نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و ششم، شماره چهارم، ۱۳۹۸
۱۷۷-۱۸۹
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2019.15888.2423

پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر تولید و عملکرد سبزیجات در استان هرمزگان (مطالعه موردی: پیاز و گوجه‌فرنگی)

*صدیقه پرون[۱]، غلامرضا یاوری[۲] و مریم رضازاده[۳]

[۱]گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران، [۲]دانشیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران،
[۳]استادیار دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱٤

چکیده

سابقه و هدف: بخش کشاورزی، تأثیرپذیرترین زیرمجموعه اقتصاد نسبت به نوسانات اقلیمی است. تغییر اقلیم از عوامل ناپایدار مؤثر بر عملکرد محصولات کشاورزی است. بنابراین شناخت متغیرهای آب و هوایی و اثر آن‌ها روی گیاهان زراعی یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در افزایش عملکرد و به تبع آن بالا بردن تولید می‌باشد. تولید سبزیجات در سطح جهان به‌عنوان حرفه‌ای درآمدزا، در بهبود سطح اقتصاد عمومی کشورها بسیار مؤثر است. عدم استفاده مناسب از امکانات بالقوه اقلیمی سبب تخریب منابع طبیعی و هدر رفتن سرمایه‌های ملی می‌گردد. هدف از انجام این مطالعه ارزیابی عملکرد و تولید دو محصول پیاز و گوجه‌فرنگی در اثر تغییر اقلیم در استان هرمزگان و پیش‌بینی آن‌ها برای سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۱۰۰ می‌باشد.

مواد و روش‌ها: به این منظور برای برآورد دقیق‌تر تابع واکنش عملکرد سبزیجات به مؤلفه‌های اقلیمی، با استفاده از شاخص‌های اقلیمی استان هرمزگان به دو منطقه اقلیمی، منطقه (۱) شامل شهرستان‌های میناب، حاجی‌آباد و رودان و منطقه (۲) شامل شهرستان‌های بندرلنگه، بندرعباس، قشم و جاسک پهنه‌بندی شد. تابع واکنش عملکرد دو محصول پیاز و گوجه‌فرنگی در دو منطقه مورد مطالعه به کمک روش داده‌های تابلویی با استفاده از نرم‌افزار Eviews برآورد گردید سپس با استفاده از سناریوهای پیش‌بینی آب و هوا، عملکرد و تولید سبزیجات (پیاز و گوجه‌فرنگی) برای سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۱۰۰ پیش‌بینی شد. داده‌های کشاورزی و آب و هوا طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۹٦ جمع‌آوری گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که عامل دما تأثیر عکس و عامل بارندگی و رطوبت تأثیر مستقیم بر عملکرد محصول پیاز و گوجه‌فرنگی دارد. مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر محصول پیاز در هر دو منطقه (۱) و (۲) مورد مطالعه دما و بر محصول گوجه‌فرنگی در منطقه (۱) رطوبت و در منطقه (۲) عامل دما و رطوبت از نظر شدت تأثیرگذاری تقریباً یکسان با این تفاوت که دما اثر منفی و بارندگی اثر مثبت بر عملکرد دارد. اثر منفی دما بر عملکرد محصول پیاز بالاتر از محصول گوجه‌فرنگی به‌دست آمد. اثر منفی دما بر محصول پیاز در منطقه (۲) از شدت بالاتری نسبت به منطقه (۱) برخوردار است. پیش‌بینی عملکرد تا سال ۲۱۰۰ نشان داد که محصول پیاز از شدت کاهش عملکرد بالاتری نسبت به محصول گوجه‌فرنگی برخوردار است. در دو منطقه مورد مطالعه کاهش عملکرد در منطقه (۲) بالاتر از منطقه (۱) می‌باشد. در مقابل عملکرد محصول گوجه‌فرنگی در منطقه (۱) بالاتر از منطقه (۲) است. متناسب با کاهش عملکرد دو محصول، کاهش تولید را در دو منطقه برای هر دو محصول تا سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی گردید.

* مسئول مکاتبه: sparoon@pnu.ac.ir

نتیجه‌گیری: با توجه به اثرات منفی تغییر اقلیم بر محصولات مورد مطالعه، باید جهت جلوگیری از این اثرات زیان‌بار راهکارهایی برای سازگاری با شرایط اقلیمی مانند تغییر الگوی کشت منطقه، مدیریت بهینه منابع و تولید یا معرفی ارقام مقاوم به تغییر اقلیم ارائه گردد. بنابراین می‌توان بیان نمود که منطقه (۱) در تولید محصول پیاز و منطقه (۲) در تولید محصول گوجه‌فرنگی دارای مزیت نسبی هستند.

واژه‌های کلیدی: تابع واکنش عملکرد، داده‌های تابلویی، سناریوی پیش‌بینی آب و هوا، مؤلفه‌های اقلیمی

مقدمه

بخش کشاورزی یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی بوده که به‌دلیل تأثیرپذیری گسترده از محیط، بیش‌ترین تأثیر را از پدیده تغییر اقلیم می‌پذیرد. بخش کشاورزی هم بر تغییر اقلیم اثر گذاشته و هم از آن تأثیر می‌پذیرد. تأثیر کشاورزی از تغییرات اقلیمی در مناطق مختلف یکنواخت نیست. انتظار می‌رود که کشورهای در حال توسعه بیش‌تر تحت‌تأثیر اثرات منفی تغییر اقلیم قرار گیرند (۲۸). مطالعات اخیر نشان می‌دهد که اگر اقدامی در جهت مقابله با گرم شدن زمین صورت نگیرد، تولید جهانی محصولات کشاورزی ۱۵/۹ درصد تا سال ۲۰۸۰ کاهش یابد، در حالی‌که کشورهای در حال توسعه کاهش شدیدی (۱۹/۷ درصد) را در تولیدات کشاورزی تجربه خواهند کرد (۱۰).

شناخت متغیرهای آب و هوایی و اثر آن‌ها بر روی گیاهان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در افزایش عملکرد و پیرو آن بالا بردن تولید می‌باشد (۱۷). عوامل ژنتیکی بیانگر استعدادهای درونی یا بالقوه گیاه از لحاظ کمیت و کیفیت رشد و در نتیجه تولید محصول است. اما عوامل اقلیمی زمینه بروز استعدادهای ژنتیکی را فراهم می‌آورند. پس در صورتی که این عوامل محیطی شناسایی و به‌نحو مطلوب با خواسته واقعی گیاه تطبیق کند سبب حداکثر رشد و رسیدن به استعدادهای ژنتیکی خواهد شد. در نتیجه بهترین و بیش‌ترین محصول به‌دست می‌آید (٤ و ۱۲).

بیش‌ترین سطح زیر کشت و تولید پیاز با ۱۹/۹ درصد متعلق به استان هرمزگان است اما از نظر عملکرد در رتبه ۲۰ ایران قرار دارد. این استان در سطح زیر کشت محصول گوجه‌فرنگی با ۸/۷ درصد در رتبه پنجم و از نظر تولید با ۷/٦ درصد در رتبه ششم کشور قرار دارد اما از نظر عملکرد در رتبه ١٤ واقع شده است. (۲۱).

پهنه‌بندی اقلیمی- کشاورزی، کشاورزان را قادر می‌سازد که عملیات کشاورزی را متناسب با شرایط آب و هوایی منطقه اجرا کنند تا به درآمد بالاتری دست یابند. این امر باعث می‌گردد که خسارت وارد شده بر محصول که ناشی از عدم شناخت کافی متغیرهای اقلیمی است، کاهش یابد. استان هرمزگان با وسعت حدود ۷۱ هزار کیلومترمربع در جنوب ایران واقع شده است (۱۵). در این استان در حدود ١٦١ هزار هکتار از اراضی موجود به فعالیت‌های کشاورزی اختصاص دارند که در حدود ۸۳/٦ هزار هکتار از آن زیر کشت محصولات زراعی آبی، حدود ۷۳/۷ هزار هکتار محصولات باغی آبی، نزدیک به ۳/٦ هزار هکتار از آن نیز به‌صورت کشت دیم مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (١٤).

به‌دلیل نقش مهمی که بخش کشاورزی در اقتصاد، امنیت غذایی و رفاه اجتماعی کشور دارد، لازم است اثرات تغییر اقلیم بر تولیدات بخش کشاورزی ایران مشخص گردد تا از هم‌اکنون سیاست‌های مناسب برای کاهش اثرات منفی این پدیده اتخاذ گردد (۲۹).

بررسی مطالعات مختلف در زمینه بررسی عملکرد محصولات بر اساس مؤلفه‌های آب و هوایی نشان می‌دهد که معمولاً بیش‌تر از دو عامل دما و بارندگی و به‌میزان کم‌تر از CO_2، ارتفاع و شیب و تأثیر آن بر عملکرد استفاده شده است. لیکی (۱۸) به مقایسه آثار افزایش غلظت CO_2 بر عملکرد انواع گیاهان با مسیرهای فتوسنتزی C_3 و C_4 پرداخت. لی و همکاران (۱۹) چگونگی تأثیر تغییرات اقلیمی بر عملکرد ذرت است که شامل، متغیرهای اقلیمی، اقتصادی و فن‌آوری بوده است. این مدل شامل متغیرهای اقلیمی، اقتصادی و فن‌آوری می‌باشد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی تغییرات آب و هوایی در محصول ذرت طی سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۳۰ نشان داد که تغییرات دما و بارندگی هم می‌تواند اثرات مثبت یا منفی بر محصول ذرت داشته باشد. در مطالعه چالیس و جیمره (۷) نقش دما و بارش در تولید محصولات کشاورزی با ارزش عنوان شده، به‌خصوص اگر متنوع باشند. نتایج نشان داد که درجه حرارت همواره تأثیر مثبت بر عملکرد بادام‌زمینی و میزان بارندگی تا اندازه‌ای تأثیر مثبت و بارندگی بیش از حد اثر منفی بر عملکرد بادام زمینی داشته است.

زارع‌ابیانه (۳۱) به پیش‌بینی عملکرد چهار محصول دیم شامل گندم، جو، هندوانه و نخود در منطقه مشهد و بیرجند بر اساس متغیرهای هواشناسی و شاخص‌های خشکسالی پرداخت. نتایج نشان داد از بین متغیرهای هواشناسی، متغیر تعداد روزهای بارانی در بیرجند و دمای بیشینه هوا در مشهد، بیش‌ترین تعداد همبستگی‌ها را با عملکرد محصولات زراعی داشتند. از بین شاخص‌های خشکسالی، شاخص نگوین که از تقسیم تبخیر تعرق سالانه بر بارندگی سالانه حاصل می‌شود، چنین وضعیتی را نشان داد.

پرهیزکاری و همکاران (۲٤) اثرات اقلیمی ناشی از تغییر دما و بارندگی و میزان مصرف نهاده‌های کشاورزی (بذر، کود، سم، ماشین‌آلات) بر عملکرد گندم در حوضه آبخیز شاهرود را بررسی و نتایج نشان داد با افزایش دما، عملکرد کاهش می‌یابد.

سلطانی و موسوی (۲٦) در مطالعه خود آثار تغییرات دما، بارندگی و سطح انتشار دی‌اکسیدکربن بر الگوی کشت دشت همدان- بهار را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که افزایش سطح دی‌اکسیدکربن و تغییرات اقلیمی ناشی از آن دارای آثار منفی بر الگوی کشت و در بدبینانه‌ترین پیش‌بینی، کاهش ارزش افزوده بخش کشاورزی منطقه را در پی خواهد داشت.

یکی از فعالیت‌های اساسی برای کاهش اثرات ناگوار تغییرات اقلیمی، پیش‌بینی الگو و روند این تغییرات در دهه‌های آینده است (۲۵). عباسی و همکاران (۱ و ۲) به پیش‌بینی اندازه تغییر اقلیم در کشور پرداخته و شرایط اقلیم ایران در دهه‌های ۲۰۰۰، ۲۰۲۵، ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ با استفاده از خروجی دو مدل گردش عمومی جو HadCM2 و ECHAM4 مدل‌سازی شد. هر دو مدل بیانگر افزایش دمای تمامی استان‌ها در دهه‌های آینده هستند. این دو مدل تا دهه ۲۱۰۰ به‌طور میانگین افزایش دمای ۳ تا ۳/٦ درجه سانتی‌گراد را برای کشور پیش‌بینی کردند. اما بر اساس نتایج مدل HadCM2 کاهش بارندگی‌های ایران تا دهه ۲۱۰۰ به‌میزان ۲/۵ درصد، در حالی‌که برای دوره مشابه در مدل ECHAM4 بارندگی‌های کشور به‌میزان ۱۹/۸ درصد افزایش خواهد یافت. از نتایج این مطالعه برای پیش‌بینی عملکرد و تولید استفاده گردید. برای تخمین مدل اقلیمی از روش داده‌های تابلویی[1] استفاده می‌شود. داده‌های تابلویی، محیط بسیار مناسبی برای گسترش روش‌های تخمین و نتایج نظری فراهم می‌سازند (۵).

1- Panel Data

بیش‌تر مطالعات روی محصول خاصی تمرکز کرده‌اند اندرسون و دال (۳)، دیکسون و همکاران (۱۱) و کوفمن و اسنل (۱٦) روی ذرت و وو (۳۰) بر روی برنج، نیو و همکاران (۲۳) و لی و همکاران (۱۹) روی سورگوم و هولدن (۱۳) روی جو و سیب‌زمینی مطالعه نمودند. بنابراین مواردی که مقایسه بین‌محصولی را لحاظ کرده باشند کم‌تر دیده شده است (۷). در این مطالعه واکنش عملکرد گیاهان به‌طور جامع برای دو محصول پیاز و گوجه‌فرنگی منتخب در استان هرمزگان انجام شد.

بیش‌تر مطالعات پیشین، در سطح یک کشور مورد پژوهش و بررسی قرار گرفته و نتایج کلی به‌دست آمده است. این مطالعه به‌طور جداگانه روی مناطق مجزا در استان هرمزگان انجام شد تا بدین‌وسیله بتوان مناطقی که دامنه تغییرات اقلیمی در آن‌ها نسبت به سایر مناطق کشور شدیدتر است شناسایی شوند. داده‌های مورد استفاده در مناطق مختلف در اکثر مطالعات پیشین بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی محاسبه شده، انجام نشده و بیش‌تر از یک طبقه‌بندی فرضی استفاده شده است. هدف از انجام این مطالعه برآورد تابع واکنش عملکرد دو محصول پیاز و گوجه‌فرنگی به مؤلفه‌های اقلیمی در استان هرمزگان است که براساس شاخص اقلیمی، پهنه‌بندی شده‌اند. سپس با استفاده از سناریوهای مختلف آب و هوایی به پیش‌بینی عملکرد و تولید دو محصول پیاز و گوجه‌فرنگی در استان هرمزگان پرداخته خواهد شد.

مواد و روش‌ها

ناحیه‌بندی توسط عناصر و عوامل اقلیمی یکی از مهم‌ترین موضوعاتی است که به دلایل گوناگون از جمله اهمیت آن در کشاورزی یک منطقه مورد توجه می‌باشد. بنابراین ابتدا بر اساس شاخص‌های مختلف پهنه‌بندی اقلیمی، اقلیم استان هرمزگان طبقه‌بندی شد. جهت محاسبه این شاخص‌ها از داده‌های دما، بارندگی، رطوبت و ساعات آفتابی استفاده شد.

در مدل واکنش عملکرد گیاه زراعی از داده‌هایی استفاده شد که با اندازه‌گیری متغیرهای مرتبط با آب و هوا و غیر آب و هوا، به‌صورت متغیرهای تأثیر فیزیکی و تغییرات آب و هوایی بر عملکرد شناسایی و برآورد گردد. شکل کلی این مدل توسط رابطه ۱ داده شده است:

$$\text{yield} = f(\text{climate}, \text{technology}, \text{management}) \quad (۱)$$

متغیرهای قیمت در مدل آورده شده وارد نمی‌شوند زیرا در این مطالعه خود رویکرد دوگانگی، که به مانند سگرسون و دیکسون (۲۵) انجام داده‌اند را اتخاذ نشد. بنابراین تخمین عملکرد ما به‌عنوان یک پیش‌بینی کوتاه‌مدت می‌باشد. اما در این مطالعه شیوه‌های مدیریت برای جبران تأثیر منفی تغییرات آب و هوایی در نظر گرفته شد. در رابطه ۱ متغیر وابسته، عملکرد در هر هکتار محصول می‌باشد. Climate (اقلیم آب و هوا) که توسط کشاورزان کنترل نمی‌شود. در این مطالعه متوسط درجه حرارت، بارندگی، رطوبت نسبی به‌عنوان عوامل عمده آب و هوا در نظر گرفته شد. دو عامل technology (فن‌آوری) و management (مدیریت) نیز به‌عنوان عامل‌های منظم که تحت کنترل تولیدکننده است در نظر گرفته شد. روند زمان برای نشان دادن سطح فن‌آوری وارد شد و عامل مدیریت به‌صورت نسبت زمین تمام وقت به کل زمین خانوارها در مناطق در نظر گرفته شد. این متغیر در نظر دارد نشان دهد که صاحبان مزارع تا چه حد توان تصرف زمین را دارند، که با تلاش‌های خود و اختصاص آن‌ها به کشاورزی، امرار معاش کنند (۷، ۸، ۹، ۲۰ و ۲۷).

مطالعات زیادی در مورد برآورد واکنش عملکرد نسبت به عوامل آب و هوایی انجام شده است (۷، ۸، ۹، ۲۲ و ۲۶). در این مطالعه علاوه بر عوامل بارندگی و دما که در اکثر مطالعات از آن‌ها استفاده شده بود عامل دیگری به نام رطوبت نسبی نیز به‌عنوان عامل اقلیمی تأثیرگذار مورد استفاده قرار گرفت. عامل مدیریتی نیز که در هیچ مطالعه داخلی وارد مدل نشده بود نیز مطابق مطالعه چانگ (۷) وارد مدل شده است. در نهایت پس از جمع‌آوری اطلاعات و آمارها با استفاده از نرم‌افزار Eviews بهترین و سازگارترین مدل با توجه به مطالعات انتخاب شد.

داده‌های مورد نیاز از ایستگاه‌های هواشناسی هرمزگان و سازمان جهاد کشاورزی این استان جمع‌آوری شد. بر اساس بیش‌ترین درصد سهم تولید استان در کشور دو محصول پیاز و گوجه‌فرنگی انتخاب گردید. داده‌های تولید محصول، اطلاعات سالانه درصد زمین‌های تمام‌وقت به کل مزارع خانوارها و قیمت نهاده‌ها از سالنامه‌های کشاورزی، دما، بارندگی و رطوبت نسبی نیز برای یک دوره ۲۰ ساله به‌صورت فصلی و ماهانه از سازمان هواشناسی جمع‌آوری شد. جهت تجزیه و تحلیل آمارها از نرم‌افزار EVIEWS استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که سه شاخص نوریث ویت، سلیانینوف و دکتر کریمی اقلیم استان را به دو بخش تقسیم می‌کند. شهرستان‌های حاجی‌آباد، میناب و رودان یک نوع اقلیم و شهرستان‌های بندرعباس، قشم، بندرلنگه و جاسک یک نوع اقلیم دیگر را نشان می‌دهند. در مقایسه مطالعه حاضر با مطالعات گذشته شاخص سلیانینوف نتایج یکسانی را برای شهرستان‌های استان هرمزگان نشان می‌دهد. بر همین اساس از روش دکتر کریمی و سلیانینوف و نوریث ویت جهت پهنه‌بندی اقلیمی برای انجام ادامه مطالعه استفاده شد. در نتیجه استان هرمزگان از نظر اقلیمی به دو منطقه مطابق جدول ۱ تقسیم شد.

جدول ۱- تقسیم‌بندی استان هرمزگان به دو منطقه اقلیمی.

Table 1. The division of Hormozgan province into two climatic regions.

منطقه (۱) Region (1)	منطقه (۲) Region (2)
حاجی‌آباد، میناب و رودان Hajiabad, Minab, Roodan	بندرلنگه، بندرعباس، قشم و جاسک Bandar-Lenge, Bandar- Abbas, Gheshm, Jask

مأخذ: نتایج تحقیق.

Source: Findings of the research.

با توجه به آمار و اطلاعات جمع‌آوری‌شده از بخش کشاورزی استان هرمزگان (۲۱) برای دو محصول مورد مطالعه شامل: پیاز و گوجه‌فرنگی با توجه به طبقه‌بندی اقلیمی استان به دو منطقه و شرایط آب و هوایی مختص هر محصول، پراکندگی کشت دو محصول در کل استان طبق جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- پراکندگی کشت دو محصول منتخب در دو منطقه (۱) و (۲) در استان هرمزگان.

Table 2. Distribution of two selected products in two regions (1) and (2) in Hormozgan province.

محصول Crop	منطقه (۱) Region (1)	منطقه (۲) Region (2)
پیاز Onion	میناب و رودان Minab & Roodan	بندرلنگه، بندرعباس و جاسک Bandar-Lenge, Bandar- Abbas & Jask
گوجه‌فرنگی Tomato	میناب و رودان Minab & Roodan	بندرلنگه، بندرعباس و جاسک Bandar-Lenge, Bandar- Abbas & Jask

مأخذ: جهاد کشاورزی استان هرمزگان، ۱۳۹٦.

Source: Hormozgan Province Agricultural Jihad, 2017.

با توجه به اطلاعات جمع‌آوری‌شده، از روش تخمین داده‌های ترکیبی استفاده شد. تعداد شهرستان‌های تولید محصول در هر منطقه، عرض از مبدأ و سری زمانی آن برابر با ۱۵ (۱۳۸۲-۱۳۹٦) می‌باشد. برای برآورد بهترین مدل تست‌های چاو، هاسمن و پروش و پاگان برای هر محصول در هر منطقه انجام شد. سپس برای به‌دست آوردن بهترین روش تخمین تست واریانس ناهمسانی انجام گردید. بنابراین به‌صورت جداگانه تابع پاسخ عملکرد هر محصول در هر منطقه به کمک نرم‌افزار Eviews برآورد شد. بهترین مدل تابع پاسخ عملکرد پیاز در منطقه (۱) مدل تجمیعی در منطقه (۲) مدل اثرات ثابت مقطعی و زمانی، بهترین روش تخمین نیز حداقل مربعات تعمیم‌یافته (GLS) به‌دست آمد. بهترین مدل برآوردی تابع پاسخ عملکرد گوجه‌فرنگی در منطقه (۱) مدل اثرات تصادفی زمانی و در منطقه (۲) مدل تجمیعی و بهترین روش تخمین در منطقه (۱) GLS و در منطقه (۲) OLS می‌باشد. برآورد تابع پاسخ عملکرد دو محصول پیاز و گوجه‌فرنگی به‌صورت خلاصه در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۳- نتایج حاصل از تخمین تابع پاسخ عملکرد.

Table 3. Results from the estimation of the function of response function.

نام متغیر Variable name	پیاز Onion		گوجه‌فرنگی Tomato	
	منطقه (۱) Region (1)	منطقه (۲) Region (2)	منطقه (۱) Region (1)	منطقه (۲) Region (2)
عرض از مبدأ constant	7.37	-50.55***	319.85*	-33.61***
دما Temperature	-3.21***	-3.46***	-1.73*	-1.27***
بارندگی Rain	0.14***	0.07**	0.04	0.103***
رطوبت Humidity	1.36***	2.23***	1.82**	1.25**
مدیریت Management	1.75**	-0.066	-0.77	-0.09
فن‌آوری Technology	0.05***	0.004	0.03***	0.02***
واریانس دما Temperature variance	0.158**	-0.45***	3.43*	-0.294***
واریانس بارندگی Rain variance	---	---	---	0.0017***

مأخذ: یافته‌های تحقیق (*، ** و *** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد، ۵ درصد و ۱ درصد.

Source: The research findings (*, **, *** were significant at 10%, 5% and 1% respectively).

با توجه به جدول ۳، نتایج عامل دما بر عملکرد برای هر دو محصول، در دو منطقه مورد مطالعه تأثیر منفی داشت. عامل‌های بارندگی، رطوبت و فن‌آوری بر تابع پاسخ عملکرد هر دو محصول، در دو منطقه (۱) و (۲) تأثیر مثبت داشت. عامل مدیریت برای محصول پیاز و گوجه‌فرنگی در منطقه (۲) و محصول گوجه‌فرنگی در منطقه (۱) دارای اثر منفی بود اما معنی‌دار نشد.

اما تأثیر آن بر تابع پاسخ عملکرد پیاز در منطقه (۱) دارای اثر مثبت و معنی‌دار می‌باشد. بیش‌ترین تأثیر از بین عامل‌های غیرقابل کنترل بر محصول پیاز در هر دو منطقه و محصول گوجه‌فرنگی در منطقه (۲) مربوط به دما می‌باشد که دارای اثر عکس بر عملکرد است. برای محصول گوجه‌فرنگی در منطقه (۱) عامل رطوبت بیش‌ترین تأثیر را بر تابع پاسخ عملکرد دارد. علت را می‌توان این‌گونه بیان نمود که رطوبت موجود در مانع از خشک شدن سریع خاک شده و به رشد و نمو گیاه کمک می‌کند.

جدول ٤- تغییرات بارندگی و دمای کشور، دهه‌های ۲۰۲۵ تا ۲۱۰۰ میلادی با مدل‌های HadCM2 و ECHAM4.

Table 4. Changes in rainfall and temperature in the country, decades from 2025 to 2100 AD with HadCM2 and ECHAM4 models.

سال Year	2025		2050		2075		2100	
مدل‌های جوی Atmospheric models	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2
تغییر دما Temperature change	4.35	3.6	7.57	6.13	10.45	8.29	12.98	10.81
تغییر بارندگی Precipitation Change	6.8	-0.9	11.5	-1.3	15.8	-1.4	19.8	-2.5

مأخذ: درصد بارندگی مطالعه (۱)، درصد دما یافته‌های تحقیق.

Source: (1) precipitation percent, temperature percent of research findings.

در جدول ٤ سناریوهای پیش‌بینی آب و هوا آورده شده است که درصد تغییرات بارندگی مستقیماً از مطالعه عباسی و همکاران (۱) و درصد تغییرات دما به کمک میزان تغییرات دما در مطالعه عباسی و همکاران (۱) نسبت به میانگین دمای استان درصدگیری شده است. تحت سناریوهای به‌دست آمده طی سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۱۰۰ به پیش‌بینی عملکرد پرداخته شد.

با توجه به نتایج جدول ۵ درصد تغییر عملکرد هر دو محصول منفی و تا سال ۲۱۰۰ روند کاهشی دارد (شکل‌های ۱ و ۲). با توجه به پیش‌بینی‌های عملکرد در هر دو منطقه محصول گوجه‌فرنگی نسبت به محصول پیاز از روند کاهشی کم‌تری برخوردار است که نتیجه می‌شود هر دو منطقه در تولید محصول گوجه‌فرنگی نسبت به پیاز مزیت نسبی دارند. با مقایسه محصولات به‌طور جداگانه در هر منطقه با توجه به نتایج پیش‌بینی عملکرد می‌توان نتیجه‌گیری نمود که برای تولید محصول پیاز منطقه (۱) و جهت تولید محصول گوجه‌فرنگی منطقه (۲) مناسب‌تر است.

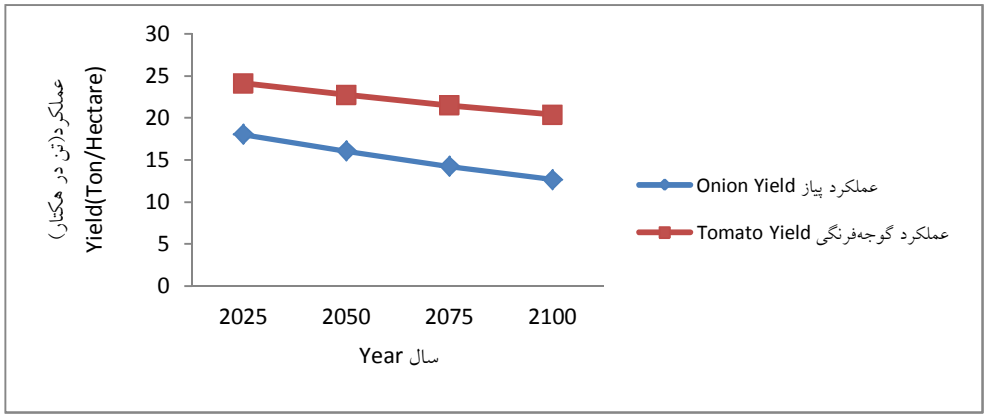
جدول ۵- پیش‌بینی تغییرات عملکرد در سناریوهای اقلیمی بر حسب درصد.

Table 5. Performance changes forecast in climate scenarios (in percent).

سال Year	2025		2050		2075		2100	
محصولات Products	سناریوها Scenarios	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2
پیاز Onion	منطقه (۱) Regions (1)	-13	-11.7	-22.7	-19.9	-31.3	-26.8	-38.9	-35
	منطقه (۲) Regions (2)	-14.6	-12.5	-25.4	-21.3	-35	-28.8	-43.5	-37.6
گوجه‌فرنگی Tomato	منطقه (۱) Regions (1)	-7.3	-6.3	-12.6	-10.7	-17.5	-14.4	-21.6	-18.8
	منطقه (۲) Regions (2)	-4.9	-4.7	-8.4	-7.9	-11.6	-10.7	-14.5	-14

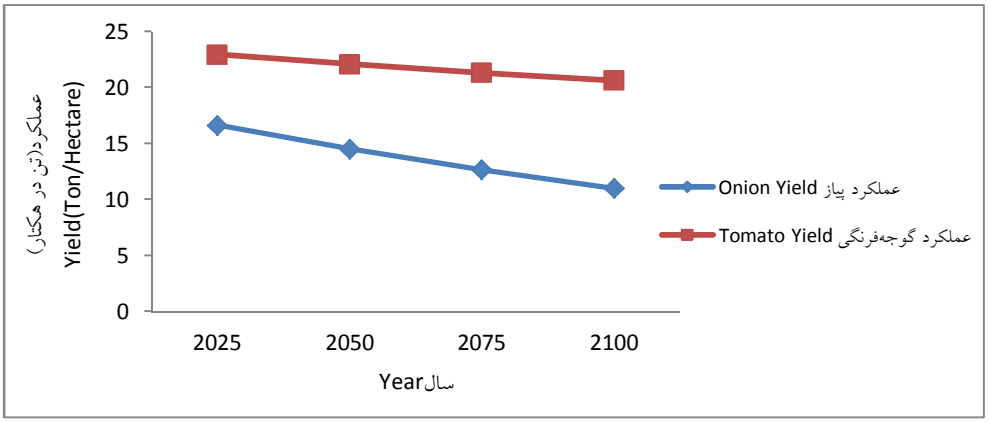
مأخذ: یافته‌های تحقیق.

Source: The research findings.



شکل ۱- پیش‌بینی عملکرد سبزیجات (پیاز و گوجه‌فرنگی) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۱) تحت سناریوی ECHAM4.

Fig. 1. Vegetables (onion and tomato) prediction in the region (1) by the year 2100 under the ECHAM4 scenario.



شکل ۲- پیش‌بینی عملکرد سبزیجات (پیاز و گوجه‌فرنگی) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۲) تحت سناریوی ECHAM4.

Fig. 2. Vegetables (onion and tomato) prediction in the region (2) by the year 2100 under the ECHAM4 scenario.

جدول ٦- پیش‌بینی مقدار تولید (تن) محصولات منتخب طی سال‌های ۲۰۲۵-۲۱۰۰.

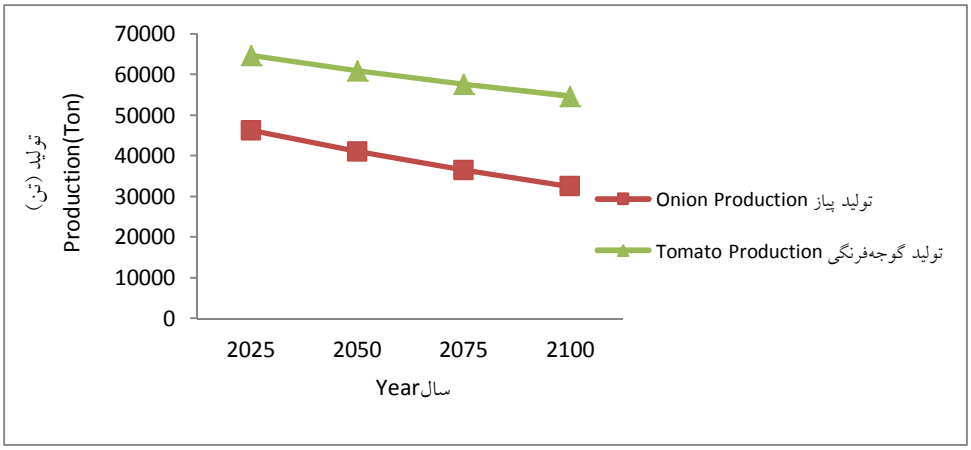
Table 6. Projection of production (tons) of selected products during the years 2025-2100.

سال Year	2025		2050		2075		2100	
محصولات Products	سناریوها Scenarios	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2
پیاز Onion	منطقه (۱) Regions (1)	46271	46979	41123	42629	36526	38933	32504	34549
	منطقه (۲) Regions (2)	26285	26918	22959	24216	19985	21914	17378	19207
گوجه‌فرنگی Tomato	منطقه (۱) Regions (1)	64722	65413	60966	62348	57609	59727	54667	56664
	منطقه (۲) Regions (2)	28780	28829	27690	27844	26718	27011	25871	26010

مأخذ: یافته‌های تحقیق.

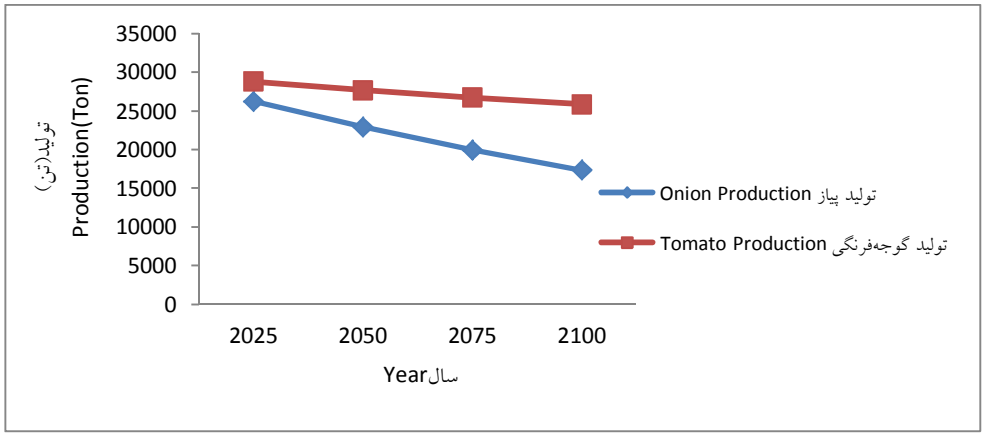
Source: The research findings.

در جدول ٦ میزان تولید دو محصول تا سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی شده است که نتایج نشان می‌دهد تولید محصول پیاز در هر دو منطقه روند کاهشی شدیدتری را نسبت به محصول گوجه‌فرنگی در پیش دارد علت را می‌توان ناشی از روند کاهشی پیش‌بینی عملکرد محصولات دانست که در محصول پیاز نسبت به گوجه‌فرنگی از شدت بیش‌تری برخوردار است (شکل‌های ۳ و ٤). شدت کاهش در منطقه (۱) بیش‌تر از منطقه (۲) می‌باشد.



شکل ۳- پیش‌بینی تولید سبزیجات (پیاز و گوجه‌فرنگی) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۱) تحت سناریوی ECHAM4.

Fig. 3. The forecast of vegetable production (onion and tomato) by the year 2100 in the region (1) under the ECHAM4 scenario.



شکل ٤- پیش‌بینی تولید سبزیجات (پیاز و گوجه‌فرنگی) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۲) تحت سناریوی ECHAM4.

Fig. 4. The forecast of vegetable production (onion and tomato) by the year 2100 in the region (2) under the ECHAM4 scenario.

جدول ۷- پیش‌بینی سطح زیرکشت (هکتار) محصولات منتخب طی سال‌های ۲۰۲۵-۲۱۰۰.

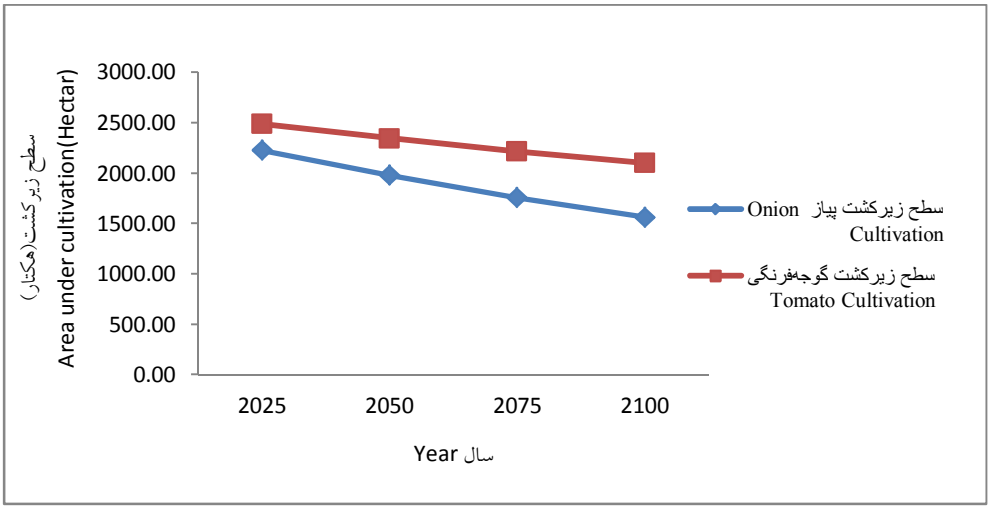
Table 7. The forecast of selected products crop area (ha) during the years 2025-2100.

سال Year	2025		2050		2075		2100	
محصولات Products / سناریوها Scenarios	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2
پیاز Onion — منطقه (۱) Regions (1)	2228	2261	1980	2052	1759	1875	1565	1663
پیاز Onion — منطقه (۲) Regions (2)	1350	1382	1179	1243	1026	1125	892	986
گوجه‌فرنگی Tomato — منطقه (۱) Regions (1)	2489	2515	2344	2397	2215	2297	2102	2179
گوجه‌فرنگی Tomato — منطقه (۲) Regions (2)	1194	1196	1149	1155	1108	1120	1073	1079

مأخذ: یافته‌های تحقیق.

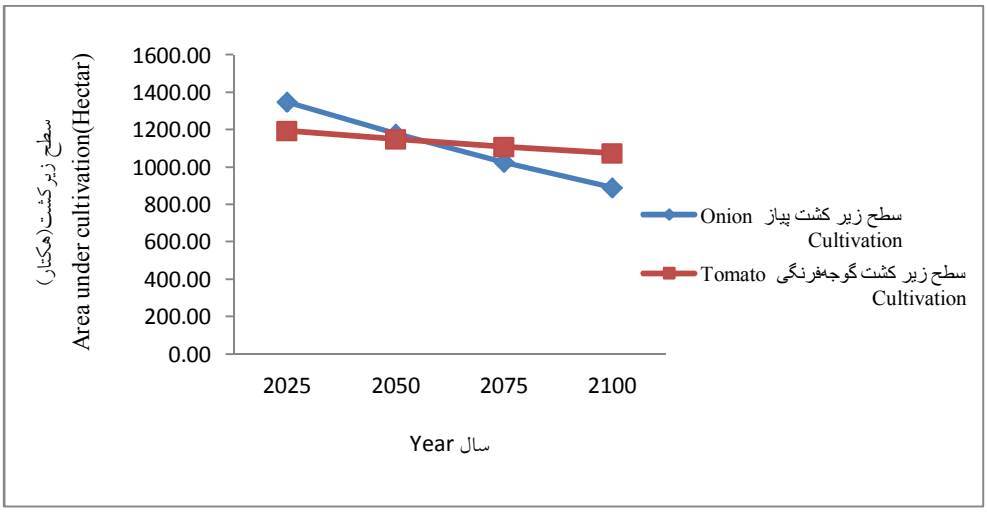
Source: The research findings.

در جدول ۷ پیش‌بینی سطح زیر کشت دو محصول را نشان می‌دهد که همانند تغییرات عملکرد و تولید روند یکسانی را نشان می‌دهد. سطح زیرکشت پیاز در هر دو منطقه نسبت به محصول گوجه‌فرنگی با شدت بیش‌تری کاهش می‌یابد (شکل‌های ۵ و ٦) که ناشی از پیش‌بینی‌های تغییرات اقلیمی است که کاهش سطح زیرکشت محصول پیاز را به‌دنبال خواهد داشت. شدت کاهش در منطقه (۱) از شدت بالاتری برخوردار است.



شکل ۵- پیش‌بینی سطح زیرکشت سبزیجات (پیاز و گوجه‌فرنگی) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۱) تحت سناریوی ECHAM4.

Fig. 5. Forecasting the vegetable area (onion and tomatoe) by the year 2100 in the region (1) under the ECHAM4 scenario.



شکل ٦- پیش‌بینی سطح زیرکشت سبزیجات (پیاز و گوجه‌فرنگی) تا سال ۲۱۰۰ در منطقه (۲) تحت سناریوی ECHAM4.

Fig. 6. Forecasting the vegetable area (onion and tomatoe) by the year 2100 in the region (2) under the ECHAM4 scenario.

تابع پاسخ عملکرد دو محصول پیاز و گوجه‌فرنگی در دو منطقه برآورد و تغییرات عملکرد طی سناریوهای پیش‌بینی آب و هوا در استان هرمزگان به‌دست آمد. به‌دلیل متفاوت بودن شرایط آب و هوایی مناطق و وارد کردن عامل‌های دیگر در سناریوها مانند گاز دی‌اکسیدکربن و سطح دریا به پارامترهای آب و هوایی نتایج متفاوتی برای تغییرات حاصل شده است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل نشان داد عملکرد محصول پیاز با مؤلفه دما رابطه عکس و با مؤلفه بارندگی رابطه مستقیم دارد. گوجه‌فرنگی دیگر محصول مورد مطالعه نیز با عامل دما رابطه عکس و با عامل بارندگی رابطه مستقیم دارند. عامل رطوبت در هر دو محصول با توجه به شرایط منطقه عامل مهم و تأثیرگذاری می‌باشد. بیش‌ترین ضریب تأثیر بدون در نظر گرفتن

علامت برای محصول پیاز در هر دو منطقه دما و در محصول گوجه‌فرنگی در منطقه (۱) رطوبت و در منطقه (۲) دما می‌باشد. کم‌ترین ضریب تأثیر بعد از فن‌آوری مربوط به بارندگی است و درصد تغییر عملکرد تحت سناریوهای پیش‌بینی آب و هوا برای هر دو محصول روند کاهشی را دنبال می‌کند. شدت کاهش آن برای محصول پیاز بالاتر می‌باشد. حال با توجه به نتایج به‌دست آمده پیشنهاد می‌شود که به تأثیرات اقلیمی بر عملکرد به‌خصوص دما توجه خاص شود زیرا در صورت ادامه این روند با توجه به پیش‌بینی‌های انجام‌شده جامعه مصرف‌کننده و تولیدکننده زیان‌های زیادی را متحمل خواهند شد بنابراین باید به‌دنبال ارقامی بود که به تغییرات دما مقاوم باشند. همچنین با توجه به اثرات مختلف عامل‌های اقلیمی بر دو محصول مورد مطالعه باید کشاورزان را به‌سمت کشت محصولات متناسب با شرایط اقلیمی ترغیب نمود تا مانع از کاهش عملکرد و کاهش رفاه، در آینده شد. با توجه به نتایج، منطقه (۲) استان هرمزگان قابلیت بیش‌تری در تولید دو محصول دارد توصیه می‌شود به کمک کارشناسان ترویج و زراعت در جهت توجیه کشاورزان برای کشت این دو محصول در منطقه (۲) تلاش شود.

منابع

1. Abbasi, F., Babayan, I., Habibi Nokhandan, M., Goli Mokhtari, L. and Melbosi, Sh. 2010. The impact of climate change on Iran's temperatures and precipitation over decades with the MAGICC-SCENGEN model, Natu. Geog. Re. 72: 91-110. (In Persian)
2. Abbasi, F., Babaian, I., Melbosi, Sh., Asmari, M. and Goli Mokhtari, L. 2012. Assessment of Iran's climate change in the decades (2025-2100) using the measurement scale of Joe's General Circulation model, J. Re. Geog. 27: 1. 205-225. (In Persian)
3. Andresen, J.A. and Dale, R.F. 1989. Prediction of county-level yield using an energy-crop growth index. J. Clim. 2: 48-56.
4. Azizi, G. and Kandri Jahani, M. 2011. Postdoctoral leaflets (specially for undergraduate students in agriculture), Payame Noor University. 180p. (In Persian)
5. Baltagi, B.H. 2005. Econometric analysis of panel data, Third edition, New York. 320p.
6. Chalise, L. and Ghimire, R. 2013. Effects of climate change on peanut`s yield in the state of georgia, USA. Selected paper prepared for presentation at the Southern Agricultural Economics Association SAEA. Annual Meeting, Orlando, Florida, Pp: 101-117.
7. Chang, C.C. 2002. The potential impacts of climate change on Taiwan's agriculture. J. Agr. Econ. 27: 51-64.
8. Chang, C.C., Chen, C.C. and McCarl, B. 2012. Evaluating the economic impacts of crop yield change and sea level rise induced by climate change on Taiwan's agricultural sector. J. Agric. Econ. 43: 206-214.
9. Chen, C.C. and Chang, C.C. 2005. The impact of weather on crop yield distribution in Taiwan: some new evidence from panel data models and implications for crop insurance, J. Agric. Econ. 33: 503-511.
10. Cline, W.R. 2007. Global warming and agriculture: Impact estimates by country, Washington DC: Centre for Global Development and Peterson Institute for International Economics.
11. Dixon, B.L., Hollinger, S.E., Garcia, P. and Tirupattur, V. 1994. Estimating corn yield response models to predict impacts of climate change. J. Agric. Res. Econ. 19: 58-68.
12. Haji Hasani, A., Zandrzami, A.S. and Ferdowsi Zadeh, M.I. 2012. General Agriculture and Gardening, Agricultural and Horticultural Affairs-Animal Sciences, Agricultural College, School of Technical and Vocational Education. (In Persian)

13.Holden, N.M., Brereton, A.J., Fealy, R. and Sweeney, J. 2003. Possible change in Irish climate and its impact on barley and potato yields. J. Agr. For. Meteo. 116: 181-196.
14.http://hormozgan-agri-jahad.com/ department/ 20.5.2018.
15.Hormozgan.ir. 2018.
16.Kaufmann, R.K. and Snell, S.E. 1997. A biophysical model of corn yield: integrating climatic and social determinants. Am. J. Agric. Econ. 79: 178-190.
17.Kamali, Gh., Mullahi, P. and Bahyar, M.B. 2010. Preparation of rainbow atlas of Zanjan province using climate data and GIS, J. Water Soil. 24: 5. 894-907. (In Persian)
18.Leakey, A.D.B. 2009. Rising atmospheric carbon dioxide concentration and the future of C4 crops for food and fuel. Royal Soc. 276: 2333-2343.
19.Li, X., Takahashi, T., Suzuki, N. and Kaiser, H.M. 2011. The impact of climate change on maize yields in the United States and China. Agric. Sys. 104: 348-353.
20.McCarl, B., Villavicencio, X. and Wu, X. 2008. Climate change and future analysis: Is stationarity dying? Am. J. Agric. Econ. 90: 5. 1241-1247.
21.Ministry Agriculture Jahad. 2017. <www.maj.ir> (In Persian)
22.Momeni, S. and Zibaee, M. 2013. The potential impacts of climate change on agriculture in Fars Province, J. Agric. Econ. Dev. 27: 3. 169-179. (In Persian)
23.Niu, X., Esterling, W., Hays, C.J., Jacobs, A. and Mearns, L. 2009. Reliability and input-data induced uncertainty of the EPIC model to estimate climate change impact on sorghum yields in the U.S. Grate Plains. Agr. Ecos. Envir. 129: 268-276.
24.Parhizkari, A., Mozaffari, M.M. and Hosseini Khodadadi, M. 2014. Economic Analysis of Climate Change Effects on Blue Wheat yield in Shahrood watershed, Agr. Natu. Res. J. 18: 88-100. (In Persian)
25.Ravan, V. 2010. Signs of climate change on temperature and precipitation tensis in the central zone of Fars province for the period 2040-2011 with the use of ECHAM5 model, Shiraz, Master's thesis for water engineering, Shiraz University. (In Persian)
26.Soltani, Sh. and Mousavi, S.H. 2015. Evaluation of potential impacts of climate change on yield and value added of agricultural sector in Hamadan plain. Spring, Agri. Econ. 9: 1. 95-115. (In Persian)
27.Segerson, K. and Dixon, B.L. 1999. Climate change and agriculture: the role of farmer adaptation. In: Mendelsohn, R., Neumann, J.E. (Eds.), The Impact of Climate Change on the United States Economy. Cambridge University Press, Cambridge, Chapter, 4: 75-93.
28.Stern, N. 2007. The economics of climate change: The stern review. Cambridge University Press: Cambridge and New York.
29.Vaseghi, E. and Esmaili, A. 2008. Effect of Climate Change on Iran's Agricultural Sector: Ricardin Method (Case study: Wheat), Sc. Tec. Agr. Natu. Res. 12: 45. 685-696. (In Persian)
30.Wu, H. 1996. The impact of climate change on rice yield in Taiwan. In: Mendelsohn, R., Shaw, D. (Eds.), The Economics of Pollution Control in the Asia Pacific. Edward Elgar, Cheltenham, UK.
31.Zare Abiane, A. 2013. Investigating the role of climatic and drought factors on the variability of performance of four corn products in Mashhad and Birjand, J. Water Soil. 23: 1. 56-39. (In Persian)