بررسی اثرات تغییراقلیم بر عملکرد گندم دیم در استان گلستان با استفاده از مدل داده‌ساز هواشناسی LARS-WG

امان محمد کمالی کارشناس ارشد رشته هواشناسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
غلامعلی کمالی دانشیار گروه هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
بهنام کامکار دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
Kamali_fast@yahoo.com

چکیده

تأثیرات منفی تغییراقلیم بر منابع آب، محیط زیست و کشاورزی سبب تهدید حیات بشری شده است. یکی از عوامل محدودکننده دیم‌کاری میزان بارش و توزیع زمانی آن می‌باشد و پیش‌بینی متغیرهای آب و هوایی از جمله بارش و دما و رابطه این تغییرات با مؤلفه‌های مرتبط با تولیدات کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌ریزی آینده برخوردار می‌باشد. در این تحقیق از داده‌های ۴۲ ایستگاه هواشناسی و عملکرد گندم دیم استان استفاده گردید. پس از اطمینان از تصادفی بودن و همگنی داده‌ها، پارامترهای روزانه دما، بارش و ساعت‌آفتابی به مدل LARS-WG وارد گردید و خروجی مدل از طریق آزمون T-Student و آماره‌های مختلف مورد ارزیابی و اعتبارسنجی قرار گرفت. سپس با استفاده از مدل گردش‌عمومی‌جوّ ECHO-G تحت سناریوی انتشار A2 میزان بارش در دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ پیش‌بینی گردید. در گام آخر با استفاده از روابط رگرسیونی حاصل از بارش و عملکرد در دوره آماری و تعمیم آنها به بارش پیش‌بینی‌شده، عملکرد گندم دیم در دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ پیش-بینی شد. نتایج نشان داد که در دهه اول میانگین بارش فصل رشد و عملکرد گندم دیم به ترتیب ۱۰/۶ و ۱۴/۲، در دهه دوم ۶ و ۱۰/۲ و در دهه سوم ۵/۲ و ۹/۹ درصد کاهش می‌یابد. همچنین در سه دهه آتی میانگین بارش در غرب و شرق استان بترتیب ۱۲/۵و ۰/۵ درصد و به دنبال آن عملکرد ۱۶/۴و ۶/۳ درصد افت خواهد داشت. بطورکلی در دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ میانگین بارش به میزان ۷/۴ درصد (۲۷/۳ میلی‌متر) و به تبع آن عملکرد ۱۱/۴ درصد (۲۳۱ کیلوگرم در هکتار) کاهش خواهد یافت. مطابق نتایج بدست‌آمده می‌توان گفت که نواحی واقع در غرب استان در مقایسه با نواحی شرقی آن نسبت به تغییرات اقلیمی آینده آسیب‌پذیرتر خواهد بود که این امر ضرورت توجه به راهکارهای سازگاری از جمله استفاده از ارقام پرمحصول، تعیین تاریخ کشت جدید، انتخاب کشت‌های جایگزین و اتخاذ راهبردهای مدیریتی جدید در زراعت گندم دیم در منطقه را ضروری می‌نمایاند.

کلمات کلیدی: تغییراقلیم، مدل‌های GCMs، دیم‌کاری، عملکرد گندم ، استان گلستان

مقدمه

حدود ۵۷ درصد از سطح زیر کشت گندم در ایران به کشت دیم اختصاص داشته و عملکرد این اراضی از متوسط عملکرد گندم دیم در جهان پایین‌تر است (کاظمینی و همکاران، ۱۳۸۷). استان گلستان از مناطق مهم تولیدکننده محصولات کشاورزی از جمله گندم است. امروزه متخصصان علوم مختلف جهت کاهش اثرات تغییراقلیم، رفتار آینده اقلیم را پیش‌بینی می‌کنند. این پیش‌بینی به روش‌های مختلف انجام می-گیرد. در حال حاضر استفاده از مدل‌های گردش‌عمومی جوّ علیرغم برخی کاستی‌های موجود در آنها، مطمئن‌ترین ابزار جهت پیش‌بینی وضعیت آینده اقلیمی جهان می‌باشند (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۶). بنابراین دانشمندان ابزار واسطی به نام Weather Generator یا مدل-های مولد داده را برای تولید داده‌ها در مقیاس نقطه‌ای و ایستگاه هواشناسی، طراحی نموده‌اند. از جمله این مدل‌ها می‌توان به USCLIMATE، WGEN، LARS-WG، CLIMGEN، GEN و SDSM اشاره نمود. کارایی دو مدل LARS-WG و WGEN در ۱۸ ایستگاه سینوپتیک آمریکا، اروپا و آسیا بررسی شد و نتایج نشان داد که مدل LARS-WG در مقایسه با WGEN همخوانی بیشتری با داده‌های دیدبانی دارد (سمنوف و همکاران، ۱۹۹۸). نتایج حاصل از مقایسه مدل‌های WM2 و LARS-WG نشان داد که مدل LARS-WG در سطح اطمینان قابل قبول‌تری (۹۵ درصد) اقدام به تولید داده نموده است (ماوروماتیس و هانسن، ۲۰۰۱). بررسی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۱ در استان گلستان با استفاده از مدل ECHO-G تحت سناریوی A2 نشان داد که میانگین بارش سالانه در غرب و شرق استان به ترتیب ۱۲ و ۲ درصد نسبت به دوره آماری کاهش خواهد یافت (کردجزی و همکاران، ۱۳۸۹). تحقیق دیگری که در

کشور استرالیا با هدف پیش‌بینی محصول گندم به کمک بارش انجام شد. نشان داد که تولید محصول گندم در این کشور تابعی از مجموع بارندگی و توزیع آن است. نتایج این تحقیق نشان داد که ۸۷-۹۲ درصد از تغییرات عملکرد گندم در ایالات شرقی استرالیا، و ۶۷ درصد از تغییرات در استرالیای غربی، با استفاده از داده‌های بارش سالانه قابل توصیف است (استفان و همکاران، ۱۹۹۴). مطالعه دیگری که به کمک مدل اقلیمی سازمان هواشناسی انگلستان (UKMO) انجام شد مبین کاهش ۱۸ و ۲۴ درصدی میانگین عملکرد به ترتیب برای سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ می‌باشد که دلیل کاهش عملکرد مربوط به کمبود بارندگی به میزان (۸/۳ ٪ تا ۱۷/۷٪) بود. نتایج این تحقیق نشان داد که سطح زیر کشت گندم دیم در مناطق دیم‌خیز کشور برای سال های ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی به ترتیب به میزان ۲۵-۱۶ و ۳۳-۲۳ درصد کاهش خواهد یافت. انجام این مطالعه می‌تواند برنامه‌ریزان کشاورزی منطقه را برای برخورد با سالهای آتی و ایجاد آمادگی یاری نماید.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق آمار مربوط به پارامترهای روزانه دمای کمینه و بیشینه، بارش و ساعت آفتابی مربوط به ۱۲ ایستگاه سینوپتیک، کلیماتولوژی و تبخیرسنجی مورد استفاده قرار گرفت و همچنین برای افزایش تعداد نقاط در پهنه‌بندی از آمار۳۰ ایستگاه باران‌سنجی نیز استفاده گردید. همچنین داده‌های عملکرد ۱۰ ساله گندم دیم در سطح استان طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۷۹ از واحد آمار و اطلاعات جهاد کشاورزی استان گلستان اخذ گردید. در گام اول پس از اطمینان از تصادفی بودن و همگنی داده‌ها با استفاده از آزمون RUN-TEST عملیات صحت‌سنجی و اعتبارسنجی مدل صورت گرفت و نتایج حاصله با استفاده از آزمون T-Student و آماره‌های مختلف شامل (MBE) ، (MAE)، (R^2) (RMSE) مورد آزمون قرار گرفتند. در گام بعدی جهت بررسی درجه ارتباط عملکرد گندم دیم با بارش دیدبانی‌شده، سه دوره زمانی شامل دوره کاشت تا برداشت، اول مهر تا۲۰ روز قبل از برداشت گندم و کل سال آبی مد نظر قرار گرفت. سپس درجه همبستگی بین بارش و عملکرد برای هر سه دوره فوق مورد آزمون قرار گرفت. لذا پس از بررسی نتایج، مشخص شد که در دوره زمانی اول مهر تا ۲۰ روز قبل از برداشت گندم دیم (فصل رشد)، همبستگی بهتری بین بارش و عملکرد در مناطق مختلف استان برقرار گردید. سپس ایستگاههای استان از لحاظ میزان بارش دریافتی در فصل رشد گندم، بر اساس رابطه بارش و عملکرد در دیم‌کاری به ۴ ناحیه تقسیم گردیدند: ۱- محدوده بارشی کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر ۲- محدوده بارشی بین۳۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر ۳- محدوده بارشی بین ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر ۴- محدوده بارشی بیشتر از ۵۰۰ میلی‌متر. سپس با توجه به روابط حاصل از همبستگی بارش- عملکرد برای نقاط دارای عملکرد استان، و به منظور افزایش تعداد نقاط جهت دقت در پهنه‌بندی عملکرد و با تعمیم این روابط به آمار ایستگاههای باران‌سنجی، نقشه پایه عملکرد گندم استان تهیه شد. در گام بعدی پس از اطمینان از توانمندی مدل جهت مدل‌سازی پارامترهای هواشناسی در استان گلستان، پیش‌بینی بارش برای یک دوره ۳۰ ساله آتی (۲۰۴۰- ۲۰۱۱) با استفاده از سه مدل گردش‌عمومی‌جوّ شامل ECHO-G ، HADCM3 و IPCM4 بر پایه سناریوی انتشار A2 و همچنین جهت ریز مقیاس‌نمایی از مدل LARS-WG استفاده گردید. با توجه به نتایج مشخص شد که مدل ECHO- G تحت سناریوی A2در تمامی ایستگاهها به استثنای ایستگاه مراوه‌تپه، میزان بارش کمتری را در فصل رشد گندم نسبت به دو مدل دیگر پیش‌بینی نمود. بنابراین با توجه به عدم قطعیت‌های موجود در پیش‌بینی‌های بلندمدت اقلیمی و همچنین از نقطه نظر تأثیرگذاری و سازگاری در صورتی که بتوان برای تغییرات اقلیمی شدیدتر آماده شد در برابر تغییرات اقلیمی خفیف‌تر نیز می‌توان انطباق‌پذیری خوبی داشت. بنابراین در این تحقیق از مدل ECHO-G تحت سناریوی A2 جهت پیش‌بینی عملکرد در دوره آتی استفاده شد. در گام آخر با توجه به بارش حاصل از خروجی مدل در دوره ۳۰ ساله آتی و با محاسبه و لحاظ نمودن محدوده بارشی هر ایستگاه و همچنین با استفاده از روابط ناشی از همبستگی بین عملکرد و بارش، مقادیر پیش‌بینی شده عملکرد برای دوره ۳۰ ساله آتی در هر منطقه به تفکیک بدست آمد و سپس این مقادیر به منظور تولید نقشه رقومی و قابل توصیف به محیط GIS منتقل شده و نقشه‌های پهنه‌بندی عملکرد استان تهیه گردید.

نتایج و بحث

ارزیابی و اعتبارسنجی مدل LARS-WG در شبیه‌سازی پارامترهای هواشناسی ایستگاه‌های استان

ابتدا داده‌های روزانه دیدبانی‌شده ایستگاه‌های هواشناسی در دوره آماری توسط مدل LARS-WG بازتولید و مورد آنالیز قرار گرفت. برای ارزیابی توانایی مدل میانگین‌های ماهانه دیدبانی‌شده و شبیه‌سازی شده در هر ایستگاه، با آزمون T-Student با یکدیگر مقایسه شدند. سپس

توانمندی کلی مدل در شبیه‌سازی داده‌های دیدبانی‌شده در دوره آماری با محاسبه آماره‌های مختلف در ایستگاه‌های مورد نظر محاسبه شد که نتایج آن برای ایستگاه گرگان در جدول۱ ارائه شده است. در گام دوم جهت کالیبراسیون (اعتبارسنجی) مدل، از آمار ۵ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی در یک دوره ۱۸ ساله (۲۰۱۰-۱۹۹۳) استفاده گردید. بدین نحو که داده‌های واقعی به دو دوره ۱۰ و ۸ ساله تقسیم شدند، سپس داده‌های ۱۰ ساله واقعی به مدل وارد گردید و پس از اجرای مدل، داده‌های ۸ ساله مستقل بازتولید و مورد آنالیز قرار گرفت که نتایج آن برای ایستگاه گرگان در جدول ۲ آورده شده است.

جدول۱- نتایج حاصل از ارزیابی مدل در دوره (۲۰۱۰-۱۹۹۳)
با استفاده از آماره‌های مختلف در ایستگاه گرگان

متغیر	دمای کمینه (°C)	دمای بیشینه (°C)	بارندگی (mm)	ساعت آفتابی (h
R^2	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷	۰/۸۳۴	۰/۸۹۹
RMSE	۰/۴	۰/۴	۹/۵	۰/۸
MBE	۰	-۰/۱	۲/۸	۰/۶
MAE	۰/۳	۰/۳	۷/۷	۰/۶

جدول۲- نتایج حاصل از اعتبارسنجی مدل با مقایسه داده‌ها
در دو دوره ۱۰ و ۸ ساله ایستگاه گرگان

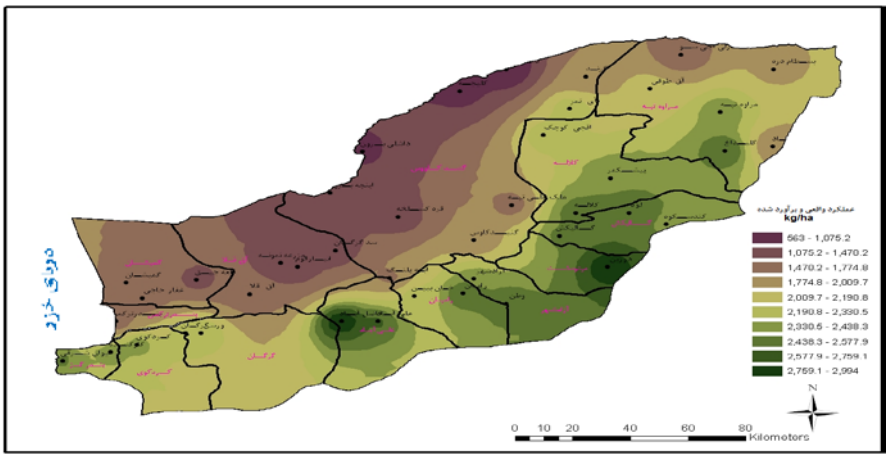
متغیر	دمای کمینه (°C)	دمای بیشینه (°C)	بارندگی (mm)	ساعت آفتابی (
R^2	۰/۹۹۹	۰/۹۹۷	۰/۷۸۷	۰/۹۳۷
RMSE	۰/۳	۰/۴	۸/۵	۰/۸
MBE	-۰/۱	۰/۱	-۰/۳	۰/۷
MAE	۰/۲	۰/۴	۷/۱	۰/۷

بررسی رابطه عملکرد گندم دیم و بارش فصل رشد شهرستان گرگان و کل استان

در شهرستان گرگان رابطه رگرسیونی بین بارش فصل رشد و عملکرد گندم دیم با ضریب تبیین ۰/۵۶ است و بیانگر تأثیر مثبت بارش در عملکرد گندم دیم در منطقه می‌باشد. شیب خط رگرسیون در شهرستان گرگان نشان داد که به ازای هر میلی‌متر افزایش بارش در دوره زمانی فصل رشد گندم، میزان عملکرد ۸/۹۵ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد. در شهرستان گرگان ضریب همبستگی بین مقادیر بارش دوره رشد و عملکرد گندم دیم در دوره تحت بررسی، حداقل در سطح اشتباه ۵ درصد معنی‌دار بود. در کل استان نیز بین عملکرد گندم دیم و میزان بارش رابطه همبستگی با ضریب تبیین ۰/۳۳ درصد برقرار بود. شیب خط نیز حاکی از آن بود که در کل استان گلستان به ازای هر میلی‌متر افزایش بارندگی در دوره زمانی فصل رشد گندم، به میزان ۲/۹ کیلوگرم در هکتار بر عملکرد گندم دیم افزوده می‌شود. در کل استان ضریب همبستگی بین مقادیر بارش دوره رشد و عملکرد گندم دیم در دوره تحت بررسی، حداقل در سطح اشتباه ۱ درصد معنی‌دار بود.

نقشه پایه عملکرد گندم دیم در استان

با توجه به شکل-۱ مشاهده می‌شود که ایستگاه‌های دده الوم و کلیجه در نوار شمالی استان بترتیب با ۵۶۳ و ۸۸۳ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد و ایستگاه‌های فاضل‌آباد و دوزین به ترتیب با ۲۹۹۴ و ۲۹۳۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را در بین ایستگاه‌های استان دارند. بطورکلی نوار شمالی استان دارای کمترین عملکرد و مناطق جنوبی استان دارای بیشترین عملکرد می‌باشند، به عبارت دیگر تقریبا هرچه از شمال استان به سمت مناطق جنوبی پیش می‌رویم عملکرد گندم دیم افزایش پیدا می‌کند. میانگین عملکرد گندم دیم در دوره آماری برای کل ایستگاه‌های استان ۱۹۷۳ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید.

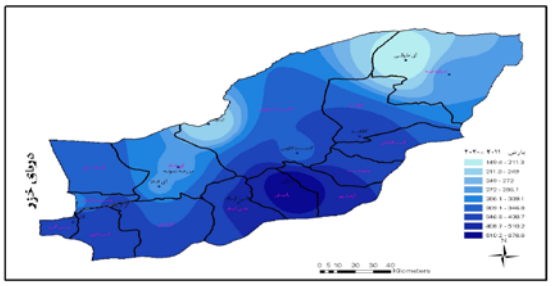


شکل ۱- نقشه پایه عملکرد گندم دیم در استان گلستان

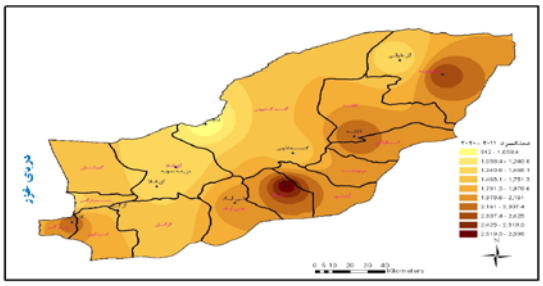
نتیجه‌گیری

تغییرات بارش و عملکرد گندم دیم پیش‌بینی شده در استان در دوره ۲۰۲۰-۲۰۱۱

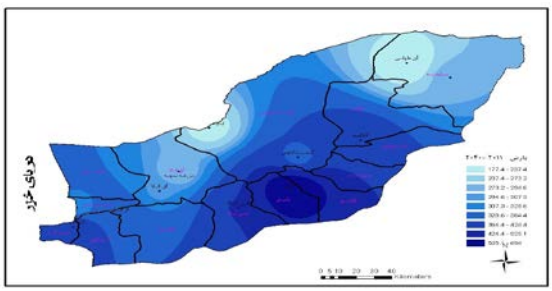
نتایج نشان داد که در دوره (۲۰۲۰-۲۰۱۱) در غرب استان میانگین بارش ۱۳/۸ درصد در مقایسه با بارش فصل رشد در دوره آماری کاهش خواهد داشت که به تبع آن عملکرد گندم دیم به میزان ۱۷/۲ درصد کاهش خواهد یافت. در شرق استان نیز بارش به میزان ۷/۴ درصد کاهش یافته و به تبع آن عملکرد به میزان ۱۱ درصد کاهش خواهد داشت. همچنین در کل استان در دوره فوق میانگین بارش ۳۸/۱ میلی‌متر (معادل-۱۰/۶ درصد) کاهش یافته و به دنبال آن عملکرد گندم به میزان ۱۴/۲ درصد (۲۸۷ کیلوگرم در هکتار) کاهش خواهد یافت.



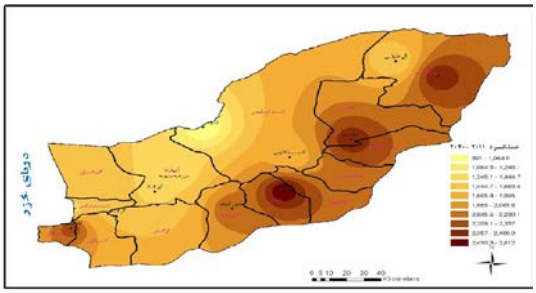
شکل۲- نقشه پهنه‌بندی بارش پیش‌بینی شده استان تحت سناریوی A2 در دوره ۲۰۲۰- ۲۰۱۱



شکل۳- نقشه پهنه‌بندی عملکرد پیش‌بینی شده گندم دیم استان در دوره ۲۰۲۰- ۲۰۱۱



شکل۴- نقشه پهنه‌بندی بارش پیش‌بینی شده استان تحت سناریوی A2 در دوره ۲۰۴۰- ۲۰۱۱



شکل ۵- نقشه پهنه‌بندی عملکرد پیش‌بینی شده گندم دیم استان در دوره ۲۰۴۰- ۲۰۱۱

تغییرات بارش و عملکرد گندم دیم پیش‌بینی شده در استان در دوره ۲۰۴۰- ۲۰۱۱

نتایج نشان داد که مدل LARS-WG توانمندی خوبی در شبیه‌سازی پارامترهای دیدبانی شده در ایستگاه‌های هواشناسی استان را دارد. بنابراین می‌تواند به عنوان یک مولد آب و هوا در مطالعات اقلیم و کشاورزی در استان گلستان مورد استفاده قرار گیرد. در دوره (۲۰۴۰-۲۰۱۱) در غرب استان میانگین بارش به میزان ۵۲/۷ میلی‌متر (معادل ۱۲/۵ درصد) در مقایسه با بارش فصل رشد در دوره آماری کاهش خواهد داشت که به تبع آن عملکرد گندم دیم در غرب استان به میزان ۱۶/۴ درصد (۳۳۱ کیلوگرم در هکتار) کاهش خواهد یافت. در شرق استان نیز میانگین بارش ۱/۹ میلی‌متر (معادل ۰/۵ درصد) کاهش یافته و منجر به کاهش عملکردی به میزان ۶/۳ درصد (۱۳۰ کیلوگرم در هکتار) خواهد شد. میانگین عملکرد گندم دیم در سطح استان نیز در دوره فوق ۱۸۱۳ کیلوگرم در هکتار پیش‌بینی شد. طبق نتایج کردجزی و همکاران طی۳۰ سال آینده میانگین بارش سالانه در منطقه غرب و شرق استان گلستان بترتیب ۱۲و ۲ درصد کاهش خواهد یافت. بطورکلی میانگین بارش در دوره رشد گندم دیم در سطح استان ۳۴۹/۴ میلی‌متر پیش‌بینی می‌شود که نسبت به دوره آماری ۲۷/۳ میلی‌متر (معادل۷/۴ درصد) کاهش خواهد داشت که به تبع آن عملکرد گندم به میزان ۱۱/۴ درصد (۲۳۱ کیلوگرم در هکتار) کاهش پیدا خواهد کرد. این نتیجه مشخص می‌کند که به دلیل کاهش ۷/۴ درصدی میانگین بارش و به دنبال آن کاهش ۱۱/۴ درصدی عملکرد گندم دیم در ۳۰ سال آتی، سطح زیر کشت گندم دیم در استان با کاهش روبرو خواهد شد. نصیری محلاتی و همکاران نیز در مطالعه خود کاهش ۱۸ درصدی میانگین عملکرد در سال ۲۰۲۵ و کاهش ۲۴ درصدی آن در سال ۲۰۵۰ را پیش‌بینی کردند و نشان دادند که سطح زیر کشت گندم دیم در مناطق دیم‌خیز کشور برای سال‌های ۲۰۲۵ و۲۰۵۰ میلادی به ترتیب به میزان ۲۵-۱۶ و ۳۳-۲۳ درصد کاهش خواهد یافت. مطابق نتایج به دست‌آمده می‌توان گفت که نواحی واقع در غرب استان در مقایسه با نواحی شرقی آن نسبت به تغییرات اقلیمی‌آینده آسیب‌پذیرتر بود که این امر ضرورت توجه به راهکارهای سازگاری از جمله استفاده از ارقام پرمحصول، تعیین تاریخ کشت جدید، انتخاب کشت‌های جایگزین و اتخاذ راهبردهای مدیریتی جدید در منطقه را ضروری می‌نماید.

منابع

کاظمینی، س. غدیری، ح. نجفعلی، ک. کامگار حقیقی، ع. ۱۳۸۷؛ اثر برهمکنش نیتروژن و مواد آلی بر رشد و عملکرد گندم دیم (Triticum aestivum)، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، شماره چهل و پنجم(ب).

کردجزی، م. ۱۳۸۹؛ بررسی تغییراقلیم در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی در استان گلستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران. ۱۳۰ ص.

کوچکی، ع. نصیری محلاتی، م. کمالی، غ. ۱۳۸۶؛ مطالعه شاخص‌های هواشناسی ایران در شرایط تغییراقلیم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۵ ، شماره ۱.

Mavromatis, Th. and Hansen, J.w. 2001:Inter annual variability characteristics and simulated crop response of four stochastic weather generators. Agricultural and forest Meteorology. 109: 283-29610.

Nassiri, M., Koocheki, A., Kamali, G.A. and Shahandeh, H. 2006: Potential of climate on rainfed wheat production in Iran, Archives of agronomy and soil science, 52(0):1-12.

Semenov, M.A., Brooks, R.J., Barrow, E.M., and Richardson, C.W. 1998: Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators in divers climates. Climate Research , 10: 95-107.

Stephens, D.J , Walker, G.K , Lyons, T.J. 1994: Forecasting Australian Wheat yields with a weighted rainfall index. Agricultural and forest Meteorology. P:274-263.