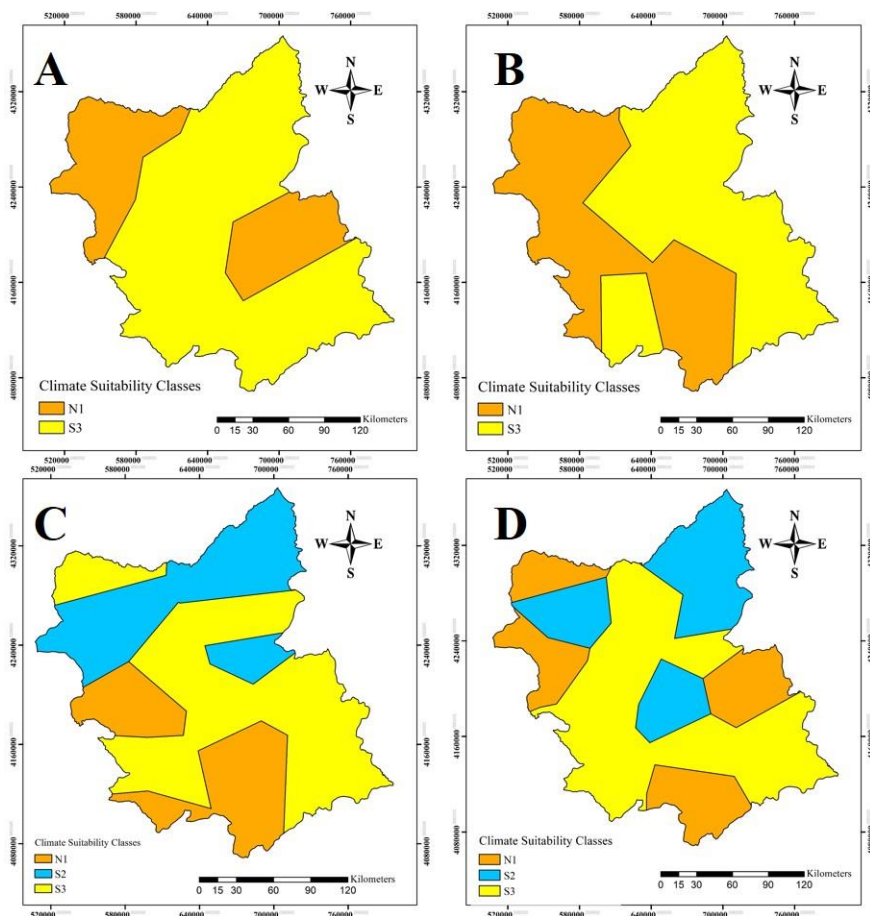
برای کشت دیم این محصولات کلاس‌های تناسب اقلیم متفاوتی از وضعیت متوسط (S2) تا تناسب بحرانی (S3) و نامناسب در شرایط فعلی (N1) در نواحی و دهه‌های مختلف مشاهده گردید که جمع‌بندی آنها در جدول ۲ ارائه و پهنه‌بندی مربوطه در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

همچنین روند یاد شده به‌نحوی نبوده که تغییرات این دو ویژگی اقلیم در دهه‌های مختلف به‌صورت معنی‌دار بوده باشد، لیکن شدت تغییرات در خصوص کاهش بارش بیش از افزایش دما بود. ارزیابی تناسب اقلیم برای کشت آبی گندم و جو حکایت از کلاس تناسب خیلی مناسب (S1) در هر چهار دهه مورد بررسی در سطح استان داشت و این در حالی است که

جدول ۲- درصد کلاس‌های تناسب اقلیم اراضی استان آذربایجان شرقی برای گندم و جو دیم در دهه‌های ۶۰ تا ۹۰

Table 2- Climate suitability classes percentage of East Azerbaijan province lands for rainfed wheat and barley in 60s-90s

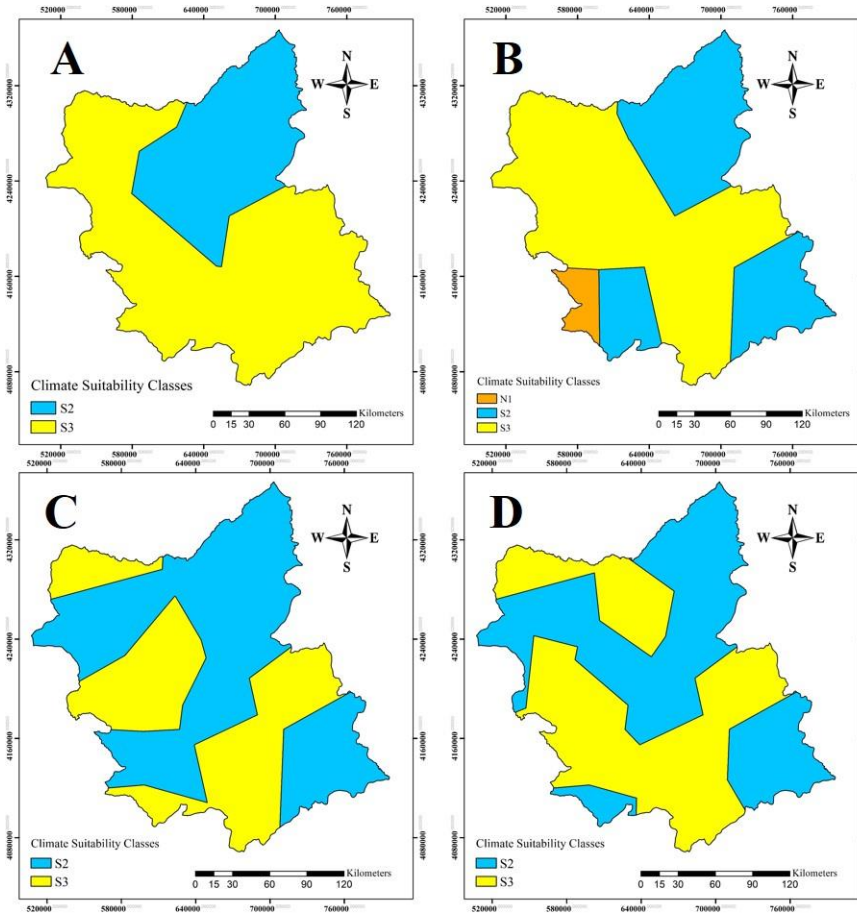
Utilization type	Rainfed Wheat				Rainfed Barely			
	60	70	80	90	60	70	80	90
Climate suitability class	S1							
	S2			27.66	26.92	32.32	39.81	58.94
	S3	71.33	57.85	47.69	47.63	67.68	56.87	41.06
	N1	28.67	42.15	22.65	25.45		3.32	
	N2							



شکل ۳- پهنه‌بندی تناسب اقلیم اراضی استان آذربایجان شرقی برای گندم دیم به روش ریشه دوم در دهه‌های (A) ۶۰، (B) ۷۰، (C) ۸۰ و (D) ۹۰
Figure 3- Climate suitability zoning of East Azerbaijan province lands for rainfed wheat in A) 60s, B) 70s, C) 80s and D) 90s using square root method

اقلیم در دهه‌های مختلف برای کشت دیم این محصولات در سطح استان متصور شد. نگاه کلی به نقشه‌های تناسب اقلیم، همچون یافته‌های (Vaez Madani et al., 2021) شمال شرقی را متناسب‌ترین و بخش‌های شمال غربی و غرب استان را کم متناسب‌ترین ناحیه از نظر اقلیم در دهه‌های مختلف برای دیم‌کاری گندم و جو معرفی می‌نماید (شکل‌های ۳ و ۴).

از توجه به جدول ۲ و شکل‌های ۳ و ۴ کاملاً مشخص است که اغلب نواحی استان فارغ از دهه‌های مختلف تحت کلاس تناسب اقلیم بحرانی (S3) برای کشت دیم گندم و جو می‌باشند. همچنین صرف‌نظر از وضعیت توزیع مکانی کلاس تناسب اقلیم برای کشت آبی گندم و جو که دارای یک کلاس تناسب در دهه‌ها و بخش‌های مختلف در استان بود، نمی‌توان الگوی مکانی به‌خصوصی از تغییر توزیع کلاس‌های تناسب



شکل ۴- پهنه‌بندی تناسب اقلیم اراضی استان آذربایجان شرقی برای جو دیم به روش ریشه دوم در دهه‌های (A) ۶۰، (B) ۷۰، (C) ۸۰ و (D) ۹۰
Figure 4- Climate suitability zoning of East Azerbaijan province lands for rainfed barley in A) 60s, B) 70s, C) 80s and D) 90s using square root method

افت شاخص تناسب اقلیم در سطح استان، متوسط دمای دوره رشد شناخته شد. عدم رویت کلاس تناسب اقلیم خیلی مناسب برای کشت دیم محصولات مورد بررسی در سطح استان طی دهه‌های مختلف و مشاهده کلاس‌های تناسب متوسط و سطوح پایین‌تر از آن مؤید این نکته می‌باشد که اراضی تحت مطالعه همواره دارای محدودیت اقلیمی برای

اگرچه تناسب اقلیم اراضی استان برای کشت آبی گندم و جو همواره در دهه‌های مختلف در کلاس خیلی مناسب (S1) بود اما به فراخور تغییر دما که تنها نیاز اقلیمی مورد بررسی در تناسب کشت آبی این محصولات است میزان شاخص تناسب در نواحی مختلف تغییر می‌نمود. از مجموعه نیازهای اقلیمی کشت آبی تیپ‌های بهره‌وری گندم و جو، عامل اصلی

است (Koochaki et al., 2006; Nassiri et al., 2006; Rahmani et al., 2016). با توجه به ارتباط مستقیم تناسب اقلیم اراضی با میزان عملکرد، نقش تغییر طول دوره رشد در توجیه افزایش تناسب اقلیم با تغییر اقلیم نیز در این مطالعه اثبات شد. براساس بررسی‌های صورت گرفته و نتایج به‌دست آمده در این مطالعه علت این امر را می‌توان در اضافه شدن یک ماه در محاسبه طول دوره رشد به‌واسطه بالا رفتن دما از صفر بیولوژیک در نتیجه تغییر اقلیم و دخیل نمودن میزان بارش ماه اضافه شده به این دوره در نیازهای رطوبتی محصولات و کاهش سطح محدودیت ناشی از تنش آبی و در نتیجه ارتقای کلاس تناسب اقلیمی دانست. همچنین در کنار تغییر طول دوره رشد، میزان و الگوی تغییر پارامترهای اقلیمی در مراحل مختلف دوره رشد در تغییر کلاس تناسب اقلیم در دهه‌های مختلف نیز حائز اهمیت بود که نقش تغییرات اقلیم در هر یک از این مراحل در میزان عملکرد نیز در تحقیقات پیشین مهم بیان شده است (Bannayan et al., 2010; Shokouhi, 2019). بنابراین در بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تناسب اقلیم و عملکرد محصول به‌خصوص در شرایط دیم بایستی در کنار بررسی نقش هریک از پارامترهای اقلیمی دخیل در تولید به اثرات متقابل آنها نیز توجه نمود. مقایسه تناسب اقلیم استان آذربایجان شرقی برای گندم و جو در بازه زمانی مورد مطالعه نشان داد که اگرچه اقلیم منطقه برای کشت آبی این دو محصول مناسب است اما در شرایط دیم‌کاری وضعیت تناسب اقلیم برای آنها متفاوت می‌باشد به‌نحوی که شرایط برای کشت دیم جو مساعدتر از کشت دیم گندم است. همچنین مشاهده شد تأثیرپذیری تناسب اقلیم جو دیم از تغییرات اقلیمی کمتر از گندم دیم می‌باشد. بنابراین می‌توان بیان نمود که محدودیت‌های اقلیمی در استان برای جو کمتر از گندم است و به‌عبارتی جو مقاوم‌تر از گندم می‌باشد. بنابراین براساس نتایج حاصل از مقایسه کلاس‌های تناسب اقلیم این دو محصول در بستر تغییرات اقلیمی، به موازات یافته‌های Keikha et al., (2021) می‌توان بیان نمود که اثر تغییر اقلیم بر همه محصولات یکسان نیست و این نکته خود می‌تواند اشاره به ضرورت رعایت الگوی کشت بهینه جهت افزایش بهره‌وری در نواحی مختلف داشته باشد و توصیه به تغییر کشت از گندم دیم به جو دیم در نواحی با کلاس

دیم‌کاری هستند. مهمترین معضل اقلیمی که حتی منجر به افت کلاس تناسب در نتیجه افت شدید شاخص اقلیم در این نوع از کشت محصولات یاد شده در منطقه گردیده کمبود مجموع بارش دوره رشد از نیازهای اقلیمی گندم و جو می‌باشد. از مقایسه نوع محدودیت‌های اقلیمی برای کشت دیم و آبی محصولات مدنظر و کلاس‌های تناسب اقلیم حاصله برای هر یک از انواع کشت می‌توان نتیجه گرفت که از دیرباز کمبود بارش و تنش آبی اصلی‌ترین مشکل اقلیمی استان در تناسب اراضی برای تولید گندم و جو بوده و این نتیجه و استنباط در انطباق با مطالعات صورت گرفته در چندین نقطه از اروپا (Zimmermann et al., 2017) است. توجه مجدد به نتایج جمع‌بندی شده در جدول ۲ و شکل‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهد که وسعت کلاس‌های تناسب در دوره‌های زمانی مختلف تغییر نموده و روندهای مختلفی از تغییرات تناسب اقلیم را به‌دلیل تغییرات متنوع پارامترهای اقلیمی در بخش‌های مختلف استان شاهد هستیم. بنابراین می‌توان بیان نمود نتایج ارزیابی تناسب اقلیم تحقیق حاضر در بستر زمان بیان‌گر تغییر تناسب اراضی در نواحی مختلف استان است که این امر همچون یافته‌های پیشین (Okonya et al., 2013; Sharifi et al., 2018) نقش تأثیر تغییر اقلیم بر تناسب اراضی برای محصولات کشاورزی را نشان می‌دهد. اگرچه با استناد به مطالعات تکمیل شده متعدد در خصوص روند تغییرات تناسب اراضی همگام با تغییر اقلیم، انتظار بر افت کلاس تناسب اقلیم استان با توجه به افزایش دما و کاهش بارش در طول زمان بود (Sabziparvar et al., 2013; Saaidabadi et al., 2016; Liambila and Kibret, 2016)، مقایسه کلاس‌های تناسب اقلیم دهه‌های مختلف در این مطالعه بیان‌گر آن است که دهه‌های ۸۰ و ۹۰ دارای وضعیت تناسب اقلیم بهتری نسبت به دهه‌های ماقبل برای کشت دیم گندم و جو هستند. در راستای بررسی تناقض پیش آمده در خصوص روند تغییر اقلیم با تغییر کلاس تناسب اراضی، مرور تحقیقات گذشته در مورد افزایش میزان عملکرد محصولات دیم با تغییر اقلیم نیز نتیجه به‌دست آمده را تأیید و نقش مثبت تغییر اقلیم در تولید محصول، به‌ویژه در نواحی سردسیر، را بیان می‌کند (Hajarpour et al., 2013; Qian et al., 2013). علت چنین افزایشی در عملکرد، تغییرات طول دوره رشد دانسته شده

را نشان می‌دهد. پیشنهاد می‌شود برای استفاده‌های مدیریتی از چنین مطالعاتی در مقابله با پیامدهای بحران تغییر اقلیم بر کشاورزی، با توجه به اینکه محصولات زراعی مختلف نیازهای اقلیمی متفاوت دارند و در نواحی مختلف کشور شرایط اقلیمی متنوع برقرار است، تحقیقات بیشتر در امتداد مطالعه حاضر برای سایر مناطق و محصولات متنوع صورت گیرد.

منابع

- Amirnejad, H., Asadpour Kordi, M. 2017. Effect of climate change on wheat production in Iran. *Journal of Agricultural Economics Research*, 9(3), 163-182. (In Farsi)
- Bagherzadeh Azar, F., Ranjpour, R., Karami Takanlou, Z., Motaffaker Azad, M.A., Asadzadeh, A. 2017. The impact of economic variables on food security in the provinces of Iran: measuring and comparing. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, 3(4), 47-76. (In Farsi)
- Banaei, M.H. 2000. Soil resources and use potentiality map of Iran. Soil and Water Research Institute, Agricultural Research and Education Organization. Ministry of Agriculture, Iran.
- Bannayan, M., Sanjani, S., Alizadeh, A., Lotfabadi, S. S., Mohamadian, A. 2010. Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield in northeast of Iran. *Field Crops Research*, 118(2), 105-114.
- Bazgir, S., Kamali, Q.A. 2008. Rainfed wheat yield forecast using agricultural meteorological indices in some western regions of the country. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 15(2), 113-121. (In Farsi)
- Berndt, C., Haberlandt, U. 2018. Spatial interpolation of climate variables in Northern Germany- Influence of temporal resolution and network density. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 15, 184-202.
- Danshgar, H., Bagheri, M., Mardani Najafabadi, M. 2021. Evaluation of consequences of climate change and adaptation strategies in Bushkan plain of Bushehr province. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 35(1), 63-78. (In Farsi)
- Dashti, G., Bagheri, P., Pishbahar, E., Majnooni-Heris. A. 2018. Evaluation of climate change effect on evapotranspiration and yield of rainfed wheat in Ahar. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 12, 409-423. (In Farsi)
- Darijani, A., Hosseini, S.S., Gorbani, M. 2008. Estimation of drought loss on rainfed wheat production in Golestan province. *Agricultural*

تناسب اقلیم پایین‌تر برای گندم نسبت به جو در سطح استان نماید.

نتیجه‌گیری

اقلیم استان آذربایجان شرقی برای کشت آبی محصولات گندم و جو بهترین تناسب را دارا است اما محدودیت اقلیم برای کشت دیم این محصولات همواره از دهه‌های قبل وجود داشته هر چند شدت و ضعف آن در زمان‌ها و نواحی مختلف، متفاوت بوده است. به‌طور کلی در دهه‌های ۶۰ تا ۹۰ نواحی شمال‌شرق استان متناسب‌ترین اقلیم را برای تولید دیم گندم و جو در سطح استان داشتند، در حالی که بخش‌های شمال‌غربی و غربی پایین‌ترین کلاس تناسب اقلیم را دارا بودند. عامل اصلی افت کلاس تناسب اقلیم استان برای گندم و جو دیم کمبود رطوبت در طول دوره رشد شناخته شد. همچنین شرایط اقلیمی استان برای جو دیم متناسب‌تر از گندم دیم شناخته شد و مشاهده گردید که میزان تغییرات تناسب اقلیم تحت تأثیر تغییر اقلیم برای جو در سطح استان در دهه‌های مختلف نیز کمتر از گندم است. از دیدگاه اقلیمی این نتیجه خود می‌تواند توصیه به تغییر الگوی کشت از گندم دیم به جو دیم در نواحی با محدودیت‌های اقلیمی داشته باشد و یکی دیگر از کاربردهای ارزیابی تناسب اراضی مبنی بر استفاده از نتایج این مطالعات در طراحی الگوی کشت بهینه را تبیین نماید. بررسی تناسب اقلیم استان برای گندم و جو دیم به موازات تغییر پارامترهای اقلیمی در طول زمان، فرضیه تحقیق حاضر مبنی بر تأثیر تغییر اقلیم بر تناسب اقلیم و در نتیجه تناسب اراضی برای تولید محصولات کشاورزی را اثبات نمود و این نکته کارایی ارزیابی تناسب اراضی را به‌عنوان ابزاری برای کمک به مدیریت پیامدهای منفی تغییر اقلیم بر تولید محصولات کشاورزی نشان داد. در تحلیل روند تأثیر تغییر اقلیم بر تناسب اراضی بایستی توجه نمود که تغییر اقلیم همواره منجر به افت کلاس تناسب اراضی و در نتیجه کاهش عملکرد نمی‌شود چرا که ممکن است روند منفی تغییر یک پارامتر اقلیمی از نیازهای اقلیمی منجر به بهبود شرایط از نظر دیگر پارامترها گردد. از این‌رو همواره بایستی در نظر داشت که ترکیب تأثیر پارامترهای اقلیمی و اثرات متقابل آنها اثر خالص تغییر اقلیم بر تناسب اقلیم برای محصولات کشاورزی

- IRIMO. 2021. Country climate analysis. In: Islamic Republic of Iran Meteorological Organization, East Azerbaijan province center. Data sheet.
- Jafarzadeh, A.A., Alamdari, P., Neyshabouri, M.R., Saeidi, S. 2008. Land suitability evaluation of Bilverdi research station for wheat, barley, alfalfa, maize and sunflower. *Soil and Water Research*, 3 (Special Issue), 81- 88.
- Kabara, M.J.M. 2014. Climate change and food security in Kenya. *Environment for Development*, 81(14), 5-15.
- Keikha, A., Khanlary, A., Keikha, A.A., Sabouhi, M. 2021. The effect of climate change on land usage and agricultural sector performance in Mazandaran province. *Journal of Environmental Science Technology*, 22(10), 93-104. (In Farsi)
- Kiani Ghalehsard, S., Shahraki, J., Akbari, A., Sardar Shahraki, A. 2020. The effect of climate change on Iran's agricultural production: A case study of Wheat crop. *Applied Research in Field Crops*, 32(4), 109-130. (In Farsi)
- Koocheki, A., Nassiri, M. 2008. Impacts of climate change and CO₂ concentration on wheat yield in Iran and adaptation strategies. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6(1), 139-153. (In Farsi)
- Koochaki, A.M., Nassiri, G.A., Kamali, A., Shahandeh, H. 2006. Potential impacts of climate change on agrometeorological indicators in Iran. *Arid Land Research and Management*, 20(3), 245-259.
- Lashkari, A., Alizadeh, A., Bannayan Awal, M. 2011. Investigation of mitigation of climate change impacts on maize production in northeast of Iran. *Journal of Water and Soil*, 25(4), 926-939. (In Farsi)
- Liambila, R.N., Kibret, K. 2016. Climate change impact on land suitability for rainfed crop production in lake Haramaya watershed, Eastern Ethiopia. *Journal of Earth Science and Climatic Change*, 7(3), 1-12.
- Mahmoodi, M., Parhizkari, M. 2015. Economic analysis of the climate change impacts on products yield, cropping pattern and farmer's gross margin (Case study: Qazvin plain). *Iranian Journal of Economic Growth and Development research*, 5(20), 25-40. (In Farsi)
- Mehrazar, A., Massah Bavani, A.R., Mashal, M., Rahimikhoob, H. 2018. Assessment of climate change impacts on agriculture of the Hashtgerd plain with Emphasis of AR5 models uncertainty. *Irrigation Sciences and Engineering*. 41(3), 45-59. (In Farsi)
- Mohammadi, E., Yazdanpanah, H., Mohammadi, F. 2014. Event of climate change, its impact on durum wheat planting and during the growing Economics and Development, 16(4), 1-14. (In Farsi)
- Dhamodaran, S., Lakshmi, M. 2021. Comparative analysis of spatial interpolation with climatic changes using inverse distance method. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 12, 6725-6734.
- Elasha, B.O. 2010. Mapping of climate change threats and human development impacts in the Arab region. United Nations Development Programme, Arab Human Development Report (AHDR), Research Paper Series, 51p.
- Eyni-Nargeseh, H., Deyhimfard, R., Soufizadeh, S., Haghghat, M., Nouri, O. 2015. Predicting the effects of climate change on irrigated wheat yield in Fars province using APSIM model. *Journal of Crop Production*, 8(4), 203-224 (In Farsi)
- FAO, 1976. A framework for land evaluation. FAO Soils Bulletin Series No: 32, Rome.
- Fatima, Z., Ahmed, M., Hussain, M., Abbas, G., Ul-Allah, S., Ahmad, S., Ahmed, N., Ali, M.A., Sarwar, G., Haque, E.U., Iqbal, P., Hussain, S. 2020. The fingerprints of climate warming on cereal crops phenology and adaptation options. *Scientific Reports*, 10(18013), 1-21.
- Gohari, A., Eslamian, S., Abedi-Koupaei, J., Massah Bavani, A.R., Wang, D., Madani, K. 2013. Climate change impacts on crop production in Iran's Zayandeh-Rud river basin. *The Science of the Total Environment*, 442, 405-419.
- Ghorbani, Kh., Soltani, A. 2014. The effect of climate change on soybean yield in Gorgan. *Journal of Plant Production Research*, 21(2), 67-85. (In Farsi)
- Hajarpour, A., Soltani, A., Zeinali, E., Sayyedi, F. 2013. Simulating the impact of climate change on production of Chickpea in rainfed and irrigated condition of Kermanshah. *Journal of Plant Production*, 20 (2), 235-252. (In Farsi)
- Hatfield, J.L., Boote, K.J., Kimball, B.A., Ziska, L.H., Izaurralde, R.C., Ort, D., Thomson, A.M., Wolfe, D. 2011. Climate impacts on agriculture: implications for crop production. *Agronomy Journal*, 103, 351-370.
- Herrera, S., Kotlarski, S., Soares, P.M.M., Cardoso, R.M., Jaczewski, A., Gutiérrez, J.M., Maraun, D. 2019. Uncertainty in gridded precipitation products: Influence of station density, interpolation method and grid resolution, *International Journal of Climatology*, 39(9), 3717-3729.
- Hoseini, S.S., Nazari, M.R. Araghinejad, Sh. 2013. Investigating the impacts of climate on agricultural sector with emphasis on the role of adaptation strategies in this sector. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 44(2), 1-16. (in Farsi)

- Rezaei, H., Rasouli, S., Servati, M., Jafarzadeh, A.A. 2021. Common utilization types change urgency in Horand region. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(4), 327-339. (In Farsi)
- Sabziparvar, A.A., Torkaman, M., Maryanaji, Z. 2013. Investigating the effect of agroclimatic indices and variables on optimum wheat performance (Case study: Hamedan province). *Journal of Water and Soil*, 26(6), 1554-1567. (In Farsi)
- Saei, M. 2021. Effect of short- and long-term climate variations on rainfed wheat yield in Kerman province. *Journal of Agricultural Meteorology*, 8(1): 26-37. (In Farsi)
- Saeidabadi, R., Najafi, M.S., Abkharabat., S. 2016. Land suitability assessment in climate change condition, case study: canola cultivation in West Azarbaijan province. *Physical Geography Research Quarterly*, 47(4), 563-582. (In Farsi)
- Sanchez, P.A. 2000. Linking climate change research with food security and poverty reduction in the tropics. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 82(1-3), 371-383.
- Salehi Komroudi, M., Shakeri Bostanabad, R. 2019. The impact of climate change on agricultural production and food security in East Azarbaijan province. *Journal of Environmental Sciences Studies*, 3(3), 1801-1809. (In Farsi)
- Sharifi, P., Servati, M., Mohammadkhani, N. 2018. Climate change impact on land suitability evaluation for some rainfed crops in Miandoab region. *Iranian Journal of Soil Research*, 32(2), 243-254. (In Farsi)
- Shiukhy-Sughanlu, S., Mousavi-Baygi, M., Torabi, B., Raeini-Sarjaz, M. 2021. Evaluation of climate change effects on irrigated wheat CV. Mehregan yield under drought stress condition (Case study: Varamin). *Journal of Agricultural Meteorology*, 9(2), 15-28. (In Farsi)
- Shokouhi, M. 2019. Evaluation of the impact of climate change on temperature and precipitation of rainfed wheat production in Kurdistan province. *Journal of Agricultural Meteorology*, 7(1), 22-35. (In Farsi)
- Solimani, M., Rahimi, D., Yazdanpanah, H. 2021. Climate change adaptation strategy in agriculture (Rostam County). *Journal of Natural Environmental Hazards*, 10, 19-34. (In Farsi)
- Sys, C., Vanranset, E., Debaveye, J. 1991a. Land evaluation. Part I, Principle in land evaluation and crop production calculation. International Training Center for Post Graduate Soil Scientists, Ghent University, Ghent, Belgium.
- Sys, C., Vanranset, E., Debaveye, J. 1991b. Land evaluation, Part II, Methods in land evaluation. season case study: station of Sararood, Kermanshah. *Physical Geography Research Quarterly*, 46(2), 231-246. (In Farsi)
- Momeni, S., Zibaei, M. 2013. The potential impacts of climate change on the agricultural sector of Fars province. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 27(3), 169-179. (In Farsi)
- Moradi, R., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. 2014. Effect of climate change on Maize production and shifting of planting date as adaptation strategy in Mashhad. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 23(4), 111-130. (In Farsi)
- Nassiri, M., Koochechi, A., Kamali, G.A., Shahandeh, H. 2006. Potential impact of climate change rainfed wheat production in Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 52 (1), 113-124.
- National Climate Change Office of Iran (NCCOI). 2014. Third national communication to United Nations framework convention on climate change (UNFCCC). Department of Environment. Available via: <http://climate-change.ir>.
- Navidi, M.N., Seyedmohammadi, J., Seyedjalali, S.A.R., Zeinadini, A., Farajnia, A., Zareain, G.R., Toomanian, N.R., Fatehi, S., Eskandari, M., Delsooz, B. 2022. Assessing land suitability for wheat cultivation in irrigated plains of Iran. *Iranian Journal of Soil Research*, 36(2), 127-146. (In Farsi)
- Neupane, D., Adhikari, P., Bhattarai, D., Rana, B., Ahmed, Z., Sharma, U., Adhikar, D. 2022. Does climate change affect the yield of the top three cereals and food security in the world? *Earth*, 3(1), 45-71.
- Okonya, J.S., Syndikus, K., Kroschel, J. 2013. Farmers' perception of and coping strategies to climate change: evidence from six agro-ecological zones of Uganda. *Journal of Agricultural Science*, 5(8), 252-263.
- Pooralihoseini, SH., Massah Bavani, A.R. 2014. Risk analysis and assessment of impacts of climate change on temperature and precipitation of East Azarbaijan in 2013-2022. *Journal of the Earth and Space Physics*, 39(4), 191-208. (In Farsi)
- Qian, B., De Jong, R., Gameda, S., Huffman, T., Nielsen, D., Desjardins, R., Wang, H., McConkey, B. 2013. Impact of climate change scenarios on Canadian agroclimatic indices. *Canadian Journal of Soil Science*, 93(2), 243-259.
- Rahmani, M., Jami Al-Ahmadi, M., Shahidi, A., Hadizadeh Azghandi, M. 2016. Effects of climate change on length of growth stages and water requirement of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) (Case study: Birjand plain). *Journal of Agroecology*, 7(4), 443-460. (In Farsi).

- Wang, J., Huang, J., Yan, T. 2013. Impacts of climate change on water and agricultural production in Ten large river basins in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 12(7), 1267-1278.
- Wang, J., Vanga, S.K., Saxena, R., Orsat, V., Raghavan, V. 2018. Effect of climate change on the yield of cereal crops: A review. *Climate*, 6(2), 1-19.
- Yazdanshenas, L., Moghadasi, R., Yazdani, S. 2011. A model for the wheat market in Iran. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 2(2), 49-55.
- Zarakani, F., Kamali, Gh.A., Chizari, A.H. 2014. The effect of climate change on the economy of wheat (Case study: North Khorasan). *Journal of Agroecology*, 6(2), 301-310. (In Farsi)
- Zimmermann, A., Webber, H., Zhao, G., Ewert, F., Kros, J., Wolf, J., Britz, W., Vries, W. 2017. Climate change impacts on crop yields, land use and environment in response to crop sowing dates and thermal time requirements. *Agricultural Systems*, 157, 81-92.
- International Training Center for Post Graduate Soil Scientists, Ghent University, Ghent, Belgium.
- Sys, C., Vanranset, E., Debaveye, J., Beernaert, F. 1993. Land evaluation, Part III, Crop requirements. International training center for post graduate soil scientist. Ghent University, Ghent, Belgium.
- Taati, A., Sarmadian, F. 2015. Evaluation of land suitability for rainfed barley and wheat in agroecological zones of Abyek area. *Journal of land Management*, 2(2), 123-136. (In Farsi)
- Tao, F., Zhao, Z., Xiaoa, D., Reimund, P., Zhang, H. 2014. Responses of wheat growth and yield to climate change in different climate zones of China, 1981–2009. *Agricultural and Forest Meteorology*, 190, 91-104.
- Thiessen, A.H. 1911. Precipitation averages for large areas. *Monthly weather review*, 39(7), 1082-1089.
- Vaez Madani, M.A., Fakheri Fard, A., Majnooni-Heris, A. 2021. Analysis of rainfed wheat farming climatic potential based on RPI index (Case study: East Azerbaijan province). *Water and Soil Science*, 32(2), 1-10. (In Farsi)



Climate suitability changes of East Azerbaijan province for strategic crops of Wheat and Barley cultivation in recent decades

S. Pournaji Iran¹, H. Rezaei^{2*}, A. Jafarzadeh³

Received: 15/01/2023

Accepted: 17/04/2023

Abstract

Considering the climate suitability in cropping pattern selection is vital in maintaining food security. In this study, the climate suitability of East Azerbaijan Province, north east of Iran, for the cultivation of strategic crops of wheat and barley during four decades 1980 to 2000s was evaluated. Land units were classified based on the covered area of each synoptic weather station using Thiessen method. Climate suitability for rainfed and irrigated wheat and barley was evaluated according to their climatic requirements using the square root-parametric method. Results revealed that during the recent four decades, the climate suitability class for irrigated studied crops was very suitable across the province, but in case of rainfed cultivation, various suitability classes including moderate to unsuitable were observed in different regions. The results confirmed that despite of some unfavorable effects of climate change on suitability of region for both crops cultivation, these impacts might be compensated, to some extent, by technology or management improvements. According to this study, determination of an optimum cropping pattern, adjusting agronomic practices and changing of rainfed wheat to barley in this province may be recommended.

Keywords: Climate Change, Cropping Pattern, Food Security, Climatic requirements



¹ M.Sc. Graduate, Soil Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

² Assistant Professor, Soil Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

(*Corresponding Author Email Address: hosseinrezaei@tabrizu.ac.ir)

³ Professor, Soil Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

نحوه ارجاع مقاله:

پورناجی ایران، س.، رضایی، ح.، جعفرزاده، ع. ۱۴۰۲. تغییرات تناسب اقلیمی مناطق مختلف استان آذربایجان شرقی برای کشت محصولات راهبردی گندم

و جو در دهه‌های اخیر. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۱(۲): ۴-۱۵. DOI: [10.22125/agmj.2023.381559.1144](https://doi.org/10.22125/agmj.2023.381559.1144)

Pournaji Iran, S., Rezaei, H., Jafarzadeh, A. 2023. Climate suitability changes of East Azerbaijan province for strategic crops of Wheat and Barley cultivation in recent decades. Journal of Agricultural Meteorology, 11(2): 4-15. DOI: [10.22125/agmj.2023.381559.1144](https://doi.org/10.22125/agmj.2023.381559.1144)