نشریه هواشناسی کشاورزی
(وابسته به انجمن مهندسی آبیاری و آب ایران)
جلد ۱۲، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۳، صص.۴۹-۳۵
مقاله علمی پژوهشی

Journal of Agricultural Meteorology
(Iranian Soc. of Water and Irrig. Eng.)
Vol. 12, No. 1, Spring & Summer 2024, pp. 35-49
DOI: 10.22125/agmj.2024.395251.1150

بررسی اثرات نوسانات اقلیمی بر تولید گندم دیم و آبی منطقه رودبار استان گیلان

سید محمدرضا مهدویان[۱]، فاطمه عسکری بزایه[۱*]، مهران غلامی[۲]، شهریار صبح زاهدی[۱]، فائزه شعبان زاده[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷

چکیده

تغییر اقلیم، به‌عنوان یکی از چالش‌های مهم اثرگذار بر اکوسیستم‌های زمین، ضمن ایجاد محدودیت در تولید محصولات پایدار، بر جنبه‌های اجتماعی و محیط‌زیستی نیز اثر منفی گذاشته است. همچنین تغییرات آب و هوایی از طریق تغییر در متغیرهای اقلیمی مانند دما، بارندگی و رطوبت مستقیماً بر بخش کشاورزی تأثیر خواهد گذاشت. ازاین‌رو در پژوهش حاضر اثرات تغییر اقلیم بر تولید گندم به تفکیک دیم و آبی در شهرستان رودبار استان گیلان مورد بررسی قرار گرفت. به همین جهت از داده‌های ایستگاه هواشناسی منجیل و آمارنامه کشاورزی شهرستان رودبار طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۹ و رهیافت اقتصادسنجی خودرگرسیون برداری با وقفه توزیعی (ARDL) استفاده شده است. نتایج کوتاه و بلندمدت نشان داد که نوع اثرگذاری متغیرهای اقلیمی میانگین دما، میانگین بارش و رطوبت نسبی بر میزان تولید گندم دیم و آبی در بلندمدت معنی‌دار و مشابه است؛ اما میزان اثرگذاری متغیرهای مذکور بر تولید گندم دیم بیشتر از آبی بوده است. به‌طوری‌که با یک درصد افزایش در میانگین دما، میزان تولید گندم دیم و آبی به ترتیب ۳/۰۴ و ۱/۲ درصد کاهش خواهد یافت. همچنین با افزایش یک‌درصدی میزان بارش، میزان تولید گندم دیم و آبی به ترتیب ۰/۵۷ و ۰/۴ درصد افزایش خواهد یافت. از سوی دیگر با افزایش یک درصدی رطوبت نسبی نیز میزان تولید گندم دیم و آبی ۰/۲۸ و ۰/۰۶ درصد افزایش خواهد یافت. به جهت کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم، آگاه‌سازی تولیدکنندگان نسبت به عواقب تغییر اقلیم و کشت گونه‌های مقاوم و متناسب با اقلیم هر منطقه پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: مدلسازی، تغییر اقلیم، گندم، بارش، دما

مقدمه

کشاورزی یک فعالیت اساسی انسانی در معرض خطر تغییرات اقلیمی و درعین‌حال عامل اصلی تغییرات محیط زیستی و اقلیمی در مقیاس‌های محلی، منطقه‌ای و سیاره‌ای است. کشاورزی در قرن بیست و یکم با چالش‌های مهمی مواجه خواهد شد که عمدتاً ناشی از نیاز به افزایش عرضه غذا برای جهانی با جمعیتی بیش از ۱۰ میلیارد نفر و درعین‌حال سازگاری و سهم در واکنش به تغییرات اقلیمی است (World Bank, 2008). تولید کشاورزی از طریق انتخاب محصولات مناسب با اقلیم یک منطقه خاص و استفاده از روش‌های کشاورزی مناسب انجام می‌شود؛ بنابراین، کشاورزی یک صنعت زیستی وابسته به اقلیم با ویژگی‌های منطقه‌ای قابل‌توجه است (Kim, 2012). با افزایش تخمینی تعداد افرادی که در سال ۲۰۲۰ با گرسنگی روبرو هستند (۷۲۰ تا ۸۱۱ میلیون نفر) و تأثیرات محسوس تغییرات اقلیمی و رویدادهای شدید آب و هوایی بر امنیت غذایی، تغذیه و فقر،

[۱] محقق بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
(*نویسنده مسئول: askari.fbz@gmail.com)

[۲] استادیار بخش تحقیقات زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

[۳] مسئول آمار و داده‌های اداره کل هواشناسی استان گیلان

نحوه ارجاع مقاله:
مهدویان، س. م.، عسکری بزایه، ف.، غلامی، م.، صبح زاهدی، ش.، شعبان زاده، ف. ۱۴۰۳. بررسی اثرات نوسانات اقلیمی بر تولید گندم دیم و آبی منطقه رودبار استان گیلان. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۲(۱): ۴۹-۳۵. DOI: 10.22125/agmj.2024.395251.1150

Mahdavian, S. M., Askari Bozayeh, F., Gholami, M., Sobhezahedi, S., Shabanzadeh, F. 2024. Modeling the effects of climate change on rainfed and irrigated wheat production in Gilan province. Journal of Agricultural Meteorology, 12(1): 35-49. DOI: 10.22125/agmj.2024.395251.1150

ضرورت بررسی و دیده‌بانی تغییرات اقلیمی به‌طور قابل‌توجهی افزایش‌یافته است. مطابق با تحلیل‌های انجام شده، در صورت عدم تحقق افزایش پایدار بهره‌وری و درآمد کشاورزی، عدم رفع نابرابری در دسترسی به غذای سالم و مغذی و نبود اقدامات اقلیمی، گرسنگی و همه اشکال سوءتغذیه تا سال ۲۰۳۰ ریشه‌کن نخواهند شد (FAO, 2022). تغییرات اقلیمی به‌ویژه تغییرات مربوط به گرمایش جهانی، امروزه به‌طور گسترده‌ای در مقیاس جهانی مورد بحث قرار گرفته و بنا به گزارش هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، در حال حاضر یک واقعیت غیرقابل‌انکار است (Pais et al., 2020). اقلیم و کشاورزی فرآیندهای وابسته به هم هستند که هر دو در مقیاس جهانی رخ می‌دهند (LARRDIS, 2014)[1]. کشاورزی یکی از آسیب‌پذیرترین بخش‌ها در برابر تغییرات اقلیمی است و علیرغم پیشرفت‌های فنّاورانه در نیمه دوم قرن بیستم همچون انقلاب سبز، کماکان اقلیم و هوا از عوامل کلیدی در تعیین بهره‌وری کشاورزی در اکثر مناطق جهان به شمار می‌روند (Bruinsma 2003; IPCC 2007). اقلیم می‌تواند به روش‌های مختلفی بر کشاورزی تأثیر بگذارد. دما، تابش، بارندگی، رطوبت خاک و غلظت دی‌اکسید کربن همگی متغیرهای مهمی برای تعیین بهره‌وری کشاورزی هستند و تحقیقات فعلی تائید می‌کند آستانه‌هایی برای این متغیرهای اقلیمی وجود دارد که فراتر از این آستانه‌ها، عملکرد محصول کاهش می‌یابد (Challinor et al., 2005; Porter and Semenov, 2005). تحقیقات اقتصادی تلاش کرده‌اند تا اثرات احتمالی تغییرات اقلیم را بر جامعه اندازه‌گیری کنند. با توجه به تغییرات جهانی آب‌وهوا، انتظار می‌رود یکی از بزرگ‌ترین اثرات آن بر کشاورزی باشد و اثرات زیادی نیز قابل‌انتظار است (Nordhaus, 1991; IPCC, 1996; Cline, 2007). ادبیات مربوط به اقتصاد تغییرات اقلیمی نشان می‌دهد که اگرچه تولید جهانی محصولات زراعی ممکن است در کوتاه‌مدت (قبل از سال ۲۰۳۰) اندکی با گرم شدن کره زمین افزایش یابد، اما در نهایت در طولانی‌مدت منفی خواهد شد (Bruinsma, 2003؛ IPCC, 2007). انتظار می‌رود کشورهای درحال‌توسعه و کشورهای واقع در عرض جغرافیایی پایین، بیشتر از اثرات کشاورزی ناشی از گرمایش جهانی رنج ببرند که این مهم منعکس‌کننده موقعیت جغرافیایی نامناسب، سهم بیشتر کشاورزی در اقتصاد کشورهای مذکور و توانایی محدود آنها برای سازگاری با این پدیده است (ADBI, 2009). بنا به گزارش بانک جهانی، تغییرات اقلیمی باعث کاهش تولید ناخالص داخلی سالانه ۴ درصد در آفریقا و ۵ درصد در هند گردیده است (World Bank, 2008). در یک برآورد جامع جهانی اخیر برای بیش از ۱۰۰ کشور، پیش‌بینی‌شده است که اگر گرمایش زمین بدون وقفه ادامه یابد، بهره‌وری کشاورزی جهانی در سال ۲۰۸۰ به میزان ۱۵/۹ درصد کاهش خواهد یافت و کشورهای درحال‌توسعه کاهشی به میزان ۱۹/۷ درصد را تجربه خواهند کرد (ADBI, 2009)[2]. تغییرات اقلیمی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای دما و الگوهای پویای بارش و همچنین تغییرات در شدت و فراوانی رویدادهای خشکسالی و سیل را افزایش می‌دهد؛ به همین ترتیب به انحاء مختلف تولید محصولات کشاورزی را در نقاط مختلف جهان با محدودیت مواجه می‌کند (Zseleczky and Yosef, 2014). پیامدهای منفی پیش‌بینی‌شده تغییر اقلیم بر عملکرد غلات در مناطق مختلف شامل کاهش ۶۰ درصدی عملکرد ذرت، کاهش ۵۰ درصدی عملکرد سورگوم، کاهش ۳۵ درصدی عملکرد برنج، کاهش ۲۰ درصدی عملکرد گندم؛ و کاهش ۱۳ درصدی عملکرد جو است (Porter et al., 2014). تخمین زده می‌شود که عملکرد ذرت، سورگوم و ارزن تا سال ۲۰۵۰ به میزان ۲۲، ۱۷ و ۱۷ درصد در جنوب صحرای آفریقا کاهش یابد (IPCC, 2007; Schlenker and Lobell, 2010). علاوه بر این، پیش‌بینی می‌شود که عملکرد محصولات دیم به دلیل تغییرپذیری و تغییرات اقلیمی تقریباً ۵۰ درصد کاهش یابد (Nkemelang et al., 2018; Schleussner et al., 2016). شواهد تغییرات اقلیمی واقعی است و تأثیر آن در سراسر جهان احساس می‌شود و خانوارهای کشاورزی از اقتصادهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه بیشترین آسیب را متحمل می‌شوند (Asfaw et al., 2019). تغییرپذیری و تغییرات اقلیمی، توانایی کشاورزان در تصمیم‌گیری‌های راهبردی کشاورزی از کاشت بذر تا برداشت را بسیار محدود می‌نماید

[1] Parliament Library and Reference, Research, Documentation and Information Service

[2] Asian Development Bank Institute

DOI: 10.22125/agmj.2024.395251.1150

(Shrestha et al., 2022). مطالعات نشان می‌دهد که اثرات تغییر اقلیم، به‌ویژه در تولید محصولات کشاورزی، بنا به شرایط خاص هر منطقه متفاوت است و کاهش عملکرد ۵ تا ۷ درصدی در چندین محصول مهم (ازجمله غلات) با افزایش ۱ درجه سانتی‌گراد قابل‌انتظار است (Wassmann et al., 2010; Sultana et al., 2009) و حتی در گندم پیش‌بینی‌شده است با افزایش دما به میزان ۲ درجه سانتی‌گراد، عملکرد این محصول بیشتر از ۱۵ درصد کاهش یابد (Ahmad et al., 2015). به‌منظور افزایش امنیت غذایی در هر منطقه در دوره‌های آتی، لازم است تا از پیش، اثرات تغییر اقلیم بر کشاورزی هر منطقه شناخته شود (Mehrazar et al., 2018). گندم زراعی (Triticum aestivum) از عمده‌ترین محصولات کشاورزی ایران و تأمین‌کننده بیشترین نیاز غذایی کشور و منبع تأمین حدود ۴۷ درصد از کالری مصرفی سرانه کشور می‌باشد (Hosseini et al., 2007). تقریباً ۲۱ درصد از غذاهای جهان به محصولات گیاه استراتژیک گندم بستگی دارد که در ۲۰۰ میلیون هکتار محصولات زراعی در سراسر جهان کشت می‌شوند (FAO, 2016). گندم از دسته گیاهان سه کربنه (C3) است که در این دسته از گیاهان؛ افزایش CO_2، باعث افزایش فرآیند فتوسنتز و کاهش تعرّق می‌شود که هر دو عامل، باعث سرعت بخشیدن به رشد گیاهان C3 می‌شود. اما افزایش غلظت دی اکسیدکربن که بیشترین سهم را در گرم شدن کره زمین دارد، اثر سودمند افزایش CO_2 را خنثی خواهد کرد (Motha and Baier, 2005; Amirnejad and Asadpour Kordi, 2017). در ایران کشت گندم دیم بیشتر در مناطقی که بارندگی سالیانه آن ۲۵۰ میلی متر باشد، کشت می‌شود. بیشتر سطح دیمکاری در ایران با بارندگی سالیانه بین ۲۵۰ تا ۴۰۰ میلی متر در طی ماه های سپتامبر تا ژوئن (مهر تا خرداد) می‌باشند. نیازهای اقلیمی گندم به شرایط آب و هوایی برای سه دورهٔ عمده رویش مخصوص محصولات زمستانی دورهٔ پاییز، دورهٔ زمستان، دورهٔ تجدید رویش (فصل بهار) تا مرحلهٔ رسیدن محصول است (Farajzadeh et al., 2021). کشور ایران در اقلیم خشک مدیترانه‌ای قرارگرفته و در مقابل تغییرات اقلیمی آسیب‌پذیر است و نقشه‌های هم‌دمای ماهانه نیز نشان می‌دهد که در ۵۰ سال گذشته دمای کشور افزایش یافته است (Aliahmadi et al., 2021). در ایران نیز مطالعات فراوانی در این زمینه انجام‌شده است که از جمله می‌توان به نتایج مطالعه Mahmoodi and Parhizkari (2016) در زمینه اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات، الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان در دشت قزوین اشاره نمود. نتایج این مطالعه نشان داد تغییرات دما و بارش اثر معنی‌داری بر عملکرد محصولات مورد مطالعه دارد و با اعمال سناریو یک درجه افزایش دما و ۱۰ میلی‌متر کاهش بارش، عملکرد جو، ذرت، چغندرقند و یونجه به ترتیب ۱۵، ۲۴، ۱۳ و ۱۷ درصد افزایش و عملکرد گندم، گوجه‌فرنگی و کلزا به ترتیب ۲۹، ۲۰ و ۲۳ درصد کاهش می‌یابد. به همین ترتیب، نتایج پژوهش Koocheki and Nasiri mahalati (2016) در زمینه تأثیر اقلیم بر کشاورزی ایران حاکی از کاهش میانگین عملکرد گندم، ذرت، نخود و چغندر به ترتیب به میزان ۱۸/۶، ۱۹/۱، ۶/۶ و ۲۰ درصد بوده است. مطالعه‌ای که توسط Saei (2021) در زمینه اثر تغییرات کوتاه و بلندمدت اقلیمی بر عملکرد گندم دیم در استان کرمان انجام شد، نشان داد که در بلندمدت بین دو متغیر اقلیمی و عملکرد گندم دیم رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد. Farajzadeh et al., (2021) نیز اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصول گندم در گستره ملی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در گندم آبی، قسمت شرقی، مرکزی، شمال شرقی و قسمتی از جنوب غرب کشور با کاهش ۲۰ تا ۳۵ درصد عملکرد مواجه خواهند بود. در بحث گندم دیم، همه ایستگاه‌های واقع در شمال غرب با ۳۷-۳۰ درصد، قسمتی از جنوب غرب و جنوب کشور با ۳۵-۲۸ درصد، روند کاهش عملکرد را تجربه خواهند نمود و نیمه جنوب شرق و شمال شرق با افزایش ۴۷-۴۲ درصدی عملکرد مواجه خواهند شد. به‌طورکلی کاهش عملکرد گندم در مناطق شمال غربی و جنوب غربی نسبت به نواحی غربی بیشتر خواهد بود. در ایران در حدود ۶/۳ میلیون هکتار گندم کشت می‌شود که ۲/۱ میلیون هکتار آن کشت آبی و ۴/۲ میلیون هکتار آن کشت دیم می‌باشد. در سال زراعی ۹۹-۱۴۰۰ کل تولید گندم کشور به ۱۱/۱ میلیون تن رسید. از این مقدار ۶۹/۲ درصد در شرایط آبی (به طور متوسط ۳۵۹۹ کیلوگرم در هکتار) و ۳۰/۷ درصد در شرایط دیم (به طور متوسط ۸۲۹ کیلوگرم در هکتار) تولید گردید. مناطق دیم کشور به سه قسمت سرد (۶۰ درصد)، معتدل (۱۰ درصد) و گرم (۳۰

درصد) تقسیم می‌شود. طبق آمار ارائه شده از سوی وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۹۹-۱۴۰۰، سطح زیر کشت گندم دیم در استان گیلان ۹۳۲۸ هکتار (۹۸ درصد کل سطح زیر کشت گندم)، متوسط تولید آن ۱۰۰۹ کیلوگرم در هکتار و کل تولید گندم دیم بالغ بر ۹۴۱۱ تن در سال است (Agricultural statistics, 2021). این در حالی است برابر هدف برنامه پنجم توسعه در تولید محصولات زراعی استان گیلان، دستیابی به میانگین ۱۹۰۰۰ تن تولید گندم دیم در سطحی معادل ۱۵۰۰۰ هکتار از اراضی دیم استان پیش‌بینی شده است. براین اساس، عملکرد گندم دیم در واحد سطح اراضی دیم استان باید به بیش از ۱۲۶۰ کیلوگرم ارتقاء یابد. با توجه به تفاوت ۲۲ درصدی متوسط عملکرد گندم دیم در استان گیلان نسبت به هدف پیش بینی شده در برنامه پنجم، ضرورت توجه به عوامل مؤثر در ارتقای سطح تولید گندم استان و رفع موانع موجود را بیش از پیش مشخص می‌سازد (Gholami et al., 2013). شهرستان رودبار با وسعت ۲۶۱۶ کیلومتر مربع یکی از بزرگ‌ترین شهرستان‌ها؛ (حدود ۱۸ درصد از کل مساحت استان) در جنوبی‌ترین منطقه گیلان است که به علت وجود کوه‌های بلند، دامنه‌های پُرشیب و بارندگی کم؛ با اقلیمی متفاوت از سایر نقاط استان و میکروکلیمایی خاص که دارای سه نوع خاک جنگلی با عمق کم، خاک کوهپایه ای و خاک جلگه‌ای است، مستعد کشت گندم می باشد. رودبار با ۷۰۰۰ هکتار سطح زیر کشت گندم؛ ۴۴۰۰ کشاورز گندم‌کار و تولید حدود ۱۴ هزار تن محصول گندم، بزرگترین تولید کننده گندم در استان گیلان است. همچنین برداشت گندم در شهرستان رودبار حدود ۵۴ درصد از کل سطح زیر کشت گندم استان گیلان را به خود اختصاص داده است (Agricultural statistics, 2021). بنابراین مطالعه حاضر با توجه به نوع اقلیم منطقه و این مهم که شهرستان رودبار بیشترین سهم را از تولید گندم استان (حدود ۶۰ درصد) دارد، ضرورت مطالعه اثرات تغییر اقلیم بر تولید گندم بیش از پیش احساس می‌گردد. همچنین بررسی مطالعات پیشین در مورد موضوع مطالعه نشان از آن دارد که پژوهشی با هدف مدلسازی اثرات تغییر اقلیم بر تولید گندم در منطقه مورد اشاره (شهرستان رودبار) انجام نگرفته است. بنابراین، این مطالعه به دنبال کمی‌سازی اثرات دما و بارش بر میزان تولید گندم به تفکیک دیم و آبی در شهرستان رودبار خواهد پرداخت.

مواد و روش‌ها

داده‌ها

مطالعه حاضر به دنبال بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تولید گندم در شهرستان رودبار استان گیلان طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۷۹ است. از این‌رو در پژوهش حاضر از سه متغیر اقلیمی میانگین دما، میانگین بارش و میانگین رطوبت نسبی استفاده شده که داده‌های آن از ایستگاه هواشناسی منجیل دریافت شد. نوع اقلیم منطقه در سیستم دمارتن گسترش یافته نیمه خشک می‌باشد (Khalili et al., 2022). ایستگاه هواشناسی همدیدی (سینوپتیک) منجیل، ایستگاهی بین‌المللی است و به صورت ۲۴ ساعته به پایش اطلاعات هواشناسی می پردازد و در آن، عوامل مختلف جوی از قبیل دما، مقدار و نوع ابر، مقدار بارندگی، سمت و سرعت باد، تبخیر، فشار، ساعت‌های آفتابی و میزان تابش خورشید بر اساس دستورالعمل‌های مشخص اندازه‌گیری می‌شود. این ایستگاه در سال ۱۳۷۱ در موقعیت جغرافیایی ۴۹ درجه و ۲۴ دقیقه و ۳۶ ثانیه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه و ۴۲/۴ ثانیه عرض شمالی در ارتفاع ۳۳۸/۳ متر از سطح دریا تأسیس شده است. میانگین سالانه بارندگی، رطوبت و دمای آن به ترتیب ۲۱۴/۸ میلی‌متر، ۶۰/۴ درصد و ۱۷/۹ درجه سانتیگراد می‌باشد. همچنین متغیرهای تولید گندم به تفکیک دیم و آبی و سطح زیر کشت نیز در مدل استفاده‌شده است که داده‌های مرتبط با آن از وزارت جهاد کشاورزی دریافت شده است. در مدل‌سازی، تمام متغیرها به‌جز رطوبت نسبی در حالت لگاریتمی وارد مدل شده است. همچنین برای مدل‌سازی از نرم‌افزار Eviews12 استفاده شد. در ادامه رهیافت اقتصادسنجی مورد استفاده و آزمون‌های مرتبط با آن شرح داده خواهد شد. در پژوهش حاضر اثرات تغییر اقلیم بر میزان تولید گندم در دو مدل جداگانه (به تفکیک گندم دیم (مدل اول) و گندم آبی (مدل دوم) مورد بررسی قرار گرفته است. برخی از آمارهای توصیفی برای متغیرهای مورد مطالعه (در حالت غیر لگاریتمی) در جدول ۱ نشان داده شده است.

DOI: 10.22125/agmj.2024.395251.1150

جدول ۱- آمار توصیفی داده‌های ۱۳۹۹-۱۳۷۹

Table 1- Descriptive Statistics of the of 2000-2020

Statistics	LPRC (Rainfed)	LPRC (Irrigated)	LHA (ha)	LPER (mm)	LTA (°C)	HU (%)
Mean	8.2	5.3	8.4	5.4	2.9	61.3
Maximum	8.8	6.4	8.9	5.6	2.9	65.0
Minimum	7.4	4.6	7.9	5.1	2.8	57.0
Std. Dev.	0.4	0.5	0.3	0.2	0.0	2.3
Skewness	-0.2	0.4	-0.3	-0.6	-0.2	-0.1
Kurtosis	2.1	3.0	1.9	2.7	2.0	2.2

LPRC (Rainfed): تولید گندم دیم[1]؛ LPRC (Irrigated): تولید گندم آبی[2]؛ LHA: سطح زیر کشت گندم دیم[3]؛ LPER: میانگین بارش[4]؛ LTA: میانگین دما[5]؛ HU: میانگین درصد رطوبت[6]

رهیافت ARDL[7]

در این مطالعه از الگوی خود رگرسیونی با وقفه‌های توزیعی (ARDL) که توسط (Pesaran et al., 2001) توسعه داده‌شده است، جهت تخمین مدل و بررسی روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت میان متغیرهای مورد مطالعه استفاده شد. این روش، مزیت‌های زیادی نسبت به سایر روش‌های مشابه داشته و لذا به‌طور گسترده مورداستفاده قرار می‌گیرد. مهم‌ترین مزیت روش (ARDL) قابلیت استفاده از آن برای بررسی روابط بین متغیرها صرف‌نظر از مانا یا نا مانا بودن آن‌ها است. به‌عبارتی‌دیگر در حالتی که متغیرها I(0)، I(1) و یا ترکیبی از این دو حالت باشند نیز می‌توان از رهیافت ARDL استفاده کرد (Nasrullah et al., 2021). این رهیافت برای بررسی روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت میان متغیرها در نمونه‌های کوچک بسیار مناسب و کارا است (Rafindadi and Ozturk, 2017, Nasrullah et al., 2021). همچنین در این مدل، امکان واردکردن متغیرها با وقفه‌های متفاوت در مدل وجود دارد، درحالی‌که در مدل‌های سنتی این امکان وجود ندارد (Harvie and Pahlavani, 2006). همچنین در این روش، علاوه بر امکان محاسبه روابط بلندمدت بین متغیرها، امکان محاسبه روابط پویا و کوتاه‌مدت نیز وجود دارد. ضمن آن‌که سرعت تعدیل عدم تعادل کوتاه‌مدت (ECM)[8] در هر دوره، برای رسیدن به تعادل بلندمدت نیز قابل‌محاسبه است (Ahmad and Du, 2017). این روش همچنین قادر به رفع مشکلات مربوط به حذف متغیر و خودهمبستگی است و به دلیل اینکه این مدل‌ها عموماً عاری از مشکلاتی همچون خودهمبستگی سریالی و درون‌زایی هستند، تخمین‌های به‌دست‌آمده از آن‌ها ناریب و کارا خواهد بود (Akalpler and Hove, 2019). الگوی ARDL در پژوهش حاضر به شکل معادله ۱ خواهد بود.

$$\begin{aligned}\Delta \ln PRC &= \alpha_0 + \sum_{j=1}^{n} b_j \, \Delta \ln PRC_{t-j} \\ &+ \sum_{j=0}^{n} c_j \, \Delta \ln TA_{t-j} + \sum_{j=0}^{n} d_j \, \Delta \ln PER_{t-j} \\ &+ \sum_{j=0}^{n} e_j \, \Delta HU_{t-j} + \sum_{j=0}^{n} f_j \, \Delta \ln CA_{t-j} \\ &+ \delta_1 \ln PRC_{t-1} + \delta_2 \ln TA_{t-1} + \delta_3 \ln PER_{t-1} \\ &+ \delta_4 HU_{t-1} + \delta_5 \ln CA_{t-1} + \varepsilon_t\end{aligned} \qquad (۱)$$

b_j، c_j، d_j، e_j، f_j ضرایب تخمین کوتاه‌مدت (به ترتیب برای متغیرهای تولید گندم، میانگین دما، میانگین بارش، رطوبت نسبی و سطح زیر کشت) و δ_1، δ_2، δ_3، δ_4، δ_5، ضرایب تخمین بلندمدت در روش ARDL می‌باشند. ε_t نیز نرخ تعدیل را نشان می‌دهد.

نتایج و بحث

آزمون ریشه واحد

پیش‌از این اشاره گردید که به جهت استفاده از رهیافت خود رگرسیونی با وقفه‌های توزیعی نیاز است که نسبت به درجه انباشتگی متغیرها اطمینان حاصل شود. به همین

[1] Wheat production - Rainfed
[2] Wheat production - Irrigated
[3] Average temperature
[4] Average precipitation
[5] Humidity
[6] Cultivated area
[7] Autoregressive Distributed Lag
[1] Error Correction Model

جهت از آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته [1](ADF) استفاده گردید. مطابق با نتایج جدول ۲ و با توجه به میزان احتمال، متغیرهای تولید گندم دیم (LPRC)، میانگین رطوبت نسبی (HU) و سطح زیر کشت (LCA) در سطح نامانا بوده و با یک‌بار تفاضل‌گیری مانا شده‌اند؛ بنابراین این سه متغیر I(1) هستند. متغیرهای میانگین دما (TA) و بارش نیز (LPER) در سطح مانا هستند. نتایج آزمون ریشه واحد مدل دوم در جدول ۳ ارائه شده است. همانند مدل ۱، با توجه به میزان احتمال، متغیرهای تولید گندم آبی (LPRC)، میانگین رطوبت نسبی (HU) و سطح زیر کشت (LCA) در سطح نامانا هستند، بنابراین این سه متغیر I(1) هستند. همچنین متغیرهای میانگین دما (TA) و بارش (LPER) در سطح مانا و به عبارتی دیگر I(0) هستند.

جدول۲- آزمون ریشه واحد مدل اول (گندم دیم)

Table 2- Unit root test for model 1 (Rainfed Wheat)

Variable	ADF Test		Outcome
	Statistic in level	First Differences	
LPRC[2]	-1.93 (0.59)	-3.84 (0.04)	I_1
LTA	-3.83 (0.03)	-	I_0
LPER	-4.9 (0.00)	-	I_0
HU	-3.25 (0.1)	-8.01 (0.00)	I_1
LCA	-1.53 (0.75)	-3.4 (0.09)	I_1

Notice: The values in parentheses indicate the probability

جدول۳- آزمون ریشه واحد مدل دوم (گندم آبی)

Table 3- Unit root test for model 2 (Irrigated Wheat)

Variable	ADF Test		Outcome
	Statistic in level	First Differences	
LPRC	-3.05 (0.16)	-4.77 (0.03)	I_1
LTA	-3.83 (0.03)	-	I_0
LPER	-4.9 (0.00)	-	I_0
HU	-3.25 (0.1)	-8.01 (0.00)	I_1
LCA	-2.51 (0.31)	-4.35 (0.05)	I_1

Notice: The values in parentheses indicate the probability

نتایج تخمین الگوی کوتاه‌مدت مدل اول که در جدول ۴ ارائه شده، بیانگر این است که در کوتاه‌مدت میان تمامی متغیرهای دما، بارش، رطوبت نسبی، سطح زیر کشت و تولید گندم دیم رابطه معنادار برقرار است. در کوتاه‌مدت با افزایش یک‌درصدی میانگین دما، تولید گندم ۲/۳ درصد کاهش خواهد یافت. دمای زیاد سبب افزایش تبخیر تعرق گیاه و تنش آبی می‌گردد، در نتیجه سبب چروکیده شدن دانه‌ها و کاهش وزن هزار دانه شده و در نهایت عملکرد در واحد سطح را نیز کاهش می‌دهد (Bjorkman et al., 1980). دما مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده طول دوره رشد و نمو گیاهان زراعی است. ولی با افزایش دما، رشد و نمو تسریع یافته و طول دوره زندگی گیاه کاهش می‌یابد که این موضوع، یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد در مناطق گرم است (Aggrawel, 1991). اثر متغیرهای اقلیمی بارش و رطوبت بر تولید گندم مثبت است. به‌طوری‌که با افزایش یک درصدی میانگین بارش و رطوبت، میزان تولید به ترتیب ۰/۴۵ درصد و ۰/۰۹ واحد افزایش می‌یابد. در نهایت اثر سطح زیر کشت بر تولید گندم دیم نیز مثبت بوده و افزایش یک‌درصدی آن منجر به افزایش تولید به میزان ۱/۴۸ درصد خواهد گردید. Azizi and Yarahmadi (2003) با بررسی ارتباط بین پارامترهای اقلیمی و عملکرد گندم دیم در دشت سیلاخور استان لرستان بیان کردند که ارتباط مستقیمی بین عملکرد گندم و متغیرهای مقدار بارش پائیز و تعداد روزهای بارانی دوره مرطوب سال و ارتباط معکوس بین تعداد روزهای یخبندان بهار و تأخیر در اولین بارش پاییز و عملکرد گندم دیم در این منطقه وجود دارد و تنها ۴۷ درصد از تغییرات عملکرد گندم توسط متغیرهای اقلیمی برآورد شده است. Sharatt (2003) به منظور تعیین مهم‌ترین عوامل اقلیمی مؤثر بر تولید گندم، جو و یولاف در منطقه‌ی آلاسکا مطالعه‌ای انجام دادند. بر اساس نتایج آن‌ها عوامل تغییرات تعداد روزهای بین دو بارندگی در یک‌فصل رشد، کمبود بارندگی و دما می‌توانند ۷۰ درصد تغییرات محصول سالیانه را در تمام رقم‌ها توضیح دهد. نتایج تحقیق Mosaedi and Kahe (2008) در استان گلستان نشان می‌دهد که عملکرد گندم دیم با بارندگی ماه‌های خرداد، آبان و آذر و عملکرد جو دیم با ماه‌های اولیه و آخر کشت بیش‌ترین رابطه را دارد. تغییر اقلیم پدیده‌ای جهانی است که کشور ایران هم در معرض وقوع آن قرار دارد. اغلب

[1] Augmented Dickey–Fuller

پیش‌بینی‌های بروز تغییر اقلیم در ایران بیانگر کاهش میزان عملکرد گندم در سال‌های آینده است. در یکی از این موارد با استفاده از روش ریکاردین به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر جنبه‌های اقتصادی تولید گندم در ایران پرداخته شد. برآورد حاصل از پیش‌بینی‌های این تحقیق نشان داد تا ۱۰۰ سال آینده، افزایش دما و کاهش بارندگی موجب کاهش ۴۱ درصدی در بازده کشت گندم در سطح کشور خواهد شد (Vaseghi and Esmaeili, 2008). Zhang (1994) آزمایش‌های متعددی برای تعیین آثار تغییرات دما و بارندگی روی رشد و نمو گندم زمستانه در کشور چین انجام داد. نتایج این پژوهش نشان داد که تغییرات درجه حرارت نسبت به بارندگی از اهمیت بیشتری بر روی عملکرد دانه برخوردار است.

جدول ۴- نتایج تخمین کوتاه مدت ARDL برای مدل اول

Table 4- Results of Short-run ARDL for Model 1 (Dependent Variable: LPRC)

Variable	Coefficient	T-Statistic	Probability
LPRC(-1)	0.21	1.7	0.1
LTA	-2.3**	-2.2	0.04
LPER	0.45*	1.9	0.07
HU	0.09**	2.6	0.02
HU(-1)	0.12**	2.8	0.01
LHA	1.48***	6.02	0.00
LHA(-1)	0.87**	2.3	0.04
ECM(-1)	-0.78***	-5.2	0.00

Note: ***, **, * at the significance level of 1, 5 and 10%.

پیش از بررسی روابط بلندمدت میان متغیرها، بررسی وجود هم جمعی ضروری است. در این پژوهش از آزمون کرانه استفاده‌شده که نتایج آن در جدول ۵ ارائه گردیده است. بیشتر بودن مقدار F نارایان محاسباتی از کرانه‌ها (Nararyan, 2004)، وجود رابطه بلندمدت و هم‌جمعی مشخص را نشان می‌دهد؛ بنابراین با حصول اطمینان از وجود رابطه هم‌جمعی می‌توان نتایج تخمین ARDL در حالت بلندمدت را گزارش کرد.

جدول ۵- آزمون کرانه مدل اول (گندم دیم)

Table 5- Bounds Test for Model 1

F Statistic	I_0 Bound	I_1 Bound	Significant level
3.87	2.45	3.52	10%
	2.86	4.01	5%
	3.25	4.49	2.5%
	3.74	5.06	1%

آماره F نارایان (Narayan)، I_0 Bound کرانه پایین، I_1 Bound کرانه بالا

نتایج آزمون بلندمدت در جدول ۶ قابل مشاهده است. مطابق با نتایج در بلندمدت ارتباط تمامی متغیرها با متغیر وابسته (تولید گندم دیم) معنادار است، چراکه میزان احتمال آن‌ها کمتر از ۰/۰۵ است. متغیر اقلیمی میانگین دما (LTA) اثری منفی بر میزان تولید داشته است. به‌طوری‌که با افزایش یک درصدی دما، میزان تولید گندم دیم ۳/۰۴ درصد کاهش خواهد یافت. اثر متغیرهای میانگین بارش و رطوبت نسبی بر تولید مثبت بوده و با افزایش یک درصدی این متغیرها، تولید گندم دیم به ترتیب ۰/۵۷ درصد و ۰/۲۸ واحد افزایش خواهد یافت. همچنین سطح مشخص گردید که اثر سطح زیر کشت بر تولید گندم دیم نیز مثبت بوده و با افزایش یک‌درصدی آن، میزان تولید گندم دیم ۳/۰۱ درصد افزایش خواهد یافت. Acevedo et al., (1990) بیان کردند که با افزایش دما، دوام هر یک از دوره‌های رشد شامل استقرار گیاهچه‌ها، ظهور برجستگی‌های دوگانه و گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک کاهش می‌یابد، در نتیجه تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه کاهش یافته که این امر موجب کاهش عملکرد دانه می‌گردد. Nichalls (1997) نیز در بررسی تغییرات آب‌وهوا روی عملکرد گندم در استرالیا نشان داد که با افزایش یک درجه حرارت، عملکرد گندم به اندازه ۳ تا ۵ درصد افزایش می‌یابد. افزایش دما نیز می‌تواند عملکرد را کاهش یا افزایش دهد. در صورتی‌که افزایش دما، موجب جابجایی زمان پر شدن دانه به روزهای خنک‌تر و مرطوب‌تر فصل رشد گردد، موجب افزایش ظرفیت فتوسنتزی و تجمع نیتروژن در دانه و افزایش عملکرد می‌شود (Ittersum et al., 2003).

جدول ۶- نتایج آزمون بلندمدت ARDL مدل اول (متغیر وابسته: تولید گندم دیم)

Table 6- Results of Long-run ARDL Model 1 (Dependent Variable: LPRC)

Variable	Coefficient	T-Statistic	Probability
LTA	-3.04**	-2.6	0.02
LPER	0.57**	2.3	0.04
HU	0.28***	4.09	0.00
LHA	3.01***	9.8	0.00

Note: ***, **, * at the significance level of 1, 5 and 10%.

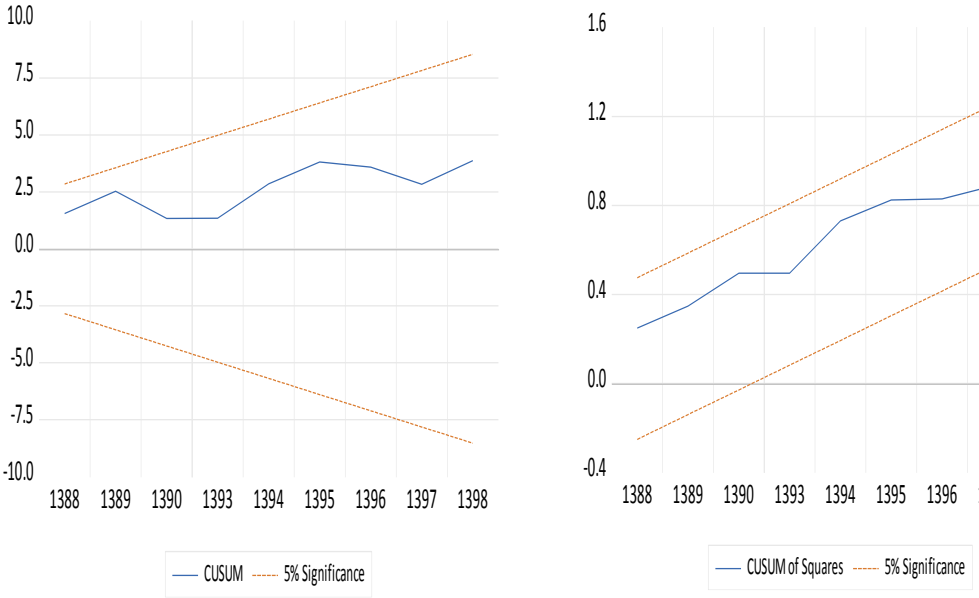
پس از بررسی روابط بلندمدت متغیرها، انجام برخی از آزمون‌ها به جهت حصول اطمینان از نتایج به‌دست‌آمده ضروری است. نتایج آزمون‌های تشخیص در جدول ۷ و آزمون‌های ثبات شامل آزمون مجموع تجمعی جملات پسماند بازگشتی (CUSUM)[1] و مجموع تجمعی مربعات جملات پسماند بازگشتی (CUSUMQ)[2] در شکل ۱ ارائه شده است. هیچ‌کدام از فروض نقض نشده و از بابت صحت نتایج به‌دست‌آمده نگرانی وجود ندارد.

جدول ۷- آزمون‌های تشخیص

Table 7- Diagnostic tests

Test	F-Statistic	Probability	Outcome
Breusch-Godfrey serial correlation LM test	0.23	0.79	No serial correlations
Breusch-Pagan-Godfrey heteroscedasticity test	0.49	0.81	No heteroscedasticity
Ramsey test	0.21	0.65	Correct Functional form
Normality test	0.74	0.68	Normal

مطابق با نمودارهای پسماند (CUSUM) و پسماند تجمعی (CUSUMQ)، مدل برآوردی از ثبات لازم برخوردار است. چراکه شکل هر دو نمودار حد بحرانی را قطع نکرده است و به‌عبارتی دیگر بین حدهای بحرانی در سطح ۵ درصد باقی‌مانده است.



شکل ۱- نمودارهای پسماند و پسماند تجمعی

Figure 1- CUSUM and CUSUMQ Curves

در رهیافت ARDL سرعت (نرخ) تعدیل (ECM) نیز قابل محاسبه است. آنچه در مدل تصحیح خطا مورد توجه است و اهمیت اساسی دارد، ضریب مربوط به ECM(-1) است که سرعت تعدیل فرایند عدم تعادل را نشان می‌دهد. در پژوهش حاضر، این ضریب معادل (۰/۷۸-) به‌دست‌آمده که با توجه به میزان احتمال (کمتر از ۰/۰۵) و منفی بودن مقدار آن، از نظر آماری معنادار و قابل‌اطمینان است (این عدد در انتهای جدول ۳ نشان داده است). از آنجاکه داده‌های مورداستفاده در این پژوهش سالانه است، با توجه به بالا بودن مقدار ضریب می‌توان گفت که مدل از قدرت پیش‌بینی خوبی برخوردار است و بازگشت متغیرها به مسیر تعادلی چیزی نزدیک به یک سال و نیم طول خواهد کشید. در ادامه، نتایج مدل‌سازی اثرات

[1] Cumulative Sum of the Recursive Residuals

[2] Cumulative Sum of the Recursive Residuals Squared

DOI: 10.22125/agmj.2024.395251.1150

تغییرات اقلیم بر تولید گندم آبی ارائه خواهد شد. نتایج تخمین الگوی کوتاه‌مدت مدل دوم که در جدول ۷ ارائه‌شده است. بیانگر این است که در کوتاه‌مدت میان تمامی متغیرهای دما، بارش، رطوبت نسبی، سطح زیر کشت و تولید گندم آبی رابطه معنادار برقرار است. در کوتاه‌مدت افزایش یک درصدی میانگین دما، تولید گندم را ۱/۴ درصد کاهش خواهد یافت. اثر متغیرهای اقلیمی بارش و رطوبت بر تولید گندم مثبت است و با افزایش یک درصدی میانگین بارش و رطوبت، میزان تولید به ترتیب ۰/۴۶ درصد و ۰/۰۷ واحد افزایش می‌یابد. همچنین اثر سطح زیر کشت بر تولید گندم آبی نیز مثبت بوده و افزایش یک درصدی آن منجر به افزایش تولید به میزان ۰/۶۲ درصد خواهد گردید.

جدول ۸- نتایج تخمین کوتاه‌مدت ARDL برای مدل دوم

Table 8- Results of Short-run ARDL for Model 2 (Dependent Variable: LPRC)

Variable	Coefficient	T-Statistic	Probability
LPRC(-1)	-0.14**	-3.5	0.01
LTA	1.4***	-20.1	0.00
LPER	0.46***	5.8	0.07
HU	0.07***	26.8	0.02
LHA	0.62***	7.95	0.00
ECM(-1)	-1.14***	-11.6	0.00

Note: ***, **, * at the significance level of 1, 5 and 10%.

نتایج بررسی آزمون کرانه در جدول ۹ ارائه گردیده است. به علت بیشتر بودن مقدار F محاسباتی از کرانه‌ها، وجود رابطه بلندمدت اثبات می‌گردد.

جدول ۹- آزمون کرانه مدل دوم (گندم آبی)

Table 9- Bounds Test for Model 2

F Statistic	I_0 Bound	I_1 Bound	Significant level
15.06	1.9	3.01	10%
	2.26	3.48	5%
	2.62	3.9	2.5%
	3.07	4.44	1%

نتایج آزمون بلندمدت در جدول ۱۰ قابل‌مشاهده است. مطابق با نتایج در بلندمدت ارتباط تمامی متغیرها با متغیر وابسته (تولید گندم آبی) معنادار است، چراکه میزان احتمال آن‌ها کمتر از ۰/۰۵ است. متغیر اقلیمی میانگین دما (LTA) اثری منفی بر میزان تولید داشته است. به‌طوری‌که با افزایش یک‌درصدی دما، میزان تولید گندم آبی ۱/۲ درصد کاهش خواهد یافت. اثر متغیرهای میانگین بارش (LPER) و رطوبت نسبی (HU) بر تولید مثبت بوده و با افزایش یک‌درصدی این متغیرها، تولید گندم آبی به ترتیب ۰/۴ درصد و ۰/۰۶ واحد افزایش خواهد یافت. همچنین سطح مشخص گردید که اثر سطح زیر کشت (LCA) بر تولید گندم آبی نیز مثبت بوده و با افزایش یک‌درصدی آن، میزان تولید گندم آبی ۰/۵۴ درصد افزایش خواهد یافت.

جدول ۱۰- نتایج آزمون بلندمدت ARDL مدل اول (متغیر وابسته: تولید گندم آبی)

Table 10- Results of Long-run ARDL Model 2 (Dependent Variable: LPRC)

Variable	Coefficient	T-Statistic	Probability
LTA	-1.2***	-11.6	0.00
LPER	0.4***	6.2	0.00
HU	0.06***	28.7	0.00
LHA	0.54***	6.5	0.00

Note: ***, **, * at the significance level of 1, 5 and 10%.

پس از بررسی روابط بلندمدت متغیرها، انجام برخی از آزمون‌ها به جهت حصول اطمینان از نتایج به‌دست‌آمده ضروری است. نتایج آزمون‌های تشخیص در جدول ۱۱ و آزمون‌های ثبات شامل آزمون مجموع تجمعی جملات پسماند بازگشتی (CUSUM) و مجموع تجمعی مربعات جملات پسماند بازگشتی (CUSUMQ) در شکل ۲ ارائه‌شده است. نتایج نشان داد که مدل از ثبات لازم برخوردار است.

جدول ۱۱- آزمون‌های تشخیص

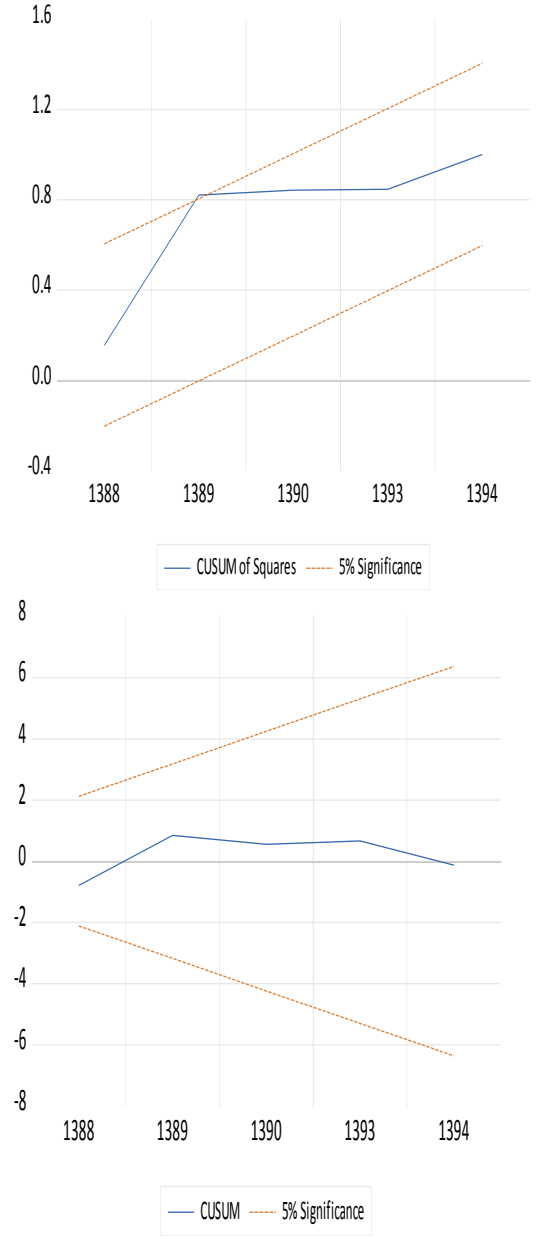
Table 11- Diagnostic tests

Test	F-Statistic	Probability	Outcome
Breusch-Godfrey serial correlation LM test	0.12	0.88	No serial correlations
Breusch-Pagan-Godfrey heteroscedasticity test	0.59	0.7	No heteroscedasticity
Ramsey test	0.89	0.39	Correct Functional form
Normality test	0.12	0.94	Normal

مطابق با نمودارهای پسماند (CUSUM) و پسماند تجمعی (CUSUMQ)، مدل برآوردی به علت عدم قرار گرفتن هر دو

DOI: 10.22125/agmj.2024.395251.1150

نمودار بین حدهای بحرانی در سطح ۵ درصد از ثبات لازم برخوردار است.



شکل ۲- نمودارهای پسماند و پسماند تجمعی
Figure 2- CUSUM and CUSUMQ Curves

در مدل دوم ضریب ECM (۱/۱۴-) به‌دست‌آمده که با توجه به میزان احتمال (کمتر از ۰/۰۵) و منفی بودن مقدار آن، از نظر آماری معنادار و قابل‌اطمینان است (این عدد در انتهای جدول ۸ نشان داده است). وقتی میزان ضریب از ۱ بزرگ‌تر باشد نشان می‌دهد که مدل در بازگشت به تعادل، مسیری نوسانی را طی خواهد کرد.

نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تولید گندم به تفکیک دیم و آبی در شهرستان رودبار استان گیلان با استفاده از رهیافت ARDL بوده است. در مدلسازی انجام شده از سه متغیر اقلیمی میانگین دما، میانگین بارش و میانگین رطوبت نسبی در کنار تولید گندم به تفکیک دیم و آبی و سطح زیر کشت در قالب ۲ مدل جداگانه استفاده شده است. نتایج تخمین الگوی کوتاه‌مدت برای گندم دیم، بیانگر این است که در کوتاه‌مدت میان تمامی متغیرهای دما، بارش، رطوبت نسبی، سطح زیر کشت و تولید گندم دیم رابطه معنادار برقرار است. در کوتاه‌مدت با افزایش یک‌درصدی میانگین دما، تولید گندم ۲/۳ درصد کاهش خواهد یافت. اثر متغیرهای اقلیمی بارش و رطوبت بر تولید گندم مثبت است. به‌طوری‌که با افزایش یک‌درصدی میانگین بارش و رطوبت، میزان تولید به ترتیب ۰/۴۵ درصد و ۰/۰۹ واحد افزایش می‌یابد. درنهایت اثر سطح زیر کشت بر تولید گندم دیم نیز مثبت بوده و افزایش یک‌درصدی آن منجر به افزایش تولید به میزان ۱/۴۸ درصد خواهد گردید. نتایج آزمون بلندمدت برای گندم دیم نشان می‌دهد، در بلندمدت ارتباط تمامی متغیرها با متغیر وابسته (تولید گندم دیم) معنادار است، چراکه میزان احتمال آن‌ها کمتر از ۰/۰۵ است. متغیر اقلیمی میانگین دما اثری منفی بر میزان تولید داشته است. به‌طوری‌که با افزایش یک‌درصدی دما، میزان تولید گندم دیم ۳/۰۴ درصد کاهش خواهد یافت. اثر متغیرهای میانگین بارش و رطوبت نسبی بر تولید مثبت بوده و با افزایش یک‌درصدی این متغیرها، تولید گندم دیم به ترتیب ۰/۵۷ درصد و ۰/۲۸ واحد افزایش خواهد یافت. همچنین سطح مشخص گردید که اثر سطح زیر کشت بر تولید گندم دیم نیز مثبت بوده و با افزایش یک‌درصدی آن، میزان تولید گندم دیم ۳/۰۱ درصد افزایش خواهد یافت. نتایج تخمین الگوی کوتاه‌مدت برای گندم آبی، بیانگر این است که در کوتاه‌مدت میان تمامی متغیرهای دما، بارش، رطوبت نسبی، سطح زیر کشت و تولید گندم آبی رابطه معنادار برقرار است. در کوتاه‌مدت افزایش

یک‌درصدی میانگین دما، تولید گندم را ۱/۴ درصد کاهش خواهد یافت. اثر متغیرهای اقلیمی بارش و رطوبت بر تولید گندم مثبت است و با افزایش یک‌درصدی میانگین بارش و رطوبت، میزان تولید به ترتیب ۰/۴۶ درصد و ۰/۰۷ واحد افزایش می‌یابد. همچنین اثر سطح زیر کشت بر تولید گندم آبی نیز مثبت بوده و افزایش یک‌درصدی آن منجر به افزایش تولید به میزان ۰/۶۲ درصد خواهد گردید. نتایج آزمون بلندمدت برای گندم آبی نشان می‌دهد، در بلندمدت ارتباط تمامی متغیرها با متغیر وابسته (تولید گندم آبی) معنادار است، چراکه میزان احتمال آن‌ها کمتر از ۰/۰۵ است. متغیر اقلیمی میانگین دما اثری منفی بر میزان تولید داشته است. به‌طوری‌که با افزایش یک‌درصدی دما، میزان تولید گندم آبی ۱/۲ درصد کاهش خواهد یافت. اثر متغیرهای میانگین بارش و رطوبت نسبی بر تولید مثبت بوده و با افزایش یک‌درصدی این متغیرها، تولید گندم آبی به ترتیب ۰/۴ درصد و ۰/۰۶ واحد افزایش خواهد یافت. همچنین مشخص گردید که اثر سطح زیر کشت بر تولید گندم آبی نیز مثبت بوده و با افزایش یک‌درصدی آن، میزان تولید گندم آبی ۰/۵۴ درصد افزایش خواهد یافت. به طور کلی و بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، مشخص گردید که دما به عنوان یک متغیر اقلیمی اثر منفی بر میزان تولید گندم در شهرستان رودبار دارد. همچنین، میزان بارش به عنوان دیگر متغیر اقلیمی مورد بررسی در این مطالعه اثر مثبت بر میزان تولید گندم دارد. تغییر اقلیم، به‌عنوان یکی از چالش‌های مهم اثرگذار بر اکوسیستم‌های زمین، ضمن ایجاد محدودیت در تولید محصولات پایدار، بر جنبه‌های اجتماعی و محیط‌زیستی نیز اثر منفی گذاشته است. همچنین تغییرات آب و هوایی از طریق تغییر در متغیرهای اقلیمی مانند دما، بارندگی و رطوبت مستقیماً بر بخش کشاورزی تأثیر خواهد گذاشت. جهت خنثی‌سازی اثرات منفی تغییرات اقلیم، در ابتدا ضروری است که متولیان امر، نسبت به آگاه‌سازی فعالان بخش کشاورزی در روستاها نسبت به اثرات منفی تغییر اقلیم اقدام کنند. در مرحله بعد انتقال دانش مقابله با تغییرات اقلیم از مراکز تحقیقاتی به بخش کشاورزی ضروری است. همچنین کشت ارقام مقاوم به گرما و تنش‌های گرمایی از دیگر سیاست‌هایی است که می‌تواند جهت حفظ میزان تولید در سطحی مطلوب انجام گیرد. بنابراین، پیشنهاد می‌گردد که دولت با افزایش حمایت‌های مالی و تسهیلات، متخصصین را در تولید گونه‌های مقاوم و سازگار با شرایط محیطی و اقلیمی هر منطقه یاری نماید. در نهایت، پیشنهاد می‌گردد که الگوی کشت هر منطقه متناسب با شرایط اقلیمی آن تنظیم گردد تا ضمن مقابله با اثرات سوء تغییرات اقلیم، بهبود عملکرد و افزایش بهره‌وری نیز محقق گردد. این پژوهش با محدودیت‌هایی همچون عدم دسترسی به اطلاعات برخی دیگر از متغیرهای مهم و اثرگذار بر تولید مانند مصرف آب و انرژی که می‌توانستند در مدلسازی به کار گرفته شوند، مواجه بوده است.

منابع

Acevedo, E., Nachit, M. 1990. Effects of heat stress on wheat and possible selection tools for use in breeding for tolerance. In 3. International Conference on Wheat for the Nontraditional Warm Areas. Foz do Iguacu (Brazil).

Aggrawel, P.K. 1991. Simulating growth, development and yield of wheat in warm areas. In: Saunders, D.A. (ed.), Wheat for non-Traditional Warm Areas. CIMMYT, D.F., Mexico, 429-435.

Agricultural Statistics. 2021. Ministry of Agricultural Jihad.

Ahmad, A., M. Ashfaq, G. Rasul, S. A. Wajid, T. Khaliq, F. Rasul, U. Saeed, M. H. Rahman, J. Hussain, I. A. Baig, S. A. A. Naqvi, S. A. A. Bokhari, S. Ahmad, W. Naseem, G. Hoogenboom and R. O. Valdivia. 2015. Impact of climate change on the rice-wheat cropping system of Pakistan. In: C. Rosenzweig and D. Hillel (Ed.), Handbook of Climate Change and Agroecosystems: The Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project Integrated Crop and Economic Assessments. Vol. 2. Imperial College Press, London, pp. 219-258. https://doi.org/10.1142/9781783265640_0019.

Ahmad, N., Du, L. 2017. Effects of energy production and CO2 emissions on economic growth in Iran: ARDL approach. Energy, 123, 521-537.

Akalpler, E., Hove, S. 2019. Carbon emissions, energy use, real GDP per capita and trade matrix in the Indian economy-an ARDL approach. Energy, 168, 1081-1093.

Aliahmadi, N., Hashmitabar, M., Hoseini, S. M. 2021. Assessment of the effect of climate change on the production of horticultural products with a randomized production approach, Case Study:

Amini, T. 2013. The study of grain yield and some agronomic characteristics of wheat genotypes in the rainfed conditions of farmers' fields in Deylaman region (Gilan); Final report of the research project; Dryland Agricultural Research Institute; Registration number and date: 44813. (In Farsi)

Harvie, C., Pahlavani, M. 2006. Sources of economic growth in South Korea: an application of the ARDL analysis in the presence of structural breaks–1980-2005. Working Paper 06-17, Department of Economics, University of Wollongong.

Hosseini, S. M., Siose Marde, A., Fathi, P., Siose Marde, M. 2007. The application of artificial neural networks and multivariate regression in the estimation of rainfed wheat yield in Ghorveh region of Kurdistan province. Agricultural Biotechnology, 7, 41-54.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1996. Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate. Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ipcc_sar_wg_III_full_report.pdf.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Work Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Cambridge, UK: Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg2_full_report.pdf.

Ittersum, V. M., Howden, S., Asseng S. 2003. Sensitivity of productivity and deep drainage of wheat cropping systems in a Mediterranean environment to changes in CO2, temperature and precipitation. Agriculture, Ecosystems & Environment, 97, 255-273.

Khalili. A., Bazrafshan, J., Cheraghalizadeh, M. 2022. A Comparative study on climate maps of Iran in extended de Martonne classification and application of the method for world climate zoning. Journal of Agricultural Meteorology, 10(1): 3-16. (In Farsi). DOI: 10.22125/agmj.2022.156309

Kim, C. G. 2012. The impact of climate change on the agricultural sector: implications of the agro-industry for low carbon, green growth strategy and roadmap for the East Asian Region. A background policy paper for the East Asia Low Carbon Green Growth Roadmap project. https://repository.unescap.org/handle/20.500.12870/4032.

Date product. Agricultural Economics Research, 12(48), 56-82.

Amirnejad, H., Asadpour kordi, M. 2017. Effects of Climate Change on Wheat Production in Iran. Agricultural Economics Research, 9(35), 163-182. (In Farsi)

Asfaw, A., Simane, B., Bantider, A., Hassen, A. 2019. Determinants in the adoption of climate change adaptation strategies: evidence from rainfed-dependent smallholder farmers in north-central Ethiopia (Woleka sub-basin). Environment, Development and Sustainability, 21, 2535-2565.

Asian Development Bank Institute (ADBI). 2009. Agricultural Impact of Climate Change: A General Equilibrium Analysis with Special Reference to Southeast Asia. ADBI Working Paper Series.

Azizi, G., Yarahmadi, D. 2003. Investigating the relationship between climatic parameters and rainfed wheat yield using regression model. Geographical research. 35(1). (In Farsi)

Bjorkman, O., M. R. Badger and P. A. Armond. 1980. Response and adaptation of photosynthesis to high temperature. In N.C. Turner and P. J. Kramer (ed.) Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress. John Wiley and Sons. New York. 233-249.

Bruinsma, J. 2003. World Agriculture: Towards 2015/2030: An FAO Perspective. UK: Earthscan. https://www.fao.org/3/y4252e/y4252e.pdf.

Challinor, A. J., Wheeler, T. R., Slingo, J. M., & Hemming, D. 2005. Quantification of physical and biological uncertainty in the simulation of the yield of a tropical crop using present-day and doubled CO2 climates. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 360(1463), 2085-2094.

Cline, W. R. 2007. Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country. Washington: Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics, 250pp.

FAO. 2016. Wheat Production and Regional Food Security in CIS: The Case of Belarus, Turkmenistan, and Uzbekistan. Policy Studies on Rural Transition No. 2016-1.

FAO.2022. FAO strategy on climate change 2022–2031. https://www.fao.org/3/cc2274en/cc2274en.pdf

Farajzadeh, M., Ghavidel Rahimi, Y., & Asadzadeh, B. 2021. The evaluation of climate change effects on wheat yield in Iran. Climate Change Research, 2(6), 1-18. doi: 10.30488/ccr.2021.261267.1031

Gholami, M., Bonyadi, I., Adibi, S., Yahyazadeh, J., Rostaei, M., Takreimi, S. M., Mostafavi Rad, M., Nobahar, M., Mirhosseini Moghadam, S. A.,

of Food and Agriculture, 32(6): 397-407. doi: 10.9755/ejfa. 2020.v32.i6.2111.

Parliament Library and Reference, Research, Documentation and Information Service (LARRDIS). 2014. Impact of Climate Change on Agriculture. REFERENCE NOTE. No. 2 /RN/Ref. / November /2014. https://loksabhadocs.nic.in/Refinput/New_Reference_Notes/English/climate_change.pdf.

Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. 2001. Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. Journal of applied econometrics, 16(3), 289-326.

Porter, J. R., Semenov, M. A. 2005. Crop responses to climatic variation. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 360(1463), 2021-2035. https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1752.

Porter, J. R., Xie, L., Challinor, A. J., Cochrane, K., Howden, S. M., Iqbal, M. M., Lobell, D. B., Travasso, M. I. 2014. Food security and food production systems. Cambridge University Press

Rafindadi, A. A., Ozturk, I. 2017. Impacts of renewable energy consumption on the German economic growth: Evidence from combined cointegration test. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 75, 1130-1141.

Saei, M. 2021. Effect of short- and long-term climate variations on rainfed wheat yield in Kerman province. Journal of Agricultural Meteorology, 9(1), 26-37. doi:10.22125/agmj.2021.240481.1099. (In Farsi)

Schlenker, W., Lobell, D. B. 2010. Robust negative impacts of climate change on African agriculture. Environmental Research Letters, 5(1), 014010. DOI 10.1088/1748-9326/5/1/014010.

Schleussner, C. F., Lissner, T. K., Fischer, E. M., Wohland, J., Perrette, M., Golly, A., Rogelj, J., Childers, K., Schewe, J., Frieler, K. 2016. Differential climate impacts for policy relevant limits to global warming: The case of 1.5 C and 2 C. Earth system dynamics, 7(2), 327-351.

Sharratt, B. S., Knight, C. W., Wooding, F. R. A. N. K. 2003. Climatic impact on small grain production in the subarctic region of the United States. Arctic, 219-226.

Shrestha, R., Rakhal, B., Adhikari, T. R., Ghimire, G. R., Talchabhadel, R., Tamang, D., KC, R., Sharma, S. 2022. Farmers' Perception of Climate Change and Its Impacts on Agriculture. Hydrology, 9(12), 212. https://doi.org/10.3390/ hydrology9120212.

Sultana, H. N., Ali, M. M., Iqbal A. M., Khan. 2009. Vulnerability and adaptability of wheat production in different climatic zones of Pakistan under

Koocheki, A., Nasiri mahalati, M. 2016. Climate Change Effects on Agricultural Production of Iran: II. Predicting Productivity of Field Crops and Adaptation Strategies. Iranian Journal of Field Crops Research, 14(1), 1-20. doi: 10.22067/gsc.v14i1.51157. (In Farsi).

Landau S., Mitchell R.A.C., Barnett V., Colls J.J., Craigon J., Moore K.L and Payne R.W. 2000. A parsimonious, multiple-regression model of wheat yield response to environment. Agricultural and Forest Meteorology, 101:151–166.

Mahmoodi, A., Parhizkari, A. 2016. Economic Analysis of the Climate Change Impacts on Products Yield, Cropping Pattern and Farmer's Gross Margin (Case Study: Qazvin Plain). Economic Growth and Development Research, 5(17(3)), 40-25. (In Farsi).

Mehrazar, A., Massah Bavani, A., 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. doi: 10.22055/jise.2018.13747. (In Farsi)

Mosaedi, A., Kahe, M, 2008. Investigating the effect of rainfall on the yield of wheat and barley crops in Golestan province. Agricultural sciences and natural sciences, 15(4), 206-218. (In Farsi)

Narayan, P. (2004). Reformulating critical values for the bounds F-statistics approach to cointegration: an application to the tourism demand model for Fiji (Vol. 2, No. 04). Australia: Monash University.

Nasrullah, M., Rizwanullah, M., Yu, X., Jo, H., Sohail, M. T., Liang, L. 2021. Autoregressive distributed lag (ARDL) approach to study the impact of climate change and other factors on rice production in South Korea. Journal of water and climate change, 12(6), 2256-2270.

Nichalls. N.1997. Increased Australian wheat yield due to recent climate trend. Journal of Nature. No: 387, 484-485.

Nkemelang, T., New, M., & Zaroug, M. 2018. Temperature and precipitation extremes under current, 1.5 C and 2.0 C global warming above pre-industrial levels over Botswana, and implications for climate change vulnerability. Environmental Research Letters, 13(6), 065016.

Nordhaus, W. D. 1991. To slow or not to slow: The economics of the greenhouse effect. The Economic Journal. 101, pp. 920–937.

Pais, Isabel P., Reboredo, Fernando, H., Ramalho, José C., Pessoa, Maria F., Lidon, Fernando C. and Silva, Maria M. 2020. Potential impacts of climate change on agriculture - A review. Emirates Journal

World Bank. 2008. The Growth Report: Strategies for Sustained Growth and Inclusive Development, Conference Edition. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/6507/449860PUB0Box3101OFFICIAL0USE0ONLY1.pdf.

Zhang, Y. 1994. Numerical Experiments for The Impacts of Temperature and Precipitation on The Growth and Development of Winter Wheat. Journal of Environment Science, 5:194-200.

Zseleczky, L., Yosef, S. 2014. Are shocks really increasing? A selective review of the global frequency, severity, scope, and impact of five types of shocks. Conference paper5. https://www.fsnnetwork.org/sites/default/files/2020resilienceconfpaper05.pdf

climate change scenarios. Climate Change. 94, 123-142.

The world Bank. 2008. Climate Change Response Strategies for Agriculture: Challenges and Opportunities for the 21st Century. Agriculture and Rural Development Discussion Paper 42.

Vaseghi, E., Esmaeili, A. 2008. Investigation of the Economic Impacts of Climate Change on Iran Agriculture: A Ricardian Approach (Case study: Wheat). JWSS-Isfahan University of Technology,12 (45) :685-696. (In Farsi)

Wassmann, R., Nelson, G. C., Peng, S. B., Sumfleth, K., Jagadish, S. V. K., Hosen, Y., Rosegrant, M. W. 2010. Rice and global climate change. Rice in the global economy: strategic research and policy issues for food security, 411-432.

Journal of Agricultural Meteorology
(Iranian Soc. of Water and Irrig. Eng.)
Vol. 12, No. 1, Spring & Summer 2024, pp. 35-49
DOI: 10.22125/agmj.2024.395251.1150

نشریه هواشناسی کشاورزی
(وابسته به انجمن مهندسی آبیاری و آب ایران)
جلد ۱۲، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۳، صص.۴۹-۳۵
مقاله علمی پژوهشی

Modeling the effects of climate change on rainfed and irrigated wheat production in Gilan province

S. M. Mahdavian[1], F. Askari Bozayeh[1*], M. Gholami[2], S. Sobhezahedi[1], F. Shabanzadeh[3]

Received: 15/01/2023
Accepted: 17/04/2023

Abstract
Climate change, as one of the important challenges affecting the earth's ecosystems, while creating limitations in the production of sustainable products, has also had a negative impact on social and environmental aspects. Also, climate change will directly affect the agricultural sector through changes in climatic variables such as temperature, rainfall and humidity. Thus, in the current research, the effects of climate change on wheat production separately from rainfed and irrigated in Rudbar city of Gilan province will be investigated. For this reason, the data of Manjil meteorological station and the agricultural statistics of Rudbar city during the years 1379-1399 and the econometric approach of ARDL have been used. The results showed that the type of influence of climate variables average temperature, average precipitation and relative humidity on the amount of rainfed and irrigated wheat production in the long term is significant and similar; However, the effect of the mentioned variables on the production of rainfed wheat was more than that of irrigated wheat. So, with a one percent increase in the average temperature, the amount of rainfed and irrigated wheat production will decrease by 3.04 and 1.2 percent, respectively. Also, with a 1% increase in rainfall, the amount of rainfed and irrigated wheat production will increase by 0.57% and 0.4%, respectively. On the other hand, with an increase of one unit of relative humidity, the amount of rainfed and irrigated wheat production will increase by 0.28 and 0.06 units. In order to reduce the negative effects of climate change, it is suggested to inform producers about the consequences of climate change and to cultivate resistant species suitable for the climate of each region.

Keywords: Modeling, Climate Change, Wheat, Temperature, Precipitation

[1] Researcher, Economic, Social and Extension Research Department, Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran (*Corresponding Author Email Address: askari.fbz@gmail.com)
[2] Assistant Professor, Crop and Horticulture Department, Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
[3] Responsible for statistics and data of the General Directorate of Meteorology of Gilan Province

نحوه ارجاع مقاله:
مهدویان، س. م.، عسکری بزایه، ف.، غلامی، م.، صبح زاهدی، ش.، شعبان زاده، ف. ۱۴۰۳. بررسی اثرات نوسانات اقلیمی بر تولید گندم دیم و آبی منطقه رودبار استان گیلان. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۲(۱): ۴۹-۳۵. DOI: 10.22125/agmj.2024.395251.1150
Mahdavian, S. M., Askari Bozayeh, F., Gholami, M., Sobhezahedi, S., Shabanzadeh, F. 2024. Modeling the effects of climate change on rainfed and irrigated wheat production in Gilan province. Journal of Agricultural Meteorology, 12(1): 35-49. DOI: 10.22125/agmj.2024.395251.1150