



یادداشت فنی

تأثیرات محتمل تغییر اقلیم بر مناطق مستعد کشت گندم در استان کردستان

حمیدرضا امیری^۱، حسن حبیبی^{۲*}، مسعود حقیقت^۳ و حامد عینی نرگسه^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۲۶

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی اثرات محتمل تغییر اقلیم بر مناطق مساعد کشت گندم در بخش‌هایی منتخب از استان کردستان با استفاده از مدل HadCM3 تحت سه سناریوی انتشار (A2 و A1B، B1) در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ می‌باشد. برای ریزمقیاس‌نمایی خروجی‌های این مدل، مولد داده LARS-WG مورد استفاده قرار گرفت. پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت گندم در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی ArcGIS نسخه 9.3 انجام شد. نتایج نشان داد که در دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۱) پهنه‌های مناسب برای کشت گندم در غرب و شمال غرب استان (محدوده ایستگاه‌های بانه، مریوان و سقز) واقعند که حدود ۲۸/۶ درصد از مساحت استان را در بر می‌گیرند. نتایج پهنه‌بندی نشان داد که تحت سناریوهای A1B، B1 و A2 در آینده محدوده مناسب برای کشت گندم ۳۴/۴ درصد افزایش می‌یابد و حدود ۶۳ درصد مساحت استان را شامل خواهد شد. بین سناریوهای مورد بررسی (A2 و A1B، B1) اختلاف معنی‌داری در تغییر سطح مناطق مطلوب کاشت گندم مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: گرمایش جهانی، پهنه‌بندی اقلیمی، مدل گردش عمومی، بارش فصلی، گندم

مقدمه

مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده و با توجه به ساختارهای محیط زیستی خود نسبت به تغییرات محیطی آسیب‌پذیر است. لذا با توجه به اینکه پدیده تغییر اقلیم در حال وقوع است، می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی داشته باشد (Eyshi Rezaie and Bannayan, 2012). تا کنون در زمینه پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت محصولات کشاورزی در داخل از کشور مطالعات متعددی انجام شده است. در یک پژوهش مناطق مستعد کشت زعفران به لحاظ میزان رطوبت نسبی و بارندگی در خراسان جنوبی بررسی شد (Kouzegaran et al., 2014). نتایج آن‌ها نشان داد که بیشتر مناطق استان در شرایط مناسب یا نیمه‌مناسب قرار دارند. آن‌ها بیان کردند که مناطق شمال و شمال شرقی استان دارای بهترین موقعیت از لحاظ بارندگی و رطوبت نسبی برای کشت زعفران می‌باشند و مناطق مرکزی نیمه مستعد و جنوب استان نامستعد هستند. (Bidadi et al., 2014) در یک مطالعه در حوزه قره‌سو مناطق مستعد کشت سویا را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پهنه‌بندی کردند. نتایج این

یکی از مهم‌ترین عواملی که بر عملکرد و تولید گیاهان زراعی تأثیر می‌گذارد، شناخت پارامترهای آب و هوایی از جمله دما و بارش (Eyshi Rezaie and Bannayan, 2012) است که این موضوع به خصوص در کشاورزی دیم از اهمیت بالایی برخوردار است (Sari Sarraf et al., 2009). یکی از تفاوت‌های عمده کشورهای توسعه یافته با سایر کشورها شناخت کامل از پارامترهای کنترل نشده مانند پارامترهای اقلیمی و بهره بردن از آن‌ها به نفع تولید و کشاورزی است. در حالی که همین پارامترهای اقلیمی به علت عدم شناخت کافی از آن‌ها همه‌ساله خسارت‌های بسیاری به کشاورزی وارد می‌نمایند (Soltani et al., 2006). کشور ایران در

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران

^۲ استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران

(*نویسنده مسئول: habibih2011@gmail.com)

DOI: 10.22125/agmj.2019.113745.

^۳ کارشناس ارشد هواشناسی کشاورزی، سازمان هواشناسی کشور، تهران

^۴ دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه

تربیت مدرس، تهران

محاسبه داده‌های پرت و گم شده از برنامه WeatherMan استفاده شد (Hoogenboom et al., 2003).

مدل گردش عمومی جو و سناریوهای انتشار

پس از آماده‌سازی داده‌های آب و هوایی، برای شبیه‌سازی اقلیم آینده مناطق مورد مطالعه از مدل گردش عمومی HadCM3 استفاده شد. به دلیل ماهانه بودن دما و بارش و بزرگ مقیاس بودن این مدل، و نیاز به داده‌های روزانه از تکنیک ریزمقیاس‌نمایی استفاده شد (Wilby and Wigley, 1997). یکی از کاربردی‌ترین برنامه‌هایی که در داخل و خارج از کشور برای ریزمقیاس‌نمایی از آن استفاده می‌شود (LARS-WG (Semenov and Barrow, 2002) است. به دلیل عدم قطعیت روند انتشار گازهای گلخانه‌ای از سناریوهای مختلف استفاده می‌شود (Agarwal, 1994). تحقیق حاضر تحت سه سناریوی انتشار (A1B, B1, A2) در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ به انجام رسید. شرح بیشتر سناریوهای مورد استفاده در منبع (Nakicenovic and Swart, 2000) ارائه شده است.

اعتبارسنجی مدل اقلیمی

پس از شبیه‌سازی اقلیم در مناطق مورد مطالعه، به منظور اطمینان از دقت شبیه‌سازی LARS-WG از شاخص جذر میانگین مربعات (nRMSE) استفاده شد (Wallach and Goffinet, 1987) که اختلاف نسبی بین مقادیر شبیه‌سازی و واقعی را نشان می‌دهد. در نهایت خروجی LARS-WG شامل تابش، بارش، دمای کمینه و بیشینه در مقیاس روزانه در هر ایستگاه هواشناسی برای پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت در استان کردستان مورد استفاده قرار گرفتند.

پهنه‌بندی

به منظور پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت گندم دیم مراحل حساس دوره رشد گندم شامل جوانه‌زنی، گلدهی و دوره پر شدن دانه تعیین شدند. نیازهای رویشی مطلوب برای کشت گندم دیم در مراحل حساس دوره رشد انتخاب شدند. سپس با توجه به نیاز رطوبتی سالانه گندم دیم و تفاوت‌های میزان بارش سالانه در قسمت‌های مختلف استان، کلاس‌های مختلف تعریف و برای هر کلاس بر اساس اهمیت مراحل رشد گندم دیم ارزش وزنی (Sys et al., 1993) در نظر گرفته شد و اطلاعات

بررسی نشان داد حدود ۹۳ درصد از مساحت اراضی زراعی حوزه قره‌سو و ۱۲ درصد از مساحت کل اراضی حوزه برای کشت سویا دارای تناسب بالایی بودند. نتایج یک بررسی دیگر نشان دادند که استان فارس را می‌توان از نظر قابلیت کشت گندم دیم به چهار ناحیه بسیار مناسب، مناسب، متوسط و نامناسب تقسیم‌بندی کرد (Fallah Ghalhari et al., 2015). در تحقیقی با استفاده از سه روش طبقه‌بندی فائو، پاپاداکیس و یونسکو نشان داده شد که استان کرمانشاه مطلوبیت قابل قبولی برای دیم‌کاری گندم دارد (Bazgeer et al., 2018). استان کردستان در بین سایر مناطق کشور بیشترین سطح زیر کشت گندم دیم را دارا بوده به طوری که حدود ۵۳۶ هزار هکتار از اراضی این استان به کشت گندم دیم تعلق دارد (Ministry of Agriculture Jihad, 2014). لذا در صورتی که بتوان با توجه به نیازهای دمایی و رطوبتی این محصول، مناطق مستعد کشت گندم دیم استان کردستان را در شرایط تغییر اقلیم آینده شناسایی کرد، در نهایت می‌توان امیدوار بود با توجه به پدیده تغییر اقلیم، با شناسایی مناطق مستعد کشت به عملکرد بیشتری دست یافت. با توجه به این که تاکنون تحقیقی در زمینه شناسایی مناطق مستعد کشت گندم دیم در استان کردستان به انجام نرسیده است، لذا این تحقیق به منظور پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت گندم دیم استان کردستان در شرایط تغییر اقلیم به انجام خواهد رسید.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

تحقیق حاضر در هفت منطقه بیجار، قروه، سنندج، زرینه، سقز، بانه و مریوان در استان کردستان به منظور بررسی مناطق مستعد کشت گندم دیم در شرایط تغییر اقلیم انجام شد. در این مطالعه به منظور شبیه‌سازی اقلیم آینده استان کردستان تحت سناریوهای مختلف انتشار داده‌های بلندمدت آب‌وهوایی مورد نیاز شامل تابش ($MJ m^{-2} d^{-1}$)، بارش (mm) و دماهای کمینه و بیشینه ($^{\circ}C$) از سازمان هواشناسی کشور دریافت شدند. اما با توجه به این که در بسیاری از ایستگاه‌های هواشناسی مقدار تابش ثبت نمی‌شود، لذا با در اختیار داشتن تعداد ساعات آفتابی و با استفاده از رابطه آنگستروم (Prescott, 1940) مقدار تابش در مناطق مورد مطالعه به دست آمد. برای اصلاح و

Ghahroudi) و روش Thiessen استفاده شد (ArcMap9.3
(et al., 2015).

نتایج و بحث

ارزیابی مدل LARS-WG

نتایج نشان داد که مدل LARS-WG مقادیر تابش
(۱/۸۶)، دمای کمینه (۴/۶) و بیشینه (۱/۴۵) را به خوبی
شبیه‌سازی می‌کند اما در شبیه‌سازی بارش (۱۲/۹۶) در
مقایسه با دیگر پارامترهای اقلیمی ضعیف‌تر عمل می‌کند.
در مطالعات دیگر نیز نشان داده شده که دقت این مدل
در شبیه‌سازی بارش در مقایسه با سایر پارامترها کمتر است
(Deihimfard et al., 2016; Rahmani et al., 2016).
البته لازم به ذکر است که با وجود اینکه دقت شبیه‌سازی
بارش در این مدل کمتر از دیگر پارامترها است، اما در
مطالعات مختلف داخل و خارج از کشور از این مدل به
عنوان یک ریزمقیاس‌کننده کاربردی استفاده می‌شود
(Semenov, 2009; Semenov and Stratonovitch,)
(2010; Gohari et al., 2013).

تحلیل داده‌های گندم دیم بر اساس مراحل حساس رشد در استان کردستان

به طور کلی نتایج نشان دادند که مقدار پارامترهای
اقلیمی (بارش و دما) تحت شرایط تغییر اقلیم در بیشتر
موارد نسبت به دوره پایه افزایش خواهند یافت (جدول
۱). بر اساس نتایج به دست آمده تنها در پارامترهای
بارش دوره جوانه‌زنی (تحت همه سناریوهای مورد بررسی)
و بارش دوره گلدهی (تحت سناریوهای A1B و A2)
درصد تغییرات نسبت به گذشته منفی بود.

پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت گندم دیم تحت شرایط تغییر اقلیم آینده

نتایج پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت گندم دیم در
شرایط تغییر اقلیم آینده نشان داد که تحت سناریوهای
A1B, B1 و A2 در آینده محدوده مناسب با ۳۴/۴ درصد
رشد به ۱۷۷۵۵ کیلومترمربع (۶۳ درصد مساحت استان)
افزایش می‌یابد و از محدوده متوسط و نامناسب کاسته
خواهد شد به نحوی که منطقه متوسط به ایستگاه زرینه و
منطقه نامناسب به ایستگاه بیجار محدود می‌شود (شکل
۱). لازم به ذکر است که در دوره پایه ۲۸/۶ درصد از

حاصل با استفاده از نرم‌افزار ArcMap به نقشه رقومی
تبدیل شد. به منظور مکان‌یابی مناطق مستعد کشت گندم
دیم و انطباق نیازمندی‌های اقلیمی گیاه زراعی با خصوصیات
اراضی، بر اساس روش پارامتریک (عددی) عمل شد. در این
روش یک درجه‌بندی در مقیاس ۱۰۰-۰ به سطوح
محدودیت نسبت داده شد و با استفاده از معادله ۱ (روش
استوری) شاخص نهایی اقلیمی به دست آمد (Storei,)
(1976).

$$CI = \frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \dots \quad (1)$$

برای محاسبه شاخص اقلیم، پایین‌ترین درجه اختصاص
داده شده در هر گروه انتخاب شد. اگر مقدار عددی
شاخص اقلیم کمتر از ۲۵ باشد برای تبدیل این شاخص
به درجه اقلیم از معادله ۲ استفاده می‌شود.

$$CR = 1.6 \times CI \quad (2)$$

چنانچه مقدار شاخص اقلیم بیشتر از ۲۵ باشد از
معادله ۳ استفاده می‌شود.

$$CR = 16.6 + 0.9 \times CI \quad (3)$$

در این معادله‌ها CI و CR به ترتیب شاخص اقلیم و
درجه اقلیم می‌باشند. شاخص‌ها با استفاده از درجات
اختصاص داده شده به هر مشخصه اقلیم با روش عددی
(روش استوری) محاسبه شد. سپس کم‌ترین شاخص به
عنوان عامل اصلی محدود کننده در معادله‌های ۲ و ۳ قرار
گرفت و شاخص اقلیمی هر ایستگاه تعیین شد. مبنای این
درجه‌بندی بر اساس روش Sys et al., (1993) می‌باشد.
سپس بر اساس پارامترهای درجه و کلاس اقلیمی لایه‌های
اطلاعاتی مورد نیاز در محیط ArcMap تهیه شد که
عبارت از توزیع بارش سالانه، بارش دوره رشد، بارش دوره
جوانه‌زنی (آبان)، بارش دوره گل‌دهی (اردیبهشت)، بارش
دوره دانه‌بندی (خرداد) و میانگین دماهای سالانه، دوره
رشد، دوره جوانه‌زنی (آبان)، دوره گل‌دهی (اردیبهشت) و
دوره دانه‌بندی (خرداد) بودند. بعد از تهیه این لایه‌ها، کار
طبقه‌بندی و رتبه‌بندی هر لایه بر اساس روش عددی
(روش استوری) و جدول نیازهای اقلیمی گندم دیم
(Sys et al., 1993) در چهار طبقه بسیار مناسب (بسیار
مستعد)، مناسب (مستعد)، متوسط و نامناسب (غیر
مستعد) صورت گرفت (Mehraban et al., 2006). در این
مطالعه برای تهیه نقشه‌های مناطق مستعد کشت گندم
دیم و پهنه‌بندی آن در استان کردستان از نرم‌افزار

سطح استان کردستان در طبقه مناسب قرار داشت (۸۰۶۶ کیلومتر مربع از مساحت استان).

جدول ۱- تغییرات پارامترهای اقلیمی (درصد) برای مراحل حساس فصل رشد تحت شرایط تغییر اقلیم در استان کردستان

Table 1- Changes in climate parameters (%) for critical stages of growing season under climate change conditions in Kurdistan province

climate parameters	Baseline	Changes (%)		
		A2	A1B	B1
Annual rainfall (mm)	499.62	+1.9	+1.6	+6.6
Annual temperature (°C)	11.63	+6.6	+5.5	+6.1
Rainfall during growing season (mm)	227.25	+3.1	+3	+7.7
Temperature during growing season (°C)	13.22	+6.6	+5.6	+6.2
Rainfall during germination period (mm)	76.41	-5	-8.9	-1.2
Temperature during germination period (°C)	8.82	+9.8	+5.5	+6.4
Rainfall during flowering period (mm)	56.67	-4.7	-2.8	+1
Temperature during flowering period (°C)	13.38	+7.2	+6.8	+7.4
Rainfall during grain filling period (mm)	11.84	+18.1	+21	+26.2
Temperature during grain filling period (°C)	19.68	+4.5	+4.8	+4.7

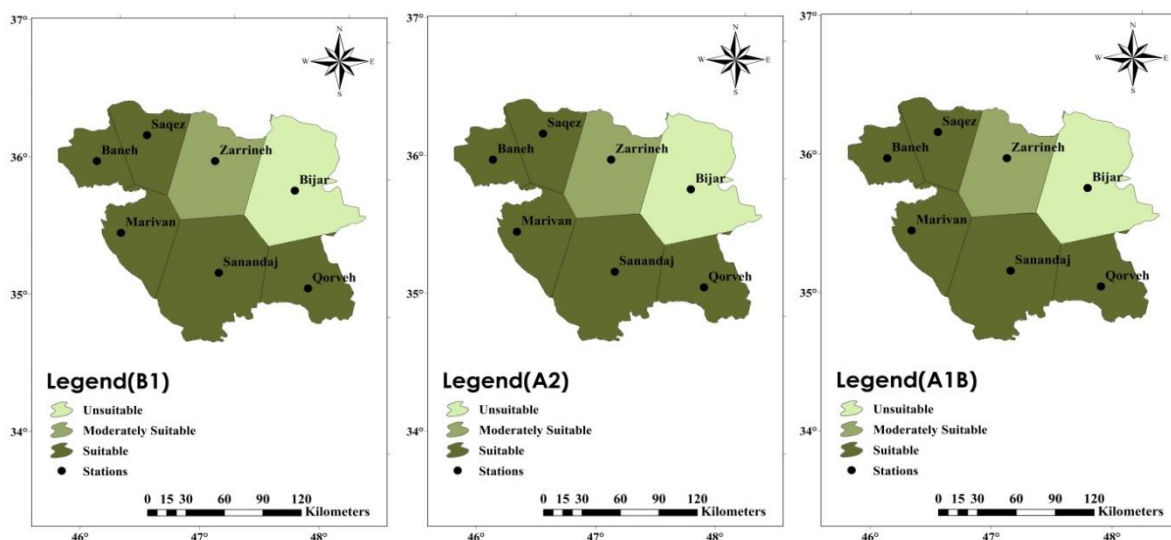


Figure 1- Zoning suitable regions for rain-fed wheat cultivation under different scenarios in Kurdistan Province

شکل ۱- پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت گندم دیم تحت سناریوهای مختلف در استان کردستان

کیلومتر مربع (۳۳ درصد از مساحت استان) در دوره پایه به ۶۰۱۳ کیلومتر مربع (۲۱/۳ درصد از مساحت استان) رسید (واقع در شرق استان کردستان در محدوده شهرستان بیجار). دلیل این امر نیز دماهای بحرانی در طول سال و مرحله جوانه‌زنی و بارش نامناسب در طول دوره رشد بود. لازم به ذکر است بین سناریوهای مورد بررسی (B1، A1B و A2) اختلافی مشاهده نشد. با توجه به اینکه تحقیق حاضر در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ انجام شده است، به نظر می‌رسد بررسی دوره‌های دورتر (تا انتهای قرن جاری) می‌تواند تاثیر تغییر اقلیم را بهتر و دقیق‌تر بررسی کند تا اختلاف بین سناریوها مشخص‌تر شود. در همین راستا نتایج پهنه‌بندی وقوع خشکسالی در استان فارس نشان داد که بین سناریوهای مورد بررسی (B1،

به طور کلی نیمه غربی و جنوبی استان شامل مناطق سقز، بانه، مریوان، سنندج و قروه در طبقه مناسب برای کشت گندم دیم قرار خواهد گرفت. از دلایل مناسب بودن این محدوده می‌توان به دارا بودن بارش مناسب سالانه و بارش دوره جوانه‌زنی و گل‌دهی و فقدان دماهای خیلی پایین به ویژه در مرحله جوانه‌زنی و گل‌دهی، اشاره کرد. در شرایط تغییر اقلیم آینده از مساحت طبقه متوسط برای کشت گندم دیم کاسته شد و از ۱۰۸۳۴ کیلومتر مربع (۳۸/۴ درصد از مساحت استان کردستان) در دوره پایه به ۴۴۳۵ کیلومتر مربع (۱۵/۷ درصد از مساحت استان کردستان) از کل مساحت استان رسید (قسمت شمالی استان در ایستگاه زرینه) که از دلایل این امر می‌توان از بارش نسبتاً کافی در طول دوره رشد و گل‌دهی نام برد. در نهایت مساحت طبقه نامناسب از ۹۳۰۲

میانگین دمای استان و ۱۶/۸۹ میلی‌متر افزایش بارندگی سالانه، ۱۰/۴۸ میلی‌متر افزایش بارندگی دوره رشد، ۹/۲۴ میلی‌متر بارندگی مرحله گل‌دهی و ۲/۵۷ میلی‌متری بارندگی مرحله دانه‌بندی، مناطق مستعد کشت گندم دیم در آینده افزایش می‌یابد (از ۲۸/۶ به ۶۳ درصد کل مساحت استان). این در حالی بود که از مناطق نامناسب کشت گندم دیم در شرایط تغییر اقلیم در مقایسه با دوره پایه کاسته شد (از ۳۳ درصد به ۲۱/۳ درصد مساحت استان کاهش یافت).

منابع

- Aggarwal, P. K. 1994. Simulating the effect of climatic factors, genotype and management on productivity of wheat in India. Agricultural Research Institute, PP. 1-11.
- Bazgeer, S., Momenpour, S. E., Mohammadi, H. 2018. Comparative study of three agroclimatic classification methods for determination of suitable regions of rainfed wheat cultivation. *Journal of Agricultural Meteorology*, 6(1): 50-61. (In Farsi)
- Bidadi, M. J., Kamkar, B., Abdi, O. 2014. Suitable areas zoning of soybean cropping in Qaresoo basin by geographical information systems (GIS). *Electronic Journal of Crop Production*, 7(2): 175-187. (In Farsi).
- Deihimfard, R., Eyni-Nargeseh, H., Haghghat, M. 2016. Zoning of drought incident in Fars province under climate change conditions using standardized precipitation index. *Journal of Agroecology*, 7(4): 528-546. (In Farsi).
- Eyshi Rezaie, E., Bannayan, M. 2012. Rainfed wheat yields under climate change in northeastern Iran. *Meteorological Applications*, 19: 346-354.
- Fallah Ghalhari, Gh., Asadi, M., Dadashi Roudbari, A. 2015. Determination of suitable regions for wheat cultivation in Fars province. *Journal of Agricultural Meteorology*, 3(2): 68-73. (In Farsi).
- Ghahroudi Tali, M., Babaei Fini, O., Ataei, H. 2015. Introduction to Geographic Information Systems. Payam Noor University, 234 pages.
- Gohari, A., Eslamian, S., Abedi-Koupaei, J., Massah Bavani, A., Wang, D., Madani, K. 2013. Climate change impacts on crop production in Iran's Zayandeh-Rud River Basin. *Science of Total Environment*, 44:

A1B و A2) اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (Deihimfard et al., 2016).

نتیجه‌گیری

هدف از این تحقیق، بررسی و تعیین مناطق مستعد کشت گندم دیم تحت شرایط تغییر اقلیم در استان کردستان بود. بر اساس یافته‌های این پژوهش LARS-WG به خوبی تابش و دماهای کمینه و بیشینه را در آینده شبیه‌سازی کرد اما در شبیه‌سازی بارش ضعیف عمل کرد. در مجموع با توجه به افزایش ۰/۷ درجه سانتی‌گراد

- Hoogenboom, G., Jones, J. W., Porter, C. H., Wilkens, P. W., Boote, K. J., Batchelor, W. D., Hunt, L. A., Tsuji, G. Y. (Editors). 2003. Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 4.0. Vol. 1: Overview. University of Hawaii, Honolulu, HI.
- Kouzegaran, S., Mousavi Baygi, M., Sanaeinejad, H., Behdani, M. A. 2014. Identification relevant areas for saffron cultivation according to precipitation and relative humidity in South Khorasan using GIS. *Journal of Saffron Research*, 1(2): 85-96. (In Farsi).
- Mehraban, A., Ghafari, A., Ghanbari Banjar, A., Jalali, N. 2005. Climatic zoning for rainfed wheat in Moghan and Ardabil townships. *Journal of Agriculture Science*, 15 (4): 1-13. (In Farsi)
- Ministry of Agriculture Jihad. 2014. Agricultural statistics, 2013-2014, volume 1. Available at: <http://www.maj.ir/Portal/Home/>.
- Nakicenovic, N., Swart, R. 2000. Emissions scenarios Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Prescott, J. A. 1940. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. *Transactions of the Royal Society of South Australia*, 64: 114-118.
- Rahmani, M., Jami Al-Ahmadi, M., Shahidi, A., Hadizadeh Azghandi, M. 2016. Effects of climate change on length of growth stages and water requirement of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) (Case study: Birjand plain). *Journal of Agroecology*, 7(4): 443-460. (In Farsi).
- Sari Sarraf, B., Bazgir, S., Mohammadi, Gh. H. 2009. Zoning the climatic potentials of dry-farming wheat cultivation in the west Azarbaijan (Iran). *Geography and Development Iranian Journal*, 7(13): 5-26. (In Farsi).

- 405-419.
- Semenov, M. A. 2009. Impacts of climate change on wheat in England and Wales. Royal Society, 6: 343-350.
- Semenov, M. A., Barrow, E. M. 2002. LARS-WG: A Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies, Version 3.0, User's Manual.
- Semenov, M. A., Stratonovitch, P. 2010. Use of multi-model ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts. *Climate Research*, 41: 1-14.
- Soltani, A., Robertson, M. J., Mohammad-Nejad, Y., Rahemi-Karizaki, A. 2006. Modeling chickpea growth and development: leaf production and senescence. *Field Crops Research*, 99: 14-23.
- Storie, R. E. 1976. Storie Index Soil Rating. Special publication Div. Journal of Agricultural Science. No. 3203, University of California, Berkeley.
- Sys, C., Van Ranst, E., Debaveye, I. J., Beernaert, F. 1993. Land evaluation. Part III: Crop Requirements. General Administration for Development Cooperation, Agricultural Publication-No. 7, Brussels-Belgium. 199 pages.
- Wallach, D., Goffinet, B. 1987. Mean squared error of prediction in models for studying economic and agricultural systems. *Biometrics*, 43: 561-576.
- Wilby, R. L., Wigley, T. M. L. 1997. Downscaling general circulation model output: A review of methods and limitations. *Progress in Physical Geography*, 21: 530-548.

Technical Note

Possible effects of climate change on suitable rain-fed wheat cultivation regions in Kurdistan province

H. Amiri¹, H. Habibi^{2*}, M. Haghghat³, H. Eyni-Nargeseh⁴

Received: 06/11/2017

Accepted: 17/12/2018

Abstract

This study was aimed to investigate the possible effects of climate change on rain-fed wheat cultivation regions in Kurdistan province, Iran, using HadCM3 model outputs under three climate change scenarios (B1, A1B and A2) during 2011-2030 period. The statistical weather generator model, LARS-WG was used to downscale climate variables. The agroclimatic zoning of suitable regions was performed utilizing ArcGIS 9.3 program. In the baseline period (1991-2010), suitable regions for rain-fed wheat cultivation were mainly located in west and northwestern regions of Kurdistan Province namely, Baneh, Marivan and Saez stations which cover about 28.6 % of the total province area. Results of agroclimatic zoning during the future period showed that suitable regions area will increase by 34.4 % (63 % of the total area) under B1, A1B and A2 scenarios. No significant difference was observed between three climate change scenarios.

Keywords: Global warming, Climatic zoning, Global circulation model, Seasonal rainfall, Wheat



¹ M. Sc. Graduate in Agroecology, Department of Agronomy, faculty of Agronomy, Shahed University, Tehran, Iran

² Assistant Professor, Department of Agronomy, faculty of Agronomy, Shahed University, Tehran, Iran
(*Corresponding Author's Email Address: habibih2011@gmail.com)

DOI: 10.22125/agmj.2019.113745.

³ M. Sc. in Agricultural Meteorology, Iran Meteorological Organization, Tehran, Iran

⁴ Ph. D. Candidate, Department of Agronomy, faculty of Agronomy, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran