



تأثیر تغییر اقلیم بر تقویم زراعی گندم بر مبنای سناریوی خوشبینانه واداشت تابشی (مطالعه موردی: جنوب استان خوزستان)

فاطمه امیری^۱، حسن لشکری^{۲*}، جبرائیل قربانیان^۳، جعفر مرشدی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۰۲

چکیده

هدف از این تحقیق، آشکارسازی روند تغییرات اقلیمی در ایستگاه‌های مطالعاتی در جنوب استان خوزستان (آبادان، اهواز و دزفول) در دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۸۰) و بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تقویم زراعی گندم در ایستگاه دزفول بر اساس سناریوی واداشت تابشی RCP2.6 است. داده‌های اقلیمی آینده تا سال ۲۰۴۰ با استفاده از پایگاه داده‌های CCAFS و WorldClim1.4 با تفکیک زمانی ۵ دقیقه‌ای دریافت و توسط مولد هواشناسی SDSM مقیاس کاهی شد. در مرحله بعد نقشه متغیرهای بارش، دمای کمینه و بیشینه در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.4 با روش IDW ترسیم شد. با توجه به هدف مطالعه، تغییرات محتمل طول فصل رشد در منطقه دزفول بررسی گردید. نتایج نشان داد که تا سال ۲۰۴۱ مراحل فنولوژیکی از کاشت تا برداشت حدود ۱۵ روز کوتاه‌تر خواهد شد. تقدم زمانی در مرحله ظهور سنبله در انتهای دوره آینده، به‌طور متوسط ۸ تا ۱۰ روز خواهد بود. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی یک نوسان مشاهده شد، به‌طوری‌که از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۱ مرحله رسیدگی دانه بین ۲۲ فروردین تا ۳ اردیبهشت متغیر است. ولی از سال ۲۰۳۱ تا ۲۰۴۰ بین اول فروردین تا ۲۲ فروردین متغیر می‌باشد. به عبارت دیگر، پیش‌نگری مؤید آن است که رسیدگی گندم نسبت به دوره پایه بین ۱۰ تا ۱۵ روز زودتر رخ می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، فصل رشد، گندم، سناریو، دزفول

مقدمه

که کشاورزی مستقیماً به شرایط اقلیمی وابسته است و تغییر اقلیم اثرات محسوسی بر بخش کشاورزی دارد، لذا بررسی پیامدهای این اثرات می‌تواند برای آینده بخش کشاورزی هر کشوری مفید باشد. کشاورزی به علت ارتباط بسیار نزدیک با شرایط آب و هوایی نسبت به تغییر اقلیم آسیب‌پذیر است، زیرا رشد و عملکرد بهینه گیاهان زراعی در دامنه خاصی از متغیرهای آب و هوایی امکان‌پذیر است و تغییر اقلیم می‌تواند دامنه بهینه در رابطه با دمای مورد نیاز برای رشد گیاه را دستخوش تغییر کند (Ranuzzi and Srivastava, 2012). از آنجایی که در تاریخ‌های مختلف کشت شرایط محیطی مانند طول فصل رشد، فتوپریود، دمای هوا و عواملی مانند رطوبت قابل دسترس با یکدیگر تفاوت دارند و به‌علاوه کاهش رشد رویشی باعث کاهش

بر اساس گزارش IPCC، میانگین دمای جهان تا سال آینده ۰/۶ تا ۲/۵ درجه سانتی‌گراد و تا پایان قرن حاضر ۱/۱ تا ۶/۴ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد؛ که آثار این تغییرات در مناطق گرم و خشک بسیار شدید خواهد بود (Koocheki and Nassiri Mahallati, 2008; Parry et al., 2004). از آنجا

^۱ دانشجوی دکتری گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، شهر اهواز، ایران

^۲ استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

(*)نویسنده مسئول: h-lashkari@sbu.ac.ir

^۳ استادیار، گروه اقلیم شناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

نحوه ارجاع مقاله:

امیری، ف.، لشکری، ح.، قربانیان، ج.، مرشدی، ج. ۱۴۰۱. تأثیر تغییر اقلیم بر تقویم زراعی گندم بر مبنای سناریوی خوشبینانه واداشت تابشی (مطالعه موردی: جنوب استان خوزستان). نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۲۸-۴۵. DOI: 10.22125/agmj.2022.242504.1100
Amiri, F., Lashkari, H., Gorbanian, J., Morshedi, J. 2022. Impact of climate change on the wheat crop calendar under RCP2.6 scenario (Case study: South of Khuzestan Province). Journal of Agricultural Meteorology, 10(1): 28-45. DOI: 10.22125/agmj.2022.242504.1100

پرداخت و نتایج مطالعات وی نشان داد اثرات تغییر اقلیم در استرالیا باعث افزایش قابل توجهی در تولید گندم (در برخی از نقاط تا ۶۵ درصد) خواهد شد. (Kokic et al., 2005) اثرات طولانی مدت تغییرات آب و هوایی بر عملکرد محصولات زراعی استرالیا را مورد مطالعه قرار دادند. آنان اصلاح مدیریت آبیاری، ایجاد فناوری های جدید و استفاده از گونه های مقاوم به خشکی را از جمله راهکارهای مقابله با تغییرات طولانی مدت اقلیمی دانستند. (Smith et al., 2010) در پژوهشی به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی محصولات کشاورزی (مرکبات، پسته، زردآلو، انگور، پیاز و سیب زمینی) در جنوب استرالیا پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که نیاز آبی دو محصول زردآلو و پسته در دهه ۲۰۳۰ افزایش می یابد. در ایران در این زمینه می توان به مطالعات (Koochaki and Nasiri, 2008; Morovat et al., 2020; Keikhosravi and Hosseininia, 2013) اشاره کرد. (Zarakani et al., 2014) با بررسی اثر تغییر اقلیم بر اقتصاد گندم دیم در خراسان شمالی نشان دادند که تغییر اقلیم باعث افزایش عملکرد محصول می گردد. (Ghiyasi et al., 2017) در پژوهشی به تاثیر ترکیبات آلی بر عملکرد گندم در مزرعه تحقیقاتی در ارومیه پرداختند و نتایج نشان داد که ترکیبات آلی و نوع آب به طور قابل توجهی بر تعداد سنبله بارور، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، روزهای ظهور سنبله، روزها تا بلوغ فیزیولوژیکی، ارتفاع بوته و تعداد دانه در سنبله تأثیر می گذارد. تغییر اقلیم در عصر حاضر به عنوان مهم ترین تهدید برای توسعه پایدار مطرح است، که به منابع طبیعی، منابع پایه، محیط زیست، سلامت انسان، امنیت غذایی، فعالیت های اقتصادی و غیره آسیب می رساند. بخش کشاورزی به سبب تعاملات گسترده و مستقیم با محیط، بیشترین تأثیر را از فرآیند پدیده تغییر اقلیم می پذیرد. در این تحقیق بر بسیاری از اثرات تغییر اقلیم بر کشاورزی رایج اشاره شده است. (Jahantigh et al., 2016) در پژوهشی به تأثیر تغییر اقلیم بر تقویم کشت گندم و نیاز آبی آن در استان سیستان و بلوچستان پرداختند. نتایج نشان داد که مدیریت تقویم کشت گندم راه کاری موثر برای دستیابی به کشاورزی پایدار در اقلیم آینده استان سیستان و بلوچستان می باشد. (Naserin and Mousavi 2017)

عملکرد در کشت دیم می شود، لذا در تاریخ های مختلف کاشت نیاز به ارقام خاص است. در مدیریت زراعی اغلب مناطق کشاورزی، تاریخ کاشت تاثیر عمده ای بر سرعت رشد، طول دوره رشد و عملکرد دانه دارد (Rahmani et al., 2012). هدف از تعیین تاریخ کاشت یافتن زمان کاشت رقم یا گروهی از ارقام مشابه یک گیاه است. بطوریکه مجموعه عوامل محیطی حادث در آن زمان برای سبز شدن، استقرار و بقاء گیاه مناسب باشد و ضمن اینکه گیاه حتی الامکان در هر مرحله از رشد با شرایط مطلوب اقلیمی مواجه شود، کمترین مواجهه را با شرایط نامطلوب یا ناسازگار اقلیمی داشته باشد. لذا بهترین تاریخ کشت، منجر به حصول حداکثر عملکرد در مقایسه با سایر تاریخ های کاشت می گردد. از آنجایی که عوامل اقلیمی منطقه مهم ترین عوامل تعیین کننده تاریخ کشت یک گیاه محسوب می شوند، تعیین تاریخ کشت گیاه با استفاده از این عوامل اقلیمی امری رایج است (Khajehpour and Naeni, 2002). در زمینه اثر تغییر اقلیم بر کشاورزی مطالعات زیادی در جهان انجام گرفته است. در قاره آفریقا، گرمایش جهانی احتمالاً به طور منفی تولید محصولات غذایی اصلی (برنج، گندم، ذرت، لوبیا و سیب زمینی) را تغییر می دهد. گندم و ذرتی که با شرایط اقلیمی عرض های جنب حاره سازگار شده اند، ممکن است در نتیجه افزایش دما با کاهش محصول همراه باشد. برنج نیز ممکن است در نتیجه دماهای بالاتر در منطقه از بین برود (Pimentel 1993). Zhang (1994) آزمایش های متعددی برای تعیین اثرات تغییرات دما و بارندگی روی رشد و نمو گندم زمستانه در کشور چین انجام داد. نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرات درجه حرارت نسبت به بارندگی از اهمیت بیشتری بر روی عملکرد دانه برخوردار است. (Brignal and Roudseveu 1995) مدلی جهت ارزیابی اثرات تغییر عوامل اقلیمی از سالی به سال دیگر روی پتانسیل گندم زمستانه در انگلستان و ولز ارائه دادند. آن ها به این نتیجه رسیدند که با افزایش میانگین درجه حرارت از یک به دو درجه سانتی گراد خطر خشکی افزایش یافته و به دلیل افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل، طول دوره ای که خاک در حد ظرفیت نگهداری است، کاهش می یابد. (Obsi 2000) به بررسی اثرات تغییر اقلیم از بعد اقتصادی - اجتماعی

منحنی هم‌ارتفاع ۱۵۰ متر قرار داشتند دارای ویژگی دمایی گرمسیری بودند. این منطقه عموماً مناطق دشتی استان را در بر می‌گرفت. به همین دلیل خط هم‌ارتفاع عبوری از این منحنی میزان که از نزدیک پایکوه‌های زاگرس میانی عبور می‌کرد، جداسازی شد. در شکل ۲ این منطقه، از سایر نقاط استان تفکیک شده است.

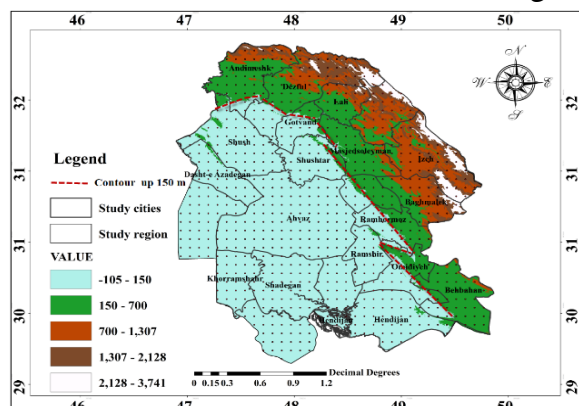


Figure 2- Determining the tropical boundary of areas under 150 meters

شکل ۲- تعیین مرز گرمسیری مناطق زیر ۱۵۰ متر

در گام بعدی برای اثبات رخداد تغییر اقلیم در منطقه بر اساس سناریو RCP2.6، وضعیت پارامترها در آینده مورد بررسی قرار گرفت. به اینصورت که ابتدا داده‌های روزانه ایستگاه‌های همدیدی استان خوزستان از طی دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۸۰ انتخاب گردید. با توجه به اینکه فقط سه ایستگاه این استان دارای داده آماری در دوره مورد نظر بوده است از ایستگاه‌های (دزفول، اهواز و آبادان) استفاده شده که مشخصات ایستگاه‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

Table 1 - Stations of the study area

جدول ۱- ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

Station	Elevation (m)	Longitude	Latitude
Ahvaz	22.5	48.74 °E	31.34 °N
Abadan	6.6	48.21 °E	30.38 °N
Dezful (airport)	143	48.38 °E	32.40 °N

داده‌های مفقود با استفاده از نرم‌افزار SPSS بازسازی و شرایط موجود مورد ارزیابی قرار گرفت. در ادامه کار از خروجی‌های پنجمین گزارش ارزیابی IPCC که شامل چهار سناریو است استفاده گردید. ولی به دلیل حجم زیاد نقشه‌ها، در این مطالعه تنها نتایج حاصل از سناریوی خوش‌بینانه ذکر شده است. سناریوهای RCP نشان دهنده محرکه‌های تابشی

اقلیمی عملکرد گندم دیم شمال استان خوزستان را بررسی نموده‌اند. نتایج نشان داد دمای حداکثر و بارش در ماه‌های فصل زمستان نسبت به سایر عوامل اقلیمی حساسیت بیشتری دارند. به علاوه، با افزایش بارش در منطقه میزان محصول افزایش می‌یابد. هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تقویم زراعی گندم در جنوب استان خوزستان است، تا با تعیین بهترین تاریخ کاشت و تقویم زراعی مناسب بر اساس درجه - روزهای رشد (GDD) گیاه گندم، به نوعی با این شرایط به سازگاری دست یافته و بتوان تقویم زراعی کشت گندم در دوره آینده را تدوین نمود.

مواد و روش‌ها

استان خوزستان با مساحتی حدود ۶۴۰۵۷ کیلومتر مربع، بین طول‌های ۵۷ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و عرض‌های ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴ دقیقه شمالی از خط استوا، در جنوب غربی ایران واقع شده است (شکل ۱). این استان از شمال غربی با استان ایلام، از شمال با استان لرستان، از شمال شرقی و شرق با استان‌های چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد، از جنوب با خلیج فارس و از غرب با کشور عراق هم‌مرز است (Website of the Meteorological Organization of the country).

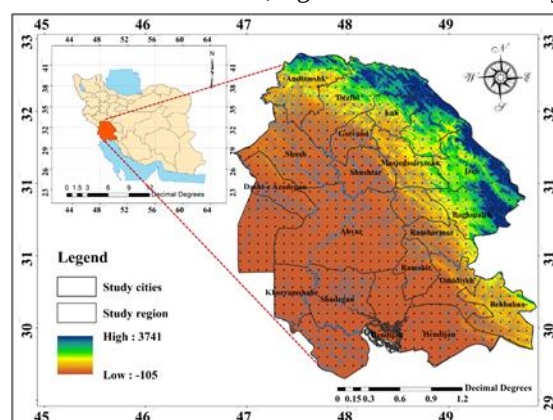


Figure 1- Geographic location of the study area

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی

اولین گام در این پژوهش تعیین قلمرو گرمسیری از سایر بخش‌های استان بود. بر اساس منابع موجود و بررسی دمایی انجام شده در این مطالعه، تمام مناطق استان که در زیر

بارش ماهانه در دوره‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ در فصول سرد سال روند افزایشی خواهد داشت. بیشترین روند افزایشی در ماه‌های مارس و مه مشاهده می‌گردد. دماهای حداقل آینده نیز نسبت به دماهای حداقل دوره پایه بیشتر است. با این وجود بیشترین افزایش دماهای حداقل در ماه‌های گرم سال (مه تا سپتامبر) مشاهده می‌گردد. روند افزایشی دماهای حداکثر نسبت به دماهای حداقل بیشتر است. در سناریو RCP4.5 بارش نسبت به سناریو RCP2.6 دچار تغییرات می‌شود، بر خلاف سناریو RCP2.6، بارش در بعضی از ماه‌ها روند کاهشی را تجربه می‌کند. از جمله در ماه‌های آوریل، مه و فوریه روند بارش در دوره‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ کاهشی و در ماه‌های ژانویه، اکتبر، نوامبر و دسامبر افزایشی می‌باشد. متوسط دماهای حداقل و حداکثر نسبت به دوره پایه در فصول گرم سال از روند افزایشی بیشتری برخوردار است.

هستند و در میان آن‌ها سناریو RCP2.6 سناریوهای انتشار و محرکه‌های تابشی کم و RCP8.5 سناریوهای انتشار و محرکه‌های تابشی زیاد و RCP4.5 شرایط متوسط را از نظر انتشار و محرکه‌های تابشی نشان می‌دهند (Lu et al., 2010). از ویژگی‌های این سناریو توانایی آن در شبیه‌سازی کاربری اراضی از قبیل زمین‌های زراعی، مراتع و پوشش گیاهی است که بر اساس آن‌ها، در RCP2.6 تا سال ۲۱۰۰ زمین‌های زراعی افزایش (همراه با مدیریت بهینه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای) خواهند بود (Dashtbozorgi et al., 2015). از ویژگی‌های این سناریوها ارزیابی اثرات تغییر اقلیم است (Van Vuuren, et al., 2011). شکل‌های ۳ الی ۵ وضعیت متغیرهای بارش، دمای حداکثر و حداقل ایستگاه دزفول را با توجه به سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 نشان می‌دهد. بر اساس سناریو RCP2.6 متوسط

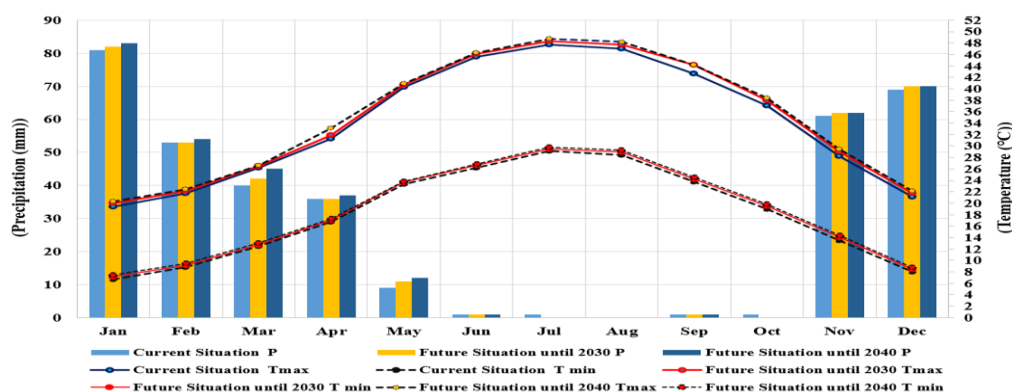


Figure 3- Comparison of climatic parameters of the current period with the future period based on the RCP2.6 scenario

شکل ۳- مقایسه پارامترهای اقلیمی دوره کنونی با دوره آینده بر اساس سناریوی RCP2.6

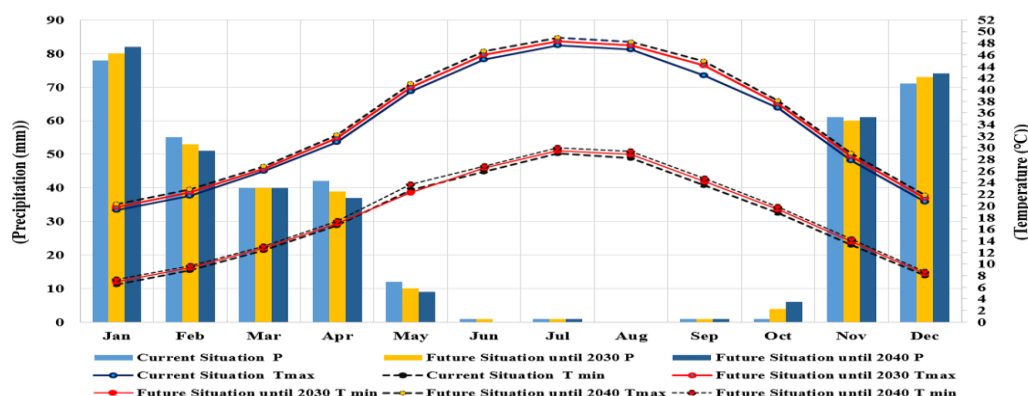


Figure 4- Comparison of climatic parameters of the current period with the future period based on the RCP4.5 scenario

شکل ۴- مقایسه پارامترهای اقلیمی دوره کنونی با دوره آینده بر اساس سناریوی RCP4.5

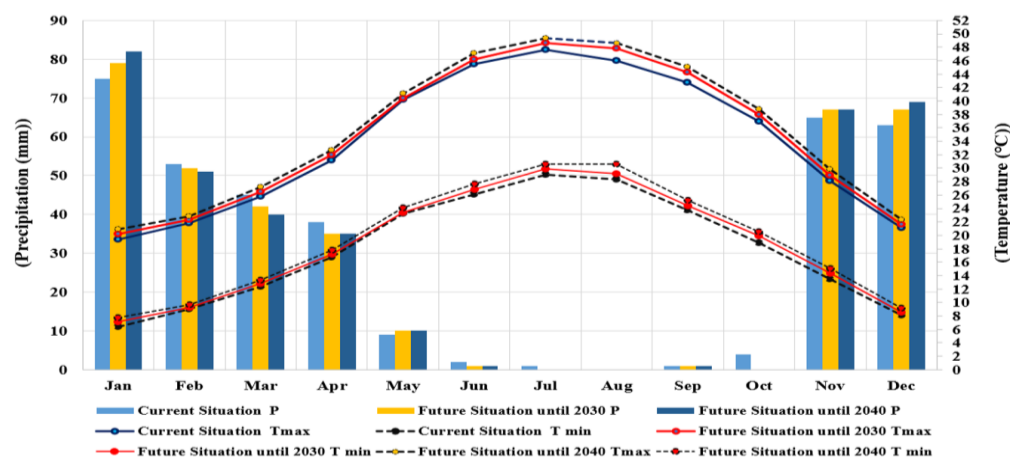


Figure 5- Comparison of climatic parameters of the current period with the future period based on the RCP 8.5 scenario

شکل ۵- مقایسه پارامترهای اقلیمی دوره کنونی با دوره آینده بر اساس سناریوی RCP8.5

با توجه به ویژگی‌های اقلیمی هر مکان امکان رشد و نمو پیدا کرده و به تدریج با آن شرایط اقلیمی سازگار می‌شود. لذا هرگونه تغییری در شرایط اقلیمی ممکن است کیفیت و کمیت محصول و یا تقویم زراعی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تغییرات دما در مزرعه بر میانگین تعداد بذره‌های جوانه زده، سرعت جوانه زنی و سبز شدن یکنواخت تأثیر می‌گذارد. دمای اصلی برای جوانه زدن گندم مابین ۴ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است که دمای مطلوب آن ۲۵ درجه سانتی‌گراد است (Koocheki et al., 2006).

واریته گندم چمران

رقم چمران از نظر طول دوره رشد رقمی متوسط‌ترس محسوب می‌شود و با توجه به اینکه در شرایط آب و هوایی خوزستان، گرمای پایان دوره از حدود اواخر فروردین‌ماه، اساساً برای رشد گندم مناسب نیست، عملاً تاریخ نهایی رشد گندم در این شرایط اواخر فروردین تا حداکثر دهه اول اردیبهشت است (جدول ۲). گرچه در بسیاری از سال‌ها حتی تا اواسط اردیبهشت ممکن است بخشی از برگ و پرچم همچنان سبز مانده باشد، اما باید توجه داشت که زمان رسیدگی فیزیولوژیکی یا رسیدگی ناشی از فشار محیطی بخصوص درجه حرارت بالا از طریق سبز بودن برگ پرچم مورد ارزیابی قرار نمی‌گیرد. با توجه به شرایط آب و هوایی خوزستان تاریخ کاشت باید به نحوی تنظیم گردد که گلدهی و گرده‌افشانی در اواسط اسفندماه صورت گیرد.

در سناریو RCP8.5 متوسط بارش ماهانه فقط در ماه‌های ژانویه، دسامبر و تا حدی در ماه مه و نوامبر روند افزایشی مشاهده می‌گردد. در ماه‌های فوریه، مارس، آوریل، ژوئن و اکتبر دارای روند کاهشی است. در این سناریو متوسط دماهای حداقل و حداکثر مشاهداتی نسبت به سناریوهای RCP2.6 و RCP4.5 از روند افزایشی بیشتری برخوردار هستند. در مرحله بعد از پایگاه داده (<http://ccafs-climate.org/>) و داده‌های شبیه‌سازی شده WorldClim1. با رزولوشن ۵ دقیقه برای دوره‌های آتی کل استان استفاده شد تا شرایط منطقه به طور دقیق ارزیابی گردد (لازم به توضیح است که لینک <http://www.ccafs-climate.org/links> قادر به پردازش داده‌های مرتبط هستند، و همچنین به‌عنوان پشتیبانی از روش downscaling که برای توسعه مجموعه داده‌های مورد استفاده قرار می‌گیرد (Racines et al., 2020). نقشه متغیرهای بارش، دمای حداقل و حداکثر برای ماه‌های شروع و پایان کشت گندم در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.4 ترسیم گردید. داده‌های شبیه‌سازی شده بر اساس تاریخ شمسی مرتب‌سازی شده تا بر اساس سال زراعی کشور داده‌ها آماده شود.

اطلاعات گیاه مورد مطالعه

هر گیاهی برای سپری نمودن مراحل مختلف رشد خود نیازمند شرایط دمایی و رطوبتی خاصی است. لذا هر گیاهی

Table 3- Growth Degree Days (GDD) and number of days required for wheat growth stages of Chamran cultivar (Andarzian et al., 2019)

جدول ۳- درجه -روز رشد تجمعی (GDD) و تعداد روز مورد نیاز برای مراحل رشد گندم رقم چمران (Andarzian et al., 2019)

Developmental stage	Days Required	GDD
Germination	14	212
double ridge	43	637
terminal spikelet	61	910
stem elongation stage	83	1292
Flowering	90	1434
grain filling period	96	1548
physiological maturity	128	2240

نتایج و بحث

رشد و نمو گندم در هر منطقه‌ای نیازمند شرایط اقلیمی و محیطی خاصی است که این شرایط در هر منطقه‌ای فراهم باشد، امکان کشت آن محصول فراهم می‌شود. با این همه هر وارسته خاصی از گندم نیز به دلیل شرایط فنولوژیکی خاص شرایط اقلیمی خاص خود را می‌طلبد. بنابراین دوره رشد و مراحل فنولوژیکی هر وارسته در هر مکانی با توجه به ویژگی اقلیمی هر محیط متفاوت است. بنابراین هر وارسته خاص از گندم به تدریج با شرایط اقلیمی آن محیط سازگار شده و در صورتی که شرایط اقلیمی و در هریک از عناصر اقلیمی تغییراتی ایجاد شود بایستی یا با تغییر در تقویم کشت یا تغییر در ویژگی‌های فنولوژیکی گیاه این سازگاری را ایجاد نمود. به همین منظور در این بخش، با توجه به هدف تحقیق که تعیین تقویم زراعی گندم در صورت تغییر اقلیم در مناطق گرمسیری استان خوزستان است، با استفاده از شاخص‌های مرسوم و تحت سناریوهای مختلف احتمال تغییر در عناصر اصلی اقلیمی مؤثر بر تقویم زراعی گندم محاسبه و تحلیل شد. ابتدا به وضعیت موجود پرداخته خواهد شد و سپس شرایط اقلیمی در دو دوره آینده شامل ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۰ و ۲۰۳۱ تا ۲۰۴۵ مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. شکل ۶ وضعیت موجود بارش را در سال ۲۰۱۰ به عنوان سال پایه در ماه‌های نوامبر تا آوریل نشان می‌دهد. در ماه نوامبر که به عنوان شروع دوره کاشت در مناطق جنوب استان خوزستان تلقی می‌شود بارش در مناطق جنوب استان خوزستان بین ۲۲ تا ۶۰ میلی‌متر در نوسان است. به این ترتیب بارش ماهانه در قسمت‌های بالادست مناطق جنوب استان خوزستان برای کشت گندم مناسب بوده ولی در

محاسبه درجه - روز (GDD) گندم

درجه -روز رشد، را واحدهای گرمای مؤثر یا واحدهای رشد نیز می‌نامند. معنی ساده آن ارتباط رشد و نمو و بلوغ گیاه با دمای هواست. این مفهوم به عنوان پایه مدل‌های پویای جمعیتی و ساختار فنولوژیکی به طور وسیعی پذیرفته شده است.

Table 2- Wheat growth stage of Chamran cultivar and approximate length of growth period in Khuzestan province

جدول ۲- مرحله رشد گندم رقم چمران و طول تقریبی دوره رشد در استان خوزستان

Plant growth stage	Chamran Wheat
Weight of a thousand seeds	39
Growth type	spring
Seed amount (m ²)	350
Seed amount (m ² 104)	130-140
Suitable date of cultivation	Nov6 toDec6
Arrival time (harvest)	May to Jun
Length of growth period	180-200
The amount of fertilizer required P	75
The amount of fertilizer required N	110
The amount of fertilizer required K	80

واحدهای درجه -روز معمولاً در علم زراعت به ویژه در تخمین یا پیش‌بینی مراحل مختلف رشد و نمو در گیاهان زراعی بکار می‌رود. روش‌های زیادی برای تخمین درجه -روز در منابع متعدد آورده شده است. یکی از روش‌های متداول و معمول روش استاندارد می‌باشد.

$$T_{avg} = (T_{min} + T_{max}) \div 2 \quad (1)$$

$$\sum (\text{daily GDD}) = 0 \text{ when } T_{avg} \leq T_{base} \quad (2)$$

$$\sum (\text{daily GDD}) = \sum (T_{avg} - T_{base}) \quad (3)$$

$$\text{when } T_{base} < T_{avg} < T_{up} \quad (4)$$

$$\sum (\text{daily GDD}) = \sum (T_{up} - T_{base}) \quad (5)$$

$$\text{when } T_{avg} \geq T_{up} \quad (6)$$

که در آن‌ها، T_{avg} ، T_{min} ، T_{max} ، T_{base} و T_{up} به ترتیب نشان‌دهنده دمای میانگین، دمای کمینه، دمای بیشینه، دمای پایه و دمای حداکثر رشد گیاه است (Ghahreman et al., 2016).

میلی‌متر در نوسان بوده است. در ماه فوریه بارش‌ها در منطقه پایین دست حدود ۱۰ و در بالادست منطقه حدود ۱۵ میلی‌متر کاهش نشان می‌دهد و با توجه به شرایط رشد گیاه و افزایش نسبی دما بارش علیرغم تأمین بخش قابل توجهی از نیاز محصول ولی نیاز به آبیاری را برطرف نمی‌کند. این کاهش بارش همچنان در ماه مارس ادامه داشته و به تناسب منطقه بین ۵ تا ۱۰ میلی‌متر کاهش نشان می‌دهد. با توجه به حساسیت مرحله رشد گیاه آبیاری در تمام بخش‌ها لازم می‌باشد. چنین شرایطی در ماه آوریل نیز برقرار است.

بخش جنوب و جنوب شرقی این مقدار به تنهایی برای کشت کافی نیست و آبیاری زمین قبل از کشت لازم است. در ماه دسامبر تغییرات بارشی بین ۳۰ تا ۹۳ میلی‌متر در نوسان بوده است. در نتیجه با وجود این که در بخش شرقی بخش زیادی از نیاز گندم تأمین می‌شود. ولی در بخش شرقی با وجود افزایش بارش نسبت به ماه قبل، آبیاری محصول همچنان لازم می‌باشد. در ماه ژانویه با توجه به برودت هوا و افزایش بارش در تمام بخش‌ها، بارش در اکثر قسمت‌های مناطق جنوب استان خوزستان تا حد زیادی کفایت نیاز آبی را می‌کند. در این ماه بارش‌ها بین ۳۰ تا ۸۰

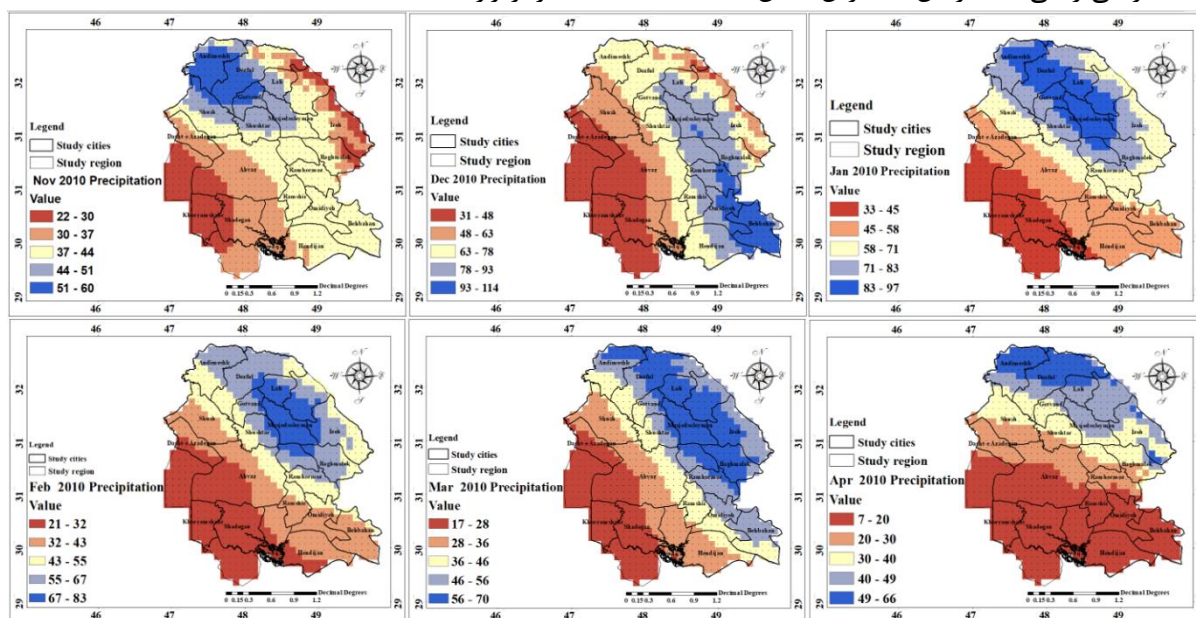


Figure 6- Current situation of precipitation changes for the period of 2010 from November to April

شکل ۶- وضعیت موجود تغییرات بارش تا دوره ۲۰۱۰ در ماه‌های نوامبر تا آوریل

جنوب شرقی استان منتقل شده است. در این ماه منطقه اوج بارش در محدوده شهرستان بهبهان قرار دارد. محدوده پربارش با شدت کمتر در بخش‌های از باغ‌ملک، رامهرمز و امیدیه دیده نیز دیده می‌شود. میزان بارش نسبت به ماه قبل افزایش قابل توجهی را نشان می‌دهد. بارش ماه ژانویه نسبت به ماه قبل روند کاهشی نشان می‌دهد. در این ماه بارش در منطقه کم‌بارش استان ۳۰ میلی‌متر و در منطقه پربارش به ۹۵ میلی‌متر رسیده است. ولی همان‌طور که ملاحظه می‌شود منطقه پربارش به منطقه پاکوهی استان در شمال و شمال‌غرب و بخصوص شهرستان‌های رامهرمز، باغ‌ملک، شوشتر، مسجدسلیمان، لاکه، دزفول، شوش، اندیمشک و

شکل ۷ وضعیت تغییرات بارش را در ماه‌های نوامبر تا آوریل در استان خوزستان تا دوره ۲۰۳۰ نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود در نواحی شمالی استان در محدوده شهرستان‌های دزفول و اندیمشک، لاکه، شوشتر، شوش و بخش‌هایی از شهرستان مسجدسلیمان بارش تا ۶۴ میلی‌متر را تجربه خواهند کرد. در مقابل در بخش غربی منطقه محدوده جنوب غربی شهرستان شوش تا دشت آزادگان، خرمشهر، شادگان، آبادان و بندر ماهشهر و بخش‌های جنوب غربی و غرب اهواز بارش کمتر از ۵۰ میلی‌متر را دریافت خواهند کرد. در ماه دسامبر هسته پربارش در این ماه نسبت به ماه قبل جابجا شده و به منطقه

استان در محدوده کم‌بارشی این ماه قرار دارند. در دوره ۲۰۳۰ وضعیت بارشی در منطقه پربارش به حدود ۷۱ میلی‌متر می‌رسد. محدوده پربارش همانند دو ماه قبل در بخش شرقی و شمال شرقی استان قرار دارد. به عبارتی ناحیه پربارش کاملاً بخش پایکوهی منتقل شده است.

اهواز منتقل شده است. در ماه فوریه نیز هسته پربارش همچنان به بخش شرقی و شمالی استان یا بخش پای‌کوهی استان تعلق دارد. بارش در هسته مرکزی آن به بیش از ۸۸ میلی‌متر نیز می‌رسد. شهرستان‌هایی همچون دزفول، لالی، گتوند، اندیکا، رامهرمز، حمیدیه، بهبهان و رامشیر در این محدوده بارشی قرار دارند. برعکس بخش جنوبی و غربی

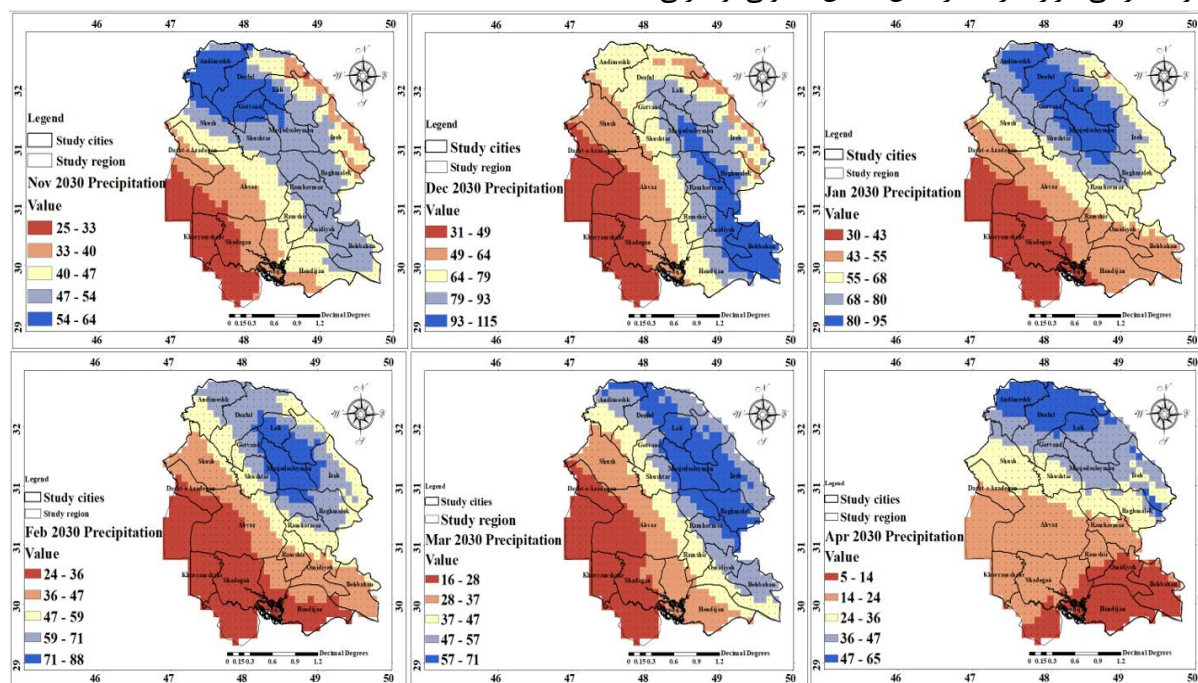


Figure 7- Future situation of precipitation changes for the period of 2030 from November to April

شکل ۷- وضعیت آینده تغییرات بارش تا دوره ۲۰۳۰ در ماه‌های نوامبر تا آوریل

ولی در مورد ماه آوریل در صورتی که بارش‌ها به انتهای ماه منتقل شود ممکن است به محصول آسیب برساند. برعکس در سایر ماه‌ها یا مقدار بارش تغییری نکرده و یا ممکن است کاهش یابد. این کاهش در ماه دسامبر بسیار محسوس و چشمگیر خواهد بود و با توجه به دوره فعالیت گیاه در این ماه اصلاً پدیده مناسبی نیست و نیاز به آبیاری را بیشتر می‌کند. شکل ۸ پهنه بارشی پیش‌بینی شده برای استان را تا سال ۲۰۴۵ نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود این تغییرات بارشی تا سال ۲۰۴۵ با یک میلی‌متر روند افزایشی همراه خواهد شد. همچنان هسته بارشی بر روی شهرستان دزفول و اندیمشک استقرار دارد. در ماه دسامبر پهنه‌های پربارش و کم بارش تغییر چندانی را نخواهد داشت. ولی در منطقه پربارش حدود یک میلی‌متر کاهش بارش رخ خواهد

ناحیه کم بارش مربوط به بخش دشت در قسمت‌های جنوب، جنوب‌غربی، غرب و شمال‌غربی منطقه و بخش‌های از مرکز است. در ماه آوریل که با آغاز فصل بهار همراه است انتظار می‌رود که از مقدار بارش‌ها کاسته شود. منطقه پربارش استان در این ماه کاملاً به بخش شمالی استان جابجا شده و منطقه کم بارش کاملاً به جنوب و جنوب شرقی استان منتقل شده است (شکل ۷). پدیده قابل توجه در این دوره نسبت به دوره ۲۰۱۰ این است که در دو ماه نوامبر و آوریل بارش‌ها نسبت به دوره قبل افزایش محسوسی اتفاق خواهد افتاد. به طوری که این افزایش در بخش پربارش شمالی و شرقی ممکن است به ۲۰ تا ۳۰ میلی‌متر هم برسد. به این ترتیب در ماه نوامبر که آغاز کشت گندم می‌باشد. این افزایش بارش پدیده بسیار مفیدی خواهد بود.

ماه مارس این مقدار در دوره ۲۰۴۵ با یک میلی‌متر کاهش همراه بوده است. در منطقه پر بارش در دوره ۲۰۴۵ بارش به ۶۴ میلی‌متر کاهش پیدا کرده که نسبت به دوره ۲۰۳۰ حدود ۸ میلی‌متر کاهش بارش نشان می‌دهد. در ماه آوریل مقدار بارش در ناحیه پربارش به ۶۲ میلی‌متر و در منطقه کم بارش استان تا ۲ میلی‌متر نیز کاهش پیدا کرده است. به این ترتیب در محدوده پربارش حدود ۴ میلی‌متر و در منطقه کم بارش حدود ۳ میلی‌متر کاهش بارش وجود خواهد داشت. این منطقه شامل شهرستان‌های بهبهان، هندیجان و امیدیه خواهد بود.

داد ولی در میزان بارش سایر مناطق تغییری حاصل نخواهد شد. بارش‌های پیش‌بینی شده برای سال ۲۰۴۵ ماه ژانویه با اختلاف یک درجه در کمترین و بیشترین مقدار خود به نسبت ۲۰۳۰ افزایش را نشان می‌دهد. در ماه فوریه تغییر بارش نسبت به دوره ۲۰۳۰ در محدوده پربارش حدود یک میلی‌متر افزایش نشان می‌دهد. ولی در محدوده کم بارش استان حدود ۶ میلی‌متر کاهش بارش دیده می‌شود. ولی محدوده کم بارش و پربارش در سال ۲۰۴۵ نسبت به سال ۲۰۳۰ تغییری پیدا نکرده است. همچنان محدوده پربارش به بخش‌های شرقی و شمال شرقی و پای کوهی تعلق دارد. در

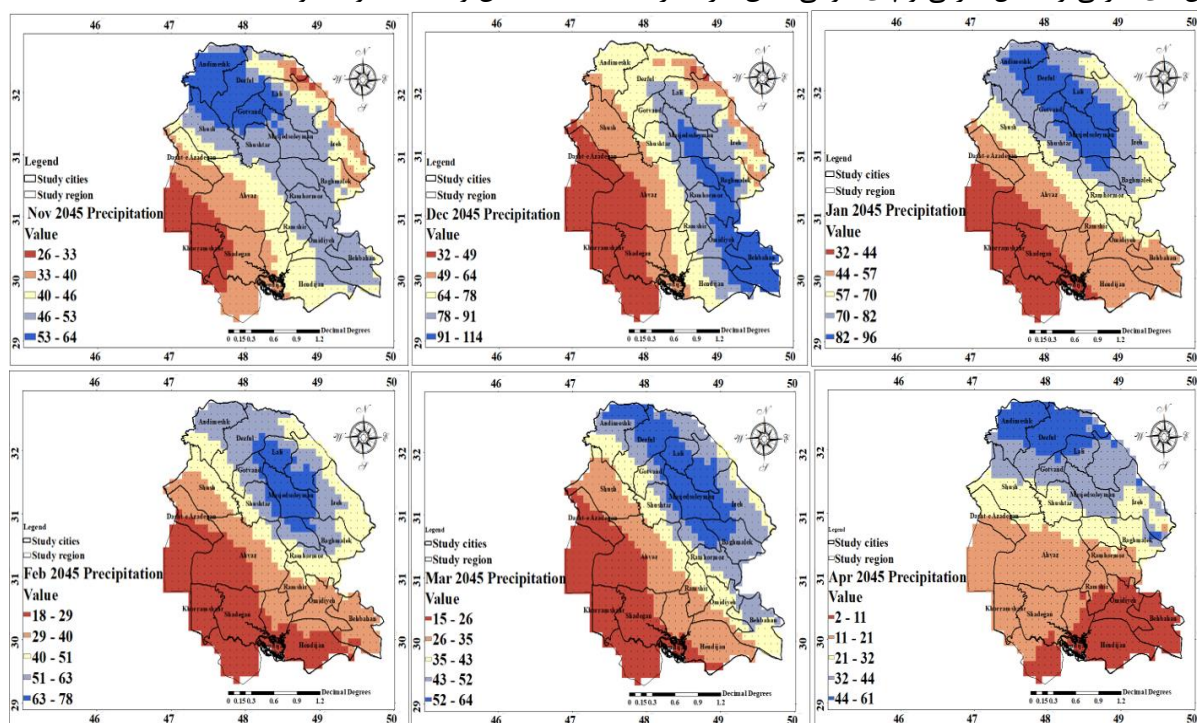


Figure 8- Future situation of precipitation changes for the period of 2045 from November to April

شکل ۸- وضعیت آینده تغییرات بارش تا دوره ۲۰۴۵ در ماه‌های نوامبر تا آوریل

خوزستان نشان می‌دهد. همان طور که در بحث روش پژوهش نیز اشاره شده در انتخاب منطقه گرمسیری پهنه دمایی یک پارچه به عنوان پهنه دمایی برای جداسازی منطقه گرمسیری از سایر پهنه‌ها استفاده شد. و این پهنه یک پارچه با پهنه ارتفاعی صفر تا ۱۵۰ متر از سطح دریا منطبق گردید. همان طور که دیده می‌شود این پهنه یک پارچه که در پهنه‌های طبقه بندی در یک گروه قرار گرفته اند بیش از ۹۰ درصد پهنه گرمسیری را می‌پوشاند. پهنه

وضعیت دمای حداکثر در شرایط موجود و آینده

یکی دیگر از عناصر مؤثر بر رشد و نمو گندم و تعیین‌کننده تقویم کشت گندم دما است. دما در دو حالت حداکثر به عنوان دمای روزانه و دوره فعالیت فنولوژیکی گیاه و دمای حداقل به عنوان نماینده دمای شب و دوره استراحت و خواب گیاه در مراحل مختلف رشد و نمو گیاه گندم نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. شکل ۹ وضعیت موجود دمای حداکثر را در سال پایه در ماه‌های نوامبر تا آوریل برای استان

آوریل به حدود ۳۰ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد در بخش اعظم منطقه گرمسیری می‌رسد که برای رسیدن دانه مناسب می‌باشد. حداکثرهای دما در استان خوزستان بر اساس سناریوی RCP2.6 برای ماه‌های نوامبر تا آوریل در شکل ۱۰ نشان داده شده است. دمای پیش‌بینی شده برای ماه نوامبر در دوره ۲۰۳۰ در اکثر مناطق استان دمایی در محدوده ۲۶ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد است. فقط دما در نواحی شرقی و پای‌کوهی مانند شهرستان‌های اندیمشک، ایذه و رامهرمز محدوده دمایی ۱۰ درجه سانتی‌گراد دیده می‌شود.

گرمسیری در ماه نوامبر عموماً در محدوده دمایی ۲۸ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد قرار دارد. این دما برای کشت و جوانه زدن دمای بسیار مناسبی می‌باشد. این دما در ماه دسامبر در بخش اعظم منطقه مطالعاتی به ۱۹ تا ۲۱ درجه سانتی‌گراد رسیده است. که باز هم برای این دوره از فعالیت دمای مناسب را فراهم می‌کند. در ماه ژانویه که سردترین ماه منطقه مطالعاتی است، دما در منطقه گرمسیری به ۱۷ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است که برای دوره خواب زمستانی گونه گندم مورد استفاده فعلی در استان مناسب می‌باشد. از ماه فوریه دما آهنگ افزایشی داشته و در ماه

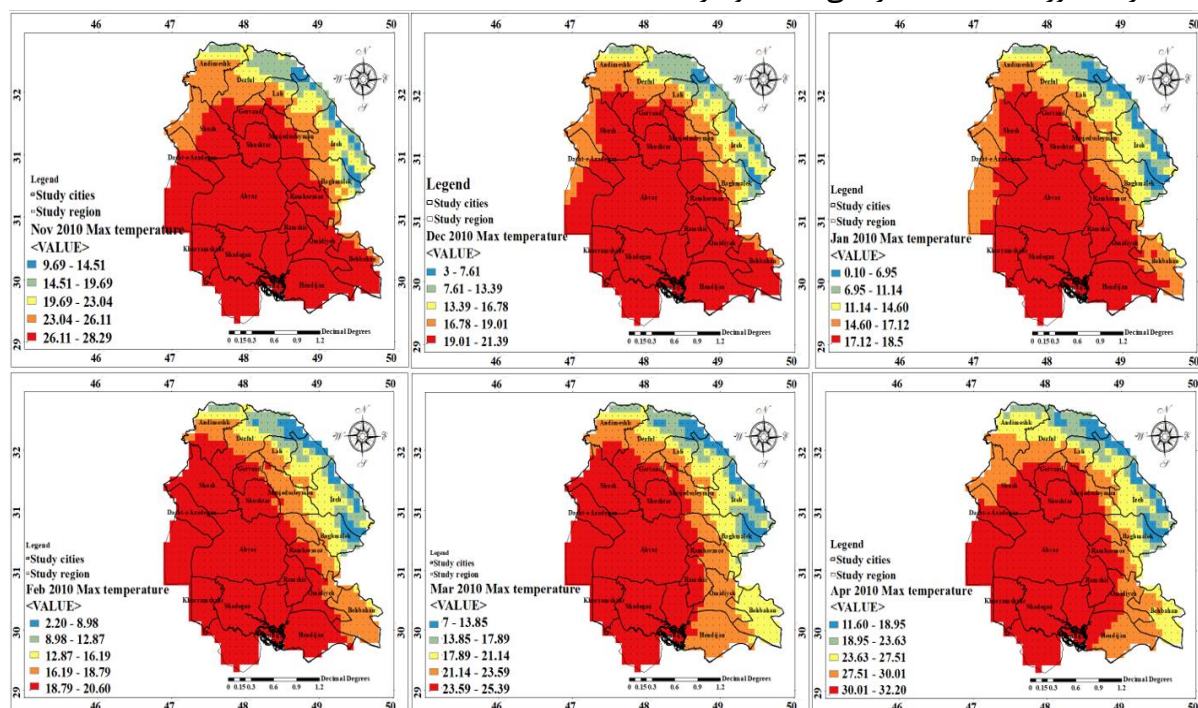


Figure 9-Current situation Maximum temperature for the period of 2010 from November to April

شکل ۹- وضعیت موجود حداکثر دما تا دوره ۲۰۱۰ در ماه‌های نوامبر تا آوریل

همانطور که دیده می‌شود ماه ژانویه اکثر مناطق استان در محدوده دمایی ۱۸ تا ۱۹ درجه سانتی‌گراد قرار دارند. فقط بخش کوچکی در شمال‌شرقی و شرق استان که شامل شهرستان‌های ایذه، اندیکا، رامهرمز و بخش‌هایی از مسجد سلیمان و نیمه شمال‌شرقی دزفول را شامل می‌شود، در محدوده دمایی ۷ تا ۹/۰ درجه سانتی‌گراد قرار دارند. در ماه فوریه بخش اعظم منطقه دمای بین ۱۷ تا ۲۱/۶ درجه سانتی‌گراد تجربه خواهد کرد این شرایط دمایی برای نواحی غرب، جنوب‌غربی، جنوب، مرکز و شمال‌غربی استان صدق

در ماه دسامبر تغییرات دما نسبت به ماه قبل کاهش چشمگیری را نشان می‌دهد؛ به طوری که این کاهش دما در منطقه گرمسیری استان حدود ۶ درجه سانتی‌گراد کاهش نشان می‌دهد. در منطقه سردسیری استان نیز نسبت به ماه نوامبر حدود ۶ درجه سانتی‌گراد کاهش را نشان می‌دهد. کمترین دمای حداکثر مربوط به نواحی شمالی، شمال شرقی و شرق استان خوزستان می‌باشد که عمدتاً منطقه پای‌کوهی را شامل می‌شود و بیشترین دمای حداکثر مربوط به نواحی غربی، شمال غربی، مرکز، جنوب و جنوب غربی می‌باشد.

شهرستان‌های ایذه، اندیکا، دزفول و بهبهان در این شرایط خواهند بود. در ماه آوریل بر اساس سناریو پیش بینی شده دمای هوا در منطقه گرمسیری استان تا حدود ۳۴ درجه سانتی‌گراد نیز برسد. در همین ماه در بخش‌هایی از استان هنوز هوا خنک است و دمای زیر ۱۳ درجه سانتی‌گراد را تجربه می‌کند. نوار شرقی استان که با بخش پای‌کوهی استان انطباق دارد هنوز در این شرایط دمایی به سر خواهند برد. همانطور که دیده می‌شود در همه ماه‌ها و در همه طبقات دمایی دمای هوای روز حدود یک تا ۱/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد داشت. این پدیده می‌تواند در همه فعالیت‌های فنولوژیکی گیاه موثر واقع شود. علاوه بر آن این مقدار افزایش دما بر روی نیاز آبی گیاه تأثیر غیر قابل انکاری خواهد گذاشت.

می‌کند. همچنان نواحی شمال‌شرقی و بخش‌های از شرق منطقه دمایی بین ۱۰ تا ۳/۳ درجه سانتی‌گراد را تجربه خواهد کرد. شهرستان‌هایی همچون دزفول، اندیمشک، مسجد سلیمان، حمیدیه و باغملک در این شرایط قرار خواهند گرفت. در ماه مارس دمای حداکثر نسبت به ماه قبل هم در منطقه گرمسیری و هم در منطقه سردسیری استان افزایشی است. همچنان بخش جنوبی، غربی و مرکزی استان گرم‌ترین بخش استان است و از شرق به سمت جنوب و غرب استان دما افزایش می‌یابد. این بخش دمایی بین ۲۲ تا ۲۶/۳ درجه سانتی‌گراد را تجربه خواهد کرد. همچنان پایکوه‌های شرقی و شمال شرقی استان دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد را تجربه خواهد کرد. بخش‌هایی از

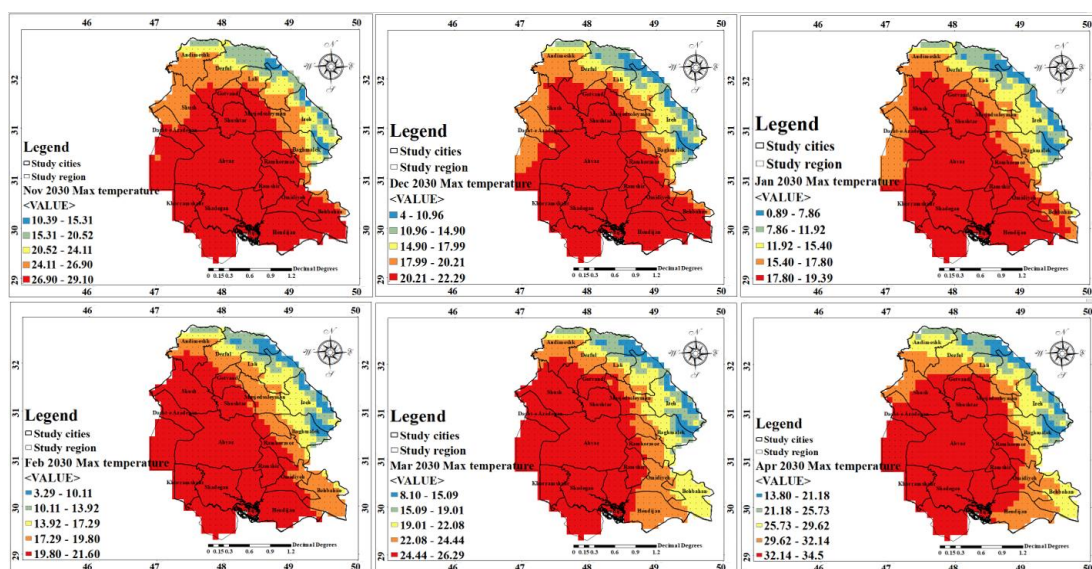


Figure 10-Current situation Maximum temperature for the period of 2030 from November to April

شکل ۱۰-وضعیت موجود حداکثر دما تا دوره ۲۰۳۰ در ماه‌های نوامبر تا آوریل

روند افزایشی هم در منطقه گرمسیری و هم در منطقه سردسیری استان رخ داده است. به‌طوری دمای حداکثر نسبت به سال ۲۰۳۰ حدود ۰/۷ درجه سانتی‌گراد در منطقه گرمسیری و حدود ۰/۹ درجه سانتی‌گراد در منطقه سردسیری استان روند افزایشی داشته است. بنابراین روند دمایی در این ماه نیز روند افزایشی نسبت به دوره ۲۰۳۰ است. در ماه فوریه دمای روزانه نسبت به دوره ۲۰۳۰ روند افزایشی خواهد بود. این افزایش دما در بخش گرمسیری منطقه حدود ۰/۴ درجه سانتی‌گراد است. این مقدار در منطقه سردسیری حدود یک درجه سانتی‌گراد خواهد بود.

شکل ۱۱ دمای پیش‌بینی‌شده برای دوره ۲۰۴۵ در ماه‌های نوامبر تا آوریل دیده می‌شود. دما روند افزایشی هم در حداکثر و هم در حداقل دما به چشم می‌خورد. این افزایش برای منطقه گرمسیری حدود ۰/۹ درجه سانتی‌گراد و برای منطقه سردسیری ۱/۱ درجه سانتی‌گراد است. در ماه دسامبر در دوره ۲۰۴۵ وضعیت دما نسبت به دوره ۲۰۳۰ تغییرات افزایشی را در منطقه نشان می‌دهد به‌طوری‌که در منطقه گرمسیری دما حدود ۰/۶ درجه سانتی‌گراد و در منطقه سردسیری این افزایش به حدود ۰/۷ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. در ماه ژانویه همان‌طور که دیده می‌شود

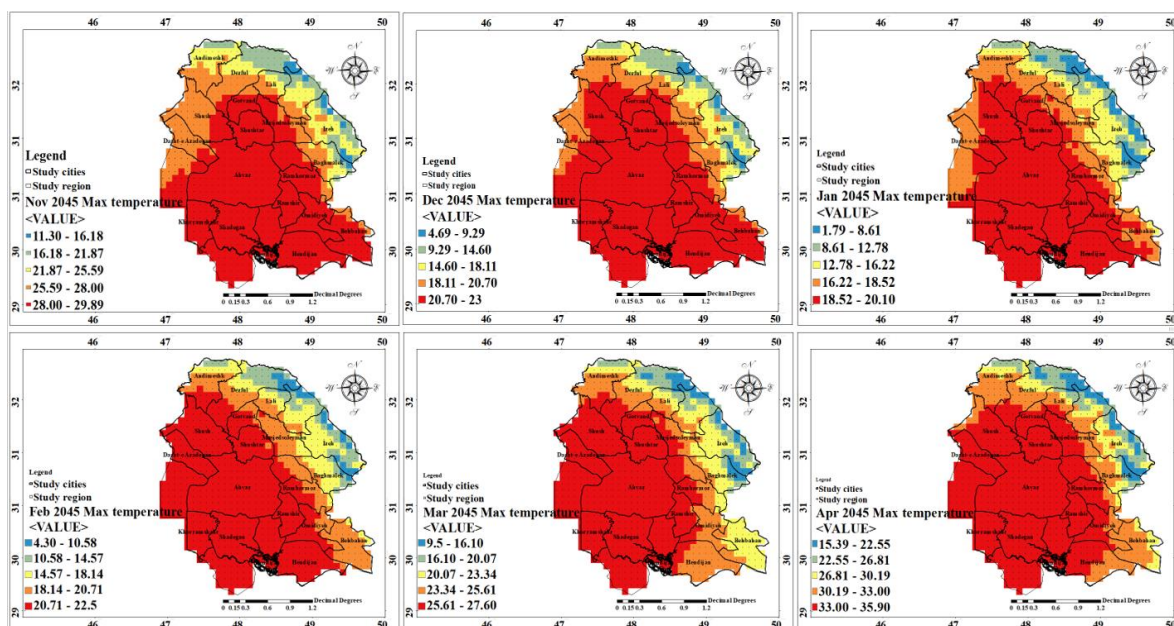


Figure 11-Current situation Maximum temperature for the period of 2045 from November to April

شکل ۱۱-وضعیت موجود حداکثر دما تا دوره ۲۰۴۵ در ماه‌های نوامبر تا آوریل

بنابراین گاه دماهای صبحگاهی باعث آسیب به زراعت با باغات و یا ممکن است محدودیت‌هایی را برای رشد و نمو گیاهان و درختان فراهم نماید. با این همه دمای شبانه برای استراحت و خواب گیاه بسیار با اهمیت می‌باشد. شکل ۱۲ وضعیت دمای حداقل ماه‌های نوامبر تا آوریل را در شرایط موجود تا ۲۰۱۰ نشان می‌دهد. در سال پایه دمای هوای شبانه در ماه نوامبر در منطقه گرمسیری در دو طبقه گرمایی قرار دارد. برعکس دمای حداکثر که بخش اعظم منطقه گرمسیری در یک طبقه دمایی قرار داشت. در این ماه منطقه گرمسیری در دو طبقه دمایی ۱۳ تا ۱۷ و ۱۱ تا حدود ۱۳ درجه سانتی‌گراد قرار دارد. در این ماه بخش جنوبی و مرکزی استان و منطقه گرمسیری شب‌های گرم‌تری را نشان می‌دهد. این دو طبقه دمایی در ماه‌های دسامبر و ژانویه نیز دیده می‌شود. ضمن این که در این دو ماه دمای شبانه کاهش محسوسی را نشان می‌دهد. به طوری که بالاترین دمای شبانه در منطقه گرمسیری در ماه دسامبر تا حدود ۱۱ و در ماه ژانویه تا ۹ درجه سانتی‌گراد نیز پایین آمده است. همان طور که دیده می‌شود در ماه‌های فوریه تا آوریل دوباره بخش اعظم منطقه گرمسیری در یک طبقه دمایی قرار می‌گیرند. در عین حال دما شبانه دوباره سیر صعودی بخود گرفته است. به طوری که دمای شبانه در گرم‌ترین بخش

تغییرات دمایی تا ۲۰۴۵ در ماه مارس روند افزایش چشمگیری را در این ماه خواهد داشت. به طوری که نسبت به شرایط دمایی سال ۲۰۳۰ در منطقه گرمسیری حدود ۱/۳ درجه سانتی‌گراد افزایش را تجربه خواهد کرد. در بخش سردسیری نیز ملاحظه می‌شود که این افزایش دما حدود ۱/۴ خواهد بود که نسبت به ماه‌های قبل قابل توجه است. در ماه آوریل در دوره ۲۰۴۵ الگوی دمایی حاکم بر استان نسبت به دوره ۲۰۳۰ تغییر همانند ماه‌های قبل روند افزایشی خواهد داشت. لذا در هر دو منطقه گرمسیری و سردسیری انتظار افزایش دما وجود دارد. ولی این افزایش دما در دو منطقه یکسان نخواهد بود. میزان افزایش دما در منطقه سردسیری به حدود ۱/۶ درجه سانتی‌گراد خواهد رسید. ولی در منطقه گرمسیری این افزایش در حدود ۱/۴ درجه سانتی‌گراد خواهد بود. با این همه در صورت تحقق این مقدار افزایش دما در ماه آوریل بسیار چشمگیر خواهد بود. این در صورتی است که در این ماه گیاه گندم در شرایط دانه بستن و قوام شیر در سنبله گندم خواهد بود.

وضعیت دمای حداقل در شرایط موجود و آینده

دمای حداقل نماینده دمای صبحگاهی و در واقع سردترین یا خنک‌ترین ساعات شبانه‌روز در هر ماه است.

است که بارش‌ها با تأخیر در استان شروع می‌شود. در نتیجه شرایط دمای حداقل در این ماه در امکان کشت و جوانه زدن و رشد برگ‌ها بسیار مهم است. دامنه دمایی پیش‌بینی‌شده در دو منطقه گرمسیری و سردسیری استان بین ۶/۶- تا ۱۳/۱ درجه سانتی‌گراد است. به این ترتیب در منطقه سردسیری دمای صبحگاهی شرایط چندان مناسبی را برای فراهم شدن دمای مناسب رشد فراهم نمی‌کند. ولی در مناطق گرمسیری همچنان شرایط دمایی می‌تواند شرایط رشد را برای گندم فراهم نماید. در ماه ژانویه عموماً گندم در خواب زمستانی بسر می‌برد. در این ماه دماهای پایین و وقوع سرما می‌تواند بر کیفیت و کمیت تولید گندم مؤثر باشد.

منطقه گرمسیری به ترتیب به ۹/۵، ۱۲/۸ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد رسیده است. در خنک‌ترین بخش منطقه گرمسیری نیز این دماها به ترتیب ۴/۵، ۸ و ۱۳/۶ درجه سانتی‌گراد بوده است. شکل ۱۳ دمای حداقل پیش‌بینی شده برای دو دوره ۲۰۳۰ را در ماه‌های نوامبر تا آوریل برای استان خوزستان نشان می‌دهد. پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۳۰ دامنه دمایی در منطقه گرمسیری استان تا ۱۸/۷ درجه سانتی‌گراد و در منطقه سردسیری استان تا ۲/۲- درجه سانتی‌گراد برسد. این ماه آغاز دوره کشت گندم در منطقه گرمسیری استان است. بنابراین هرگونه تغییری در دمای حداقل می‌تواند در تقویم زراعی گندم مؤثر باشد. اوایل ماه دسامبر فرصت باقیمانده برای کشت گندم در سال‌هایی

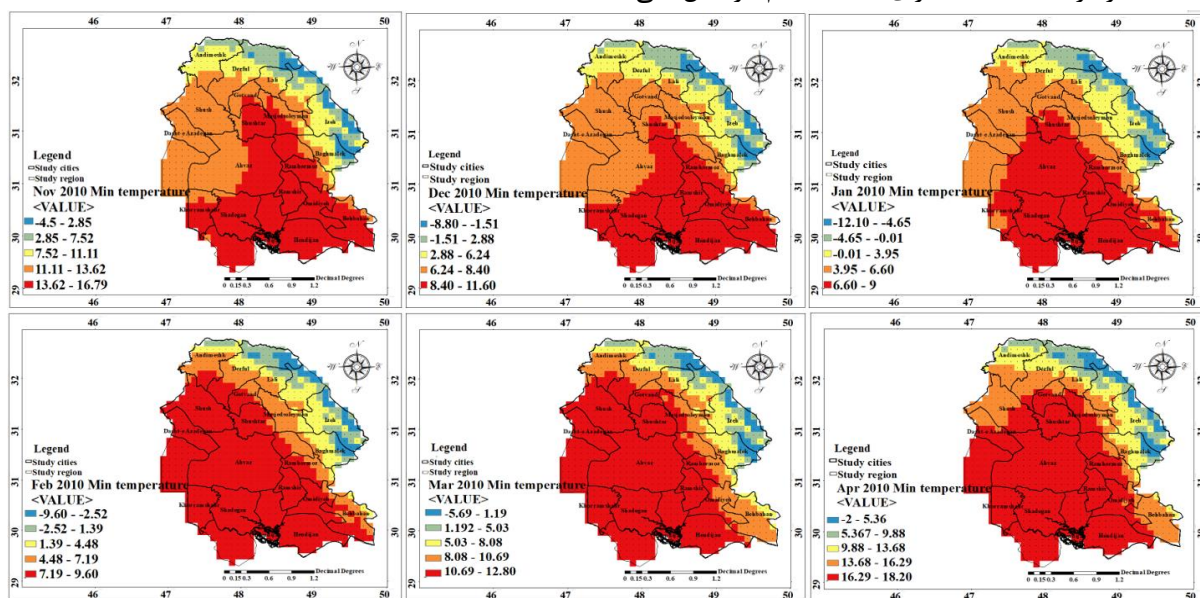


Figure 12 - Current status Minimum temperature for the period of 2010 from November to April

شکل ۱۲- وضعیت موجود حداقل دما تا دوره ۲۰۱۰ در ماه‌های نوامبر تا آوریل

سردسیری با دمای زیر صفر گندم در شرایط خواب زمستانی قرار خواهد گرفت. در فوریه پیش‌بینی می‌شود در بازه زمانی ۲۰۳۰ دمای حداقل در منطقه گرمسیری استان به ۱۱/۴ درجه سانتی‌گراد برسد. بنابراین با دمای حداقل ۱۱ درجه سانتی‌گراد فرایند رشد و نمو گندم ادامه یابد و قدری نسبت به ماه قبل تسریع شود. ولی در منطقه سردسیری همچنان زیر صفر است. با وجود اینکه نسبت به ماه ژانویه قدری متعال شده ولی هنوز در منطقه پای‌کوهی در شرق و شمال استان دما زیر صفر قرار دارد و در بخش‌هایی تا ۷/۹- درجه

در این ماه پیش‌بینی می‌شود در منطقه گرمسیری دمای حداقل به ۱۰/۱ درجه سانتی‌گراد برسد. درحالی‌که در منطقه سردسیری دمای صبحگاهی تا ۱۰/۷- کاهش یابد. ملاحظه می‌شود دامنه دمایی در ماه ژانویه به دلیل اختلاف در شرایط فیزیکی زمین و تنوع ارتفاعی و نوع بارش‌ها بشدت افزایش خواهد یافت. دماهای بالا همچنان به منطقه کم ارتفاع و پست جلگه خوزستان و هورهای استان در جنوب و غرب استان تعلق دارد. با این دما شرایط برای رشد و نمو گندم در منطقه گرمسیری فراهم است ولی در منطقه

پایه ۲۰۱۰ به تناسب ماه‌های مختلف بین ۱/۵ تا ۲ درجه سانتی‌گراد افزایش نشان می‌دهد. که در مقایسه با افزایش دمای روز (معدل دمای حداکثر) دماهای شبانه افزایش بیشتری خواهد داشت. به عبارت دیگر منطقه گرمسیری شب‌های گرم‌تری نسبت به دوره پایه تجربه خواهد کرد. این مساله به شدت فعالیت‌های شبانه گیاه را متأثر خواهد کرد. شکل ۱۴ دمای حداقل پیش‌بینی شده برای دوره ۲۰۴۵ ماه‌های مختلف را در استان نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود بر اساس پیش‌بینی‌ها در منطقه گرمسیری استان دماهای صبحگاهی حدود یک درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. ولی در منطقه سردسیری حدود ۰/۹ درجه سانتی‌گراد دما افزایش خواهد بود. پیش‌بینی می‌شود در ماه دسامبر در دوره ۲۰۴۵ در منطقه گرمسیری دمای صبحگاهی حدود ۰/۷ درجه سانتی‌گراد افزایش نشان می‌دهد. به عبارتی شرایط در آینده برای کشت و نمو گندم در ماه دسامبر مناسب‌تر می‌شود. البته این افزایش دما می‌تواند در جابجایی تقویم کشت مؤثر واقع شود. در منطقه سردسیری پیش‌بینی می‌شود دمای حداقل حدود ۰/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش باشد. در ماه ژانویه در سال ۲۰۴۵ پیش‌بینی می‌شود در منطقه گرمسیری حدود ۰/۹ درجه سانتی‌گراد روند افزایشی داشته باشد.

سانتی‌گراد در صبحگاه‌ها پایین می‌رود. بنابراین در این بخش از استان در این ماه نیز گندم در شرایط خواب قرار خواهد داشت. ماه مارس ماهی است که گندم در بخش‌های گرمسیری در مرحله گل‌دهی و قوام دانه قرار دارد. بنابراین دمای صبحگاهی و نوسانات آن در انجام این فرایند بسیار مؤثر است. نوسان دمایی بین منطقه گرمسیری و سردسیری استان بین ۴/۴- تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد متغیر است. این دما در منطقه گرمسیری برای گل‌دهی و قوام دانه مناسب است. ولی در منطقه سردسیری دمای صبحگاهی باعث توقف این فرایند خواهد شد. همان‌طور که دیده می‌شود در ماه آوریل دمای هوای صبحگاهی در منطقه گرمسیری تا ۲۰/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد، یعنی نسبت به ماه مارس حدود ۸ درجه سانتی‌گراد افزایش دما رخ بدهد. با این افزایش دما مرحله گل‌دهی و قوام دانه گندم با سرعت انجام خواهد شد. بنابراین در محدوده جنوب و جنوب غربی استان همانند اهواز و شهرستان‌های اطراف شرایط برای گل‌دهی و قوام شیره به‌خوبی فراهم است. ولی در منطقه سردسیری دمای هوا هنوز در محدوده نزدیک صفر قرار دارد و دمای صبحگاهی در ساعاتی از روز همچنان برای فعالیت‌های فنولوژیکی گندم محدودیت ایجاد خواهد نمود. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت دمای شبانه نسبت به دوره

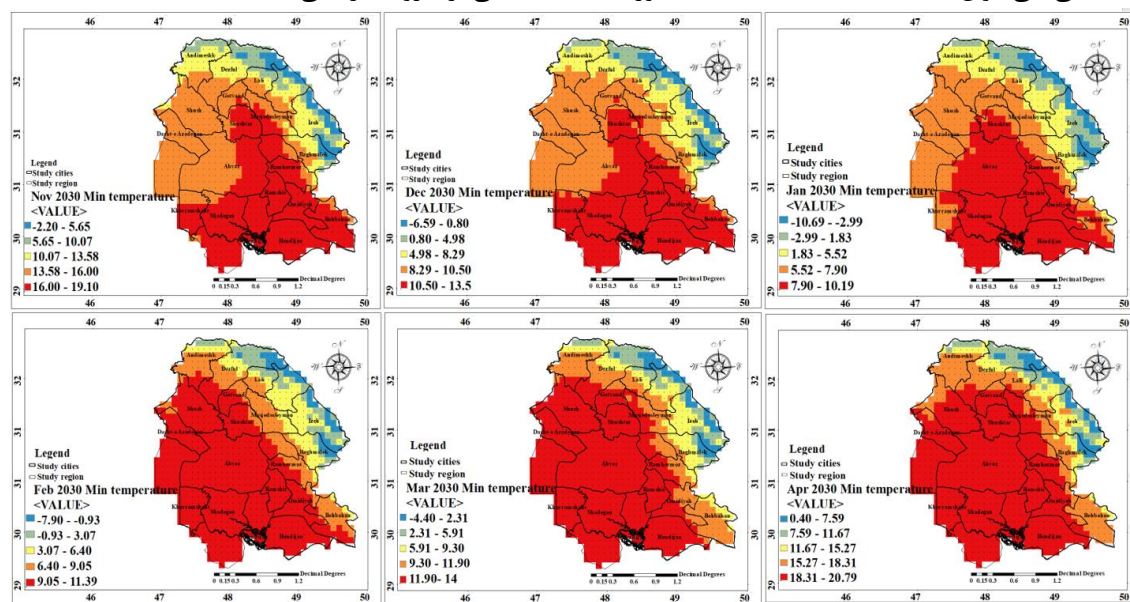


Figure 13- Current status Minimum temperature for the period of 2030 from November to April

شکل ۱۳- وضعیت موجود حداقل دما تا دوره ۲۰۳۰ در ماه‌های نوامبر تا آوریل

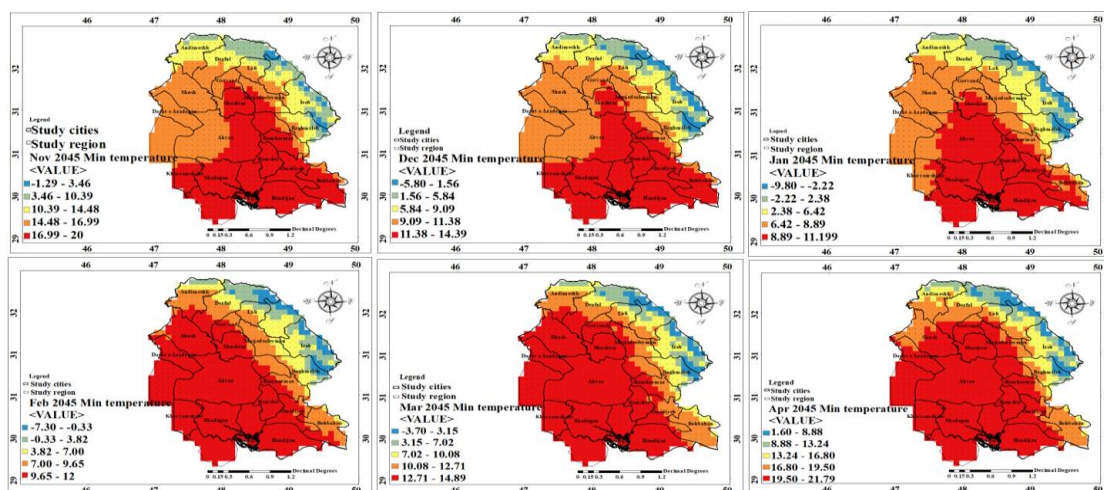


Figure 14 - Current status Minimum temperature for the period of 2045 from November to April

شکل ۱۴- وضعیت موجود حداقل دما تا دوره ۲۰۴۵ در ماه‌های نوامبر تا آوریل

با توجه به تغییرات اقلیمی مورد انتظار در سال‌های آینده به تدریج به سمت اوایل آبان ماه جابجا می‌شود. به طوری که انتظار می‌رود در اکثر سال‌ها تقویم کشت قبل از نیمه آبان انجام شود. حتی در سال‌های انتهایی دوره پیش‌بینی این تقویم با قبل از دهه اول آبان منتقل شود. در مورد تاریخ جوانه‌زنی همان‌طور که دیده می‌شود در سال ۲۰۲۶ تاریخ جوانه‌زنی تا نیمه دوم و حتی پایان آبان ماه طول می‌کشد ولی در دهه آخر دوره پیش‌بینی عموماً دوره جوانه‌زنی به نیمه اول آبان ماه منتقل می‌شود. همین جابجایی در برجستگی دوگانه و سنبله‌چینی نیز رخ خواهد داد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، به عنوان مثال، برجستگی دوگانه که در دهه ۲۰۲۱ تا عموماً در انتهای آذرماه و گاه تا دی‌ماه طول می‌کشد در دهه انتهایی ۲۰۳۳ تا ۲۰۴۳ عموماً با قبل از نیمه اول آذر (اول تا ۱۵ آذر) و گاه تا آبان ماه منتقل شده است. در مورد سنبله‌چینی نیز همان‌طور که دیده می‌شود در اوایل دوره مطالعاتی سنبله‌چینی عموماً بعد از نیمه دوم دی‌ماه انجام می‌شود. ولی در انتهای دوره عموماً به قبل از ۱۵ دی‌ماه منتقل شده است. به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت همه مراحل فنولوژیکی از کاشت تا سنبله چینی تا سال ۲۰۴۳ حدود ۱۵ روز زودتر اتفاق خواهد افتاد. این جابجایی و جلو افتادگی در مرحله متورم شدن در انتهای دوره مطالعاتی به‌طور متوسط ۸ تا ۱۰ روز خواهد بود. در مرحله گل‌دهی نیز همان‌طور که دیده می‌شود

در منطقه سردسیری استان نیز احتمال می‌رود همین مقدار افزایش اتفاق بیفتد. پیش‌بینی می‌شود در بازه ۲۰۴۵ دمای صبحگاهی حدود ۰/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد. در منطقه سردسیر نیز احتمال می‌رود همین مقدار افزایش اتفاق بیفتد. بنابراین در استان هم در منطقه گرمسیری و هم در منطقه سردسیری دماهای شبانه افزایش پیدا کند. پیش‌بینی می‌شود در دوره زمانی ۲۰۴۵ ماه مارس در منطقه گرمسیری دما حدود ۰/۹ درجه سانتی‌گراد افزایشی باشد. ولی برعکس در منطقه سردسیری این فرایند قدری کمتر خواهد بود. به طوری که در این منطقه پیش‌بینی می‌شود حدود ۰/۷ درجه سانتی‌گراد افزایش دما رخ بدهد. پیش‌بینی می‌شود در بازه زمانی ۲۰۴۵ در منطقه گرمسیری حدود یک درجه سانتی‌گراد با افزایش روبرو خواهد داشت. ولی در منطقه سردسیری مقدار افزایش قدری بیشتر از یک درجه سانتی‌گراد است. پس از مرتب‌سازی داده‌ها و تبدیل سال‌های میلادی به سال شمسی مطابق با سال زراعی کشور که در ایران سال زراعی مهر تا مهر است دوره آماری شامل سال‌های زراعی (۲۰۱۱-۲۰۱۰ تا ۲۰۴۲-۲۰۴۳) مرتب گردید. در مرحله بعد تمامی مراحل کشت که شامل (کاشت، جوانه‌زنی، برجستگی دوگانه، سنبله‌چینی، متورم شدن انتهای ساقه، تاریخ گل‌دهی، پر شدن دانه و درنهایت رسیدگی فیزیولوژیکی) بر اساس درجه رشد روز محاسبه گردید. همان‌طور که در جدول ۴ دیده می‌شود، زمان کشت

سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۱ دوره رسیدگی دانه بین ۲۲ فرودین تا ۳ اردیبهشت در نوسان است. ولی از سال ۲۰۳۱ تا ۲۰۴۱ بین اول فروردین تا ۲۲ فروردین در نوسان است به عبارتی دوره رسیدگی بین ۱۰ تا ۱۵ روز به جلو می‌افتد. نتایج این مطالعه با تحقیقات (Hilali et al., 2016) و (Andarzian et al., 2019) همخوانی دارد.

گل‌دهی در ابتدای دوره عموماً در اسفندماه اتفاق می‌افتد ولی در انتهای دوره گل‌دهی عموماً به بهمن‌ماه منتقل شده است. لذا گل‌دهی نیز از لحاظ تقویمی زودتر از شرایط فعلی رخ خواهد داد. همان‌طور که دیده می‌شود در مرحله پر شدن دانه از ابتدای دوره تا انتهای آن تغییر چشمگیر و قابل ذکری به چشم نمی‌خورد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی یک نوسان دوره ای به چشم می‌خورد به طوری که در از

Table 4- Crop calendar of Chamran wheat cultivation in the conditions of climate change in Khuzestan province

جدول ۴- تقویم زراعی کشت گندم چمران در شرایط تغییر اقلیم در استان خوزستان

Crop year	Cultivation	Germination	Delay planting	Heading	Stem elongation	Flowering date	Grain filling	physiological maturity
2010 - 2011	17-Oct	30-Oct	28-Nov	30-Dec	21-Jan	18-Feb	7-Mar	6-Apr
2011 - 2012	5-Nov	17-Nov	16-Dec	4-Jan	26-Jan	11-Feb	7-Mar	4-Apr
2012 - 2013	7-Nov	18-Nov	17-Dec	4-Jan	26-Jan	16-Feb	28-Feb	31-Mar
2013 - 2014	31-Oct	14-Nov	12-Dec	25-Dec	17-Jan	13-Feb	18-Mar	14-Apr
2014 - 2015	3-Nov	16-Nov	17-Dec	11-Jan	4-Feb	20-Feb	5-Mar	8-Apr
2015 - 2016	30-Oct	13-Nov	12-Dec	31-Dec	28-Jan	18-Feb	7-Mar	11-Apr
2016 - 2017	14-Nov	26-Nov	25-Dec	15-Jan	7-Feb	23-Feb	13-Mar	17-Apr
2017 - 2018	3-Nov	18-Nov	18-Dec	14-Jan	7-Feb	22-Feb	9-Mar	11-Apr
2018 - 2019	24-Oct	7-Nov	6-Dec	31-Dec	3-Feb	24-Feb	15-Mar	9-Apr
2019 - 2020	18-Oct	1-Nov	1-Dec	25-Dec	28-Jan	20-Feb	6-Mar	13-Apr
2020 - 2021	2-Nov	16-Nov	19-Dec	8-Jan	6-Feb	24-Feb	9-Mar	10-Apr
2021 - 2022	7-Nov	21-Nov	21-Dec	8-Jan	11-Feb	3-Mar	17-Mar	16-Apr
2022 - 2023	31-Oct	13-Nov	12-Dec	2-Jan	24-Jan	26-Feb	20-Mar	21-Apr
2023 - 2024	31-Oct	15-Nov	15-Dec	4-Jan	25-Jan	29-Feb	21-Mar	23-Apr
2024 - 2025	23-Oct	5-Nov	4-Dec	22-Dec	12-Feb	24-Feb	11-Mar	16-Apr
2025 - 2026	5-Nov	19-Nov	18-Dec	6-Jan	7-Feb	23-Feb	9-Mar	11-Apr
2026 - 2027	24-Oct	7-Nov	8-Dec	29-Dec	17-Feb	6-Mar	20-Mar	19-Apr
2027 - 2028	7-Nov	20-Nov	18-Dec	7-Jan	29-Jan	18-Feb	4-Mar	11-Apr
2028 - 2029	18-Oct	30-Oct	28-Nov	19-Dec	10-Jan	1-Feb	20-Feb	22-Mar
2029 - 2030	15-Nov	28-Nov	27-Dec	15-Jan	5-Feb	22-Feb	10-Mar	9-Apr
2030 - 2031	24-Oct	6-Nov	4-Dec	31-Dec	3-Feb	22-Feb	12-Mar	7-Apr
2031 - 2032	26-Oct	8-Nov	5-Dec	29-Dec	31-Jan	20-Feb	8-Mar	4-Apr
2032 - 2033	3-Nov	16-Nov	14-Dec	1-Jan	2-Feb	23-Feb	4-Mar	1-Apr
2033 - 2034	28-Oct	10-Nov	8-Dec	29-Dec	29-Jan	19-Feb	7-Mar	2-Apr
2034 - 2035	4-Nov	18-Nov	17-Dec	28-Dec	29-Jan	13-Feb	3-Mar	28-Mar
2035 - 2036	2-Oct	3-Nov	2-Dec	23-Dec	26-Jan	17-Feb	6-Mar	1-Apr
2036 - 2037	6-Oct	20-Oct	18-Nov	6-Dec	29-Dec	29-Jan	20-Feb	20-Mar
2037 - 2038	7-Oct	21-Oct	18-Nov	7-Dec	28-Dec	31-Jan	24-Feb	23-Mar
2038 - 2039	26-Oct	9-Nov	5-Dec	29-Dec	31-Jan	20-Feb	9-Mar	1-Apr
2039 - 2040	21-Oct	3-Nov	2-Dec	24-Dec	26-Jan	17-Feb	5-Mar	3-Apr
2040 - 2041	24-Oct	5-Nov	4-Dec	22-Dec	12-Feb	24-Feb	9-Mar	10-Apr
2041 - 2042	22-Oct	3-Nov	30-Nov	24-Dec	14-Feb	27-Feb	11-Mar	8-Apr
2042 - 2043	19-Oct	1-Nov	16-Dec	30-Dec	21-Jan	15-Feb	7-Mar	16-Apr

نتیجه‌گیری

و به ندرت گیاه دچار خواب زمستانی می‌شود. بنابراین استان خوزستان جزء معدود بخش‌هایی از کشور است که علاوه بر برخورداری از بستر فیزیکی مناسب مانند خاک حاصلخیز و هموار دوره بارشی نیز با دوره کشت منطبق است. گندم رقم چمران گونه سازگار شده با اقلیم استان یکی از گونه‌های بسیار خوب گندم است که به خوبی با این شرایط اقلیمی سازگاری پیدا کرده و مورد استفاده کشاورزان در منطقه گرمسیری استان است. بنابراین هرگونه تغییری در اقلیم

استان خوزستان و به خصوص بخش جلگه‌ای آن یکی از قطب‌های بزرگ تولید گندم کشور ایران است. باوجود برخورداری از رودخانه‌های پرآب و منابع آب سطحی فراوان بارش‌های فصل پاییز و زمستان نیز در توسعه کشت و عملکرد گندم تأثیر بسیار مهمی دارد. چرا که با توجه به شرایط دمایی استان خوزستان در بخش اعظم دوره سرد سال امکان رشد و فعالیت فنولوژیکی برای گیاه فراهم است.

است. لذا گل‌دهی نیز از لحاظ تقویمی زودتر از شرایط فعلی رخ خواهد داد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی یک نوسان دوره ای به چشم می‌خورد به طوری که از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۱ دوره رسیدگی دانه بین ۲۲ فرودین تا ۳ اردیبهشت در نوسان است. ولی از سال ۲۰۳۱ تا ۲۰۴۱ بین اول فروردین تا ۲۲ فروردین در نوسان است به عبارتی دوره رسیدگی بین ۱۰ تا ۱۵ روزه جلو می‌افتد. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت مراحل مختلف فنولوژیکی از کاشت تا سنبله‌چینی تا سال ۲۰۴۳ حدود ۱۵ روز زودتر اتفاق خواهد افتاد. در صورت استفاده از سناریوهای متوسط یا بدبینانه گرمایش جهانی جلو افتادن رسیدگی گندم بیش از ۱۵ روز خواهد بود.

منابع

- Andarzian, S. B., Babaian, I., Andarzian, B. 2019. Seasonal forecast by integrated sampling method of k-nearest neighbor and CERES-Wheat model in rainfed wheat cultivation. *Agricultural Meteorology*, 6 (2), 30-43. (In Farsi)
- Brignall A.P., Rounsevell M.D.A. 1995. Land evaluation modelling to assess the effects of climate change on winter wheat potential in England and Wales, *Journal of Agricultural Science*, 124, 159-172.
- Dashtbozorgi, A., Alijani, B., Jafarpour, Z., Shakiba, A. 2015. Simulating extreme temperature indicators based on RCP scenarios: The case of Khuzestan province. *Geography and Environmental Hazards*, 4(4), 105-124. (In Farsi)
- Ghahreman, N., Babaeian, I., Tabatabaei, M. 2016. Investigation the effect of climate change on sugarcane growing season and water requirement under RCP scenarios. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*, 6(1), 63-74. (In Farsi)
- Ghiyasi, M., Amirnia, R., Moghaddam, S. S. 2017. Effect of foliar application of some organic compounds with magnetic and tap water on wheat (*Triticum aestivum* L.) yield. *Journal of Applied Biological Sciences*, 11(3), 23-28.
- Hilali, J., Ghahreman, N., Khalili, A. 2016. Comparison of winter wheat GDD values calculated using daily and hourly temperature data in two climatic regions of Iran. *Applied Agricultural Research*, 29 (1), 8-18. (In Farsi)
- استان می‌تواند دوره کشت و همچنین عملکرد گندم مؤثر باشد. این تغییر ممکن است در مقدار بارش یا دما به‌عنوان مهم‌ترین عناصر اقلیمی در رشد و فعالیت گیاه اتفاق بیفتد. هدف این پژوهش ابتدا آشکارسازی تغییرات احتمالی در دو عنصر اساسی اقلیمی در رشد و نمو گیاه گندم یعنی دمای حداقل و حداکثر و بارش در دهه‌های آینده بوده است. در ادامه نقش این تغییرات در جابجایی تقویم زراعی گندم رقم چمران در منطقه گرمسیری استان بوده است. به همین منظور ابتدا می‌بایست محدوده گرمسیری استان تعیین می‌گردید. بررسی منابع موجود و بررسی نقشه‌های دمایی استان نشان داد که تمام مناطق زیر محدوده ارتفاعی ۱۵۰ متر مناسب‌ترین معیار برای تفکیک منطقه گرمسیری از منطقه سردسیری استان بود. برای ایستگاه‌های مناطق گرمسیری که دارای آمار بلندمدت ۳۰ ساله در دوره مشاهداتی منظور سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ در استان خوزستان استفاده گردید. پس از شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی میزان بارش مؤثر برای دوره رشد گندم و همچنین تاریخ کشت گندم با توجه به تاریخ اولین بارش پاییزه حداقل ۵ میلی‌متر به شرط تداوم یافتن در سه روز متوالی، تعیین شد و درجه - روز رشد نیز محاسبه گردید. بر اساس درجه - روز رشد تقویم کشت گندم محاسبه شد. همان‌طور که ملاحظه شد زمان کشت با توجه به تغییرات اقلیمی مورد انتظار در سال‌های آینده به‌تدریج به سمت اوایل آبان ماه جابجا خواهد شد. به این ترتیب در اکثر سال‌ها تقویم کشت باید قبل از نیمه اول آبان انجام شود. حتی در سال‌های انتهایی دوره پیش‌بینی این تقویم به قبل از دهه اول آبان منتقل شود. در مورد تاریخ جوانه‌زنی همان‌طور که دیده می‌شود تا سال ۲۰۲۶ تاریخ جوانه‌زنی تا دهه دوم آبان ماه جابجا می‌شود. ولی در دهه آخر دوره پیش‌بینی عموماً دوره جوانه‌زنی به نیمه اول آبان ماه منتقل می‌شود. همین جابجایی در برجستگی دوگانه و سنبله‌چینی نیز رخ خواهد داد. این جابجایی و جلو افتادگی در مرحله متورم شدن در انتهای دوره مطالعاتی به‌طور متوسط ۸ تا ۱۰ روز خواهد بود. در مرحله گل‌دهی نیز همان‌طور که دیده می‌شود گل‌دهی در ابتدای دوره عموماً در اسفندماه اتفاق می‌افتد ولی در انتهای دوره گل‌دهی عموماً به بهمن‌ماه منتقل شده

- Obsi, G. O. P. 2000. The Impact of Climate Change on Socio-economic Development in the Third World, Lecture presented at 12P Th General Meeting of the Third World Academy of Science (TWAS), 23 October 2001, Tehran, I.R. Iran.
- Parry, M. L., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M., Fischer, G. 2004. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global environmental change*, 14(1), 53-67.
- Pimentel, D. 1993. Climate change and food supply. *FO/11171 fpr Applied Research and Public Policy*8: 54-60.
- Racines, C., Tarapues, J., Thornton, P., Jarvis, A., Ramirez-Villegas, J. 2020. High-resolution and bias-corrected CMIP5 projections for climate change impact assessments. *Sci Data* 7, 7.
- Rahmani, T., HeidariSharifabad, H., Madani, H. (2012). Effect of planting date and comparing yield between red bean cultivars in Ali-Goudarz, Lorestan, Iran. *New Finding in Agriculture*, 6(4), 321-335. (In Farsi).
- Ranuzzi, A., Srivastava, R. 2012. Impact of climate change on agriculture and food security. *ICRIER Policy series*, 16(2), PP 207-234.
- Smith, D. J., Christen, E. W., Cutting, M., Hornbuckle, J. W. 2010. An analysis of climate change impacts on irrigated crop water requirement in the SA MDB region. *Darling Downs: Cooperative Research Centre for Irrigation Futures*.
- Van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K. ...& Rose, S. K. 2011. The representative concentration pathways: An overview. *Climatic Change*, 109, 5-31.
- Zarakani, F., Kamali, G., Chizari, A. 2014. The effect of climate change on the economy of rain fed wheat (a case study in Northern Khorasan). *Journal of Agroecology*, 6(2), 301-310. doi: 10.22067/jag.v6i2.39370. (In Farsi)
- 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.
- Jahantigh, M., Karandish, F., Delbari, M. 2016. Analyzing the Influences of Cropping Calendar on Wheat Water Requirement in Sistan and Baluchestan Province under Climate Change. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 10(4), 489-498. (In Farsi)
- Keikhosravi, Q., Hosseininia, N. 2020. Variability of agricultural crops (wheat and barley) in past and future climatic conditions (Case study: Izeh city). *Journal Physical Geography Quarterly*, 13(48), 33-46. (In Farsi)
- Khajehpour, M. R., Naeni, A. B. 2002. The response of yield components and seed yield of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to delay in planting. *JWSS-Isfahan University of Technology*, 5(4), 121-136 (In Farsi).
- Kokic, P., Heaney, A., Pechey, L., Crimp, S., Fisher, B. S. 2005. Predicting the impacts on agriculture: a case study. *Climate change*, 12 (1), 12-28.
- Koochaki, A., Nassiri Mahalati, M. 2008. Impacts of climate change and CO2 concentration on wheat yield in Iran and adaptation strategies. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6(1), 139-154. (In Farsi)
- Koocheki, A., Nassiri, M., Soltani, A., Sharifi, H., and Ghorbani, R. 2006. Effects of climate change on growth criteria and yield of sunflower and chickpea crops in Iran. *Climate Research* 30: 247-253.
- Lu E., Takle ES., Manoj J. 2010. The relationships between climatic and hydrological changes in the upper Mississippi River Basin: A SWAT and MultiGCM study. *American Meteorological Society* 11:437-451.
- Morovat, S. A. A., Ebrahimi, H., Klarstaghi ward, K. 2013. Evaluate conditions Climate Change and effect of that upon farming calendar implant of wheat in Mashhad New Agricultural Findings, 7(4), 341-356. (In Farsi)
- Naserin, A., Saeed Mousavi, S. M. 2017. Determining Climatic Model of Rain-fed Wheat Yield at North of Khouzestan Province, *Irrigation and Water Engineering*, 8 (29), 124. (In Farsi)



Impact of climate change on the wheat crop calendar under RCP2.6 scenario (Case study: South of Khuzestan Province)

F. Amiri¹, H. Lashkari^{2*}, J. Gorbanian³, J. Morshedi³

Received: 06/08/2020

Accepted: 24/09/2021

Abstract

The purpose of this study is detection of climate change trend in 3 selected stations namely Abadan, Ahvaz and Dezful in the south of Khuzestan province, Iran during the baseline period of (1980-2010) and investigation the possible effect of climate change on the wheat crop calendar in Dezful region based on the RCP 2.6 scenario. The future projected climatic data with temporal resolution of 5 minutes were retrieved from CCAFS and WorldClim1.4 climate databases and downscaled using SDSM weather generator, till 2040. The precipitation, minimum and maximum temperature variables maps were produced by ArcGis10.4 software using the IDW. The possible effect of climate change on growing season length in Dezful station was assessed. The results showed that, on average, the beginning of all phenological stages from planting to harvest would occur about 15 days earlier by the end of future period. This shift for the heading phase is projected to be 8 to 10 days. For the physiological maturity stage, a different trend was observed, so that during near future period, i.e., 2021 to 2031, the maturity stage will occur between April 11th to April 22nd, but during 2031 to 2041, the date of maturity varies between 21 March to 11 th April. In other words, It is projected that by the middle of the century, the wheat crop maturity would happen sooner between 10 and 15 days in the study station.

Keywords: Climate change, Wheat, Khuzestan, RCP scenario, Growing season



¹ Department of Geography, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

² Associate Professor of Climatology, Earth Science Department, Shahid Beheshti University

(*Corresponding Author Email Address: h-lashkari@sbu.ac.ir)

³ Assistant Professor, Department of Climatology, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

نحوه ارجاع مقاله:

امیری، ف.، لشکری، ج.، قربانیان، ج.، مرشدی، ج. ۱۴۰۱. تأثیر تغییر اقلیم بر تقویم زراعی گندم بر مبنای سناریوی خوشبینانه واداشت تابشی (مطالعه موردی: جنوب استان خوزستان). نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۲۸-۴۵. DOI: 10.22125/agmj.2022.242504.1100

Amiri, F., Lashkari, H., Gorbanian, J., Morshedi, J. 2022. Impact of climate change on the wheat crop calendar under RCP2.6 scenario (Case study: South of Khuzestan Province). Journal of Agricultural Meteorology, 10(1): 28-45. DOI: 10.22125/agmj.2022.242504.1100