

ارزیابی نوسانات دما و بارش آینده دشت اردبیل به منظور مدیریت و برنامه‌ریزی تاریخ شروع کشت و طول دوره رشد گندم برومند صلاحی^۱

دکترای تخصصی اقلیم‌شناسی، استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

احمد نوحه‌گر

دکترای ژئومورفولوژی، استاد، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

محمود بهروزی

دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۱۶ تاریخ صدور پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۲

چکیده

در این مطالعه، اثر رخداد تغییر اقلیم بر زمان کشت، طول دوره رشد گندم دیم در منطقه اردبیل بررسی شد. جهت سازگاری با پدیده تغییر اقلیم، تقویم زراعی مناسب برای کشت گندم دیم در اردبیل تهیه شد. برای دستیابی به این رهیافت، ابتدا رخداد تغییر اقلیم در منطقه با استفاده از ریزمقیاس‌نمائی آماری، داده‌های خروجی مدل CanESM2 به کمک نرم‌افزار SDSM تحت سناریوی RCP 4.5 بررسی و پارامترهای اقلیمی پیشینه دما، کمینه دما و بارندگی منطقه برای دوره آینده (۲۰۴۰-۲۰۱۱) شبیه‌سازی شد. سپس تاریخ کاشت با توجه به دو شاخص دما و بارندگی برای دوره پایه و آینده تعیین شد. نتایج محاسبه طول دوره رشد با استفاده از شاخص GDD به دست آمد و در نهایت تقویم زراعی مناسب برای سال‌های آینده بر اساس همین شاخص تعیین شد. نتایج نشان داد که دما در حال افزایش است و میانگین دمای سالانه اردبیل از ۹/۲ به ۱۰/۲ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت؛ اما از میزان بارندگی به مقدار ۱۵ میلی‌متر کاسته خواهد شد. تحت شرایط اقلیم آینده طول دوره رشد ۲۰ روز نسبت به دوره پایه کاهش خواهد یافت. تاریخ کاشت گندم دیم ۱۵ روز به تعویق خواهد افتاد و زمان مناسب کاشت در نیمه دوم مهرماه خواهد بود.

واژگان کلیدی: بارش، دشت اردبیل، دما، گندم، مدل‌های اقلیمی

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

امروزه نگرانی درباره تغییر اقلیم، ابعاد جهانی گرفته و تلاش‌های بین‌المللی از دهه گذشته برای حل این مسئله آغاز شده است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۳۱). بر اساس آمار، میانگین دمای سطح زمین تا انتهای قرن بیستم حدود ۰/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است و بیشترین گرمایش از سال‌های ۱۹۱۰ تا ۱۹۴۵ و از سال ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۰ رخ داده است (سرافروزه و همکاران، ۱۳۹۱). بر اساس مدل‌های گردش عمومی تحت سناریوهای مختلف، پیش‌بینی می‌شود دمای جهان طی دوره‌های ۱۹۹۰ تا ۲۱۰۰ بین ۱/۴ تا ۵/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد که این افزایش دما همراه با تغییراتی در الگوهای مکانی و زمانی بارش خواهد بود (هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم^۱، ۲۰۰۱).

تغییر اقلیم همه بخش‌های اقتصادی را تا اندازه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد و بخش کشاورزی، حساس‌ترین و آسیب‌پذیرترین آن است (چیوتی، ۱۹۹۵: ۳۳۵). تجزیه و تحلیل روند داده‌های اقلیمی ثبت شده در دهه‌های قبل و نیز نتایج خروجی اغلب مدل‌های آب و هوایی پیش‌بینی کننده آینده، مؤید رخداد نوسانات شدید در اقلیم جهانی است (کاظمی راد، ۱۳۹۵: ۳۹). از این‌رو، پیش‌بینی بلندمدت متغیرهای آب و هوایی مورد توجه متخصصان قرار گرفته است (شهابفر و قیامی باجگیرانی، ۱۳۸۰).

محققین مختلفی اثرات تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی را مورد بررسی قرار داده‌اند. هانگ یانگ و همکاران (۲۰۰۷: ۲۳۹) (به نقل از قنبری و همکاران (۱۳۹۱)) نتیجه گرفتند که در سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵ در چین در تاریخ معمول کشت، گندم در ۷ روز جوانه می‌زند و در صورت تأخیر در کاشت، سیزده روز لازم است تا گندم جوتنه بزند. هاورکورت و ورهاگن (۲۰۰۸: ۲۲۳) اثر تغییرات اقلیمی را در اروپای شمالی بررسی کردند و دریافتند که تغییر اقلیم موجب طولانی شدن فصل رشد در این قاره خواهد شد. لودیگ و اسنچ (۲۰۰۸: ۱۵۹) به تجزیه و تحلیل اثر تغییر اقلیم بر تولید محصول گندم در جنوب استرالیا پرداختند. سالتانا و همکاران (۲۰۰۹: ۱۲۳) سازگاری تولید گندم به تغییر اقلیم در نواحی چهارگانه‌ی آب و هوایی پاکستان را بررسی کردند. لوم و همکاران (۲۰۰۹: ۵۴۹) اثر تغییر اقلیم بر گندم در نواحی شمالی و مرکزی تانزانیا را مورد ارزیابی قرار دادند.

تائو وژانگ (۲۰۱۳) با استفاده از مدل MCWLA به بررسی تغییرات آب و هوا و مصرف آب و بهره‌وری گندم در دشت شمال چین پرداختند و نشان دادند که بازده گندم زمستانه در دشت شمال چین با توجه به تغییرات آب و هوایی در آینده افزایش خواهد یافت. سوپودا و همکاران (۲۰۱۵) داده‌های آب و هوایی ECHAM6 را برای دشت‌های شمالی آلمان (NGP) در دو بازه زمانی از سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ و ۲۰۴۱ تا ۲۰۷۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و نشان دادند که در آینده دمای متوسط سالانه به میزان قابل توجهی (حدود ۲ درجه سانتی‌گراد) در آن منطقه افزایش می‌یابد که سبب کوتاه‌تر دوره‌های رشد گندم خواهد شد. مولر و همکاران (۲۰۱۵) طول دوره رشد در مناطق تولید گندم و ذرت را تحت شرایط تغییرات آب و هوایی مورد بررسی قرار دادند.

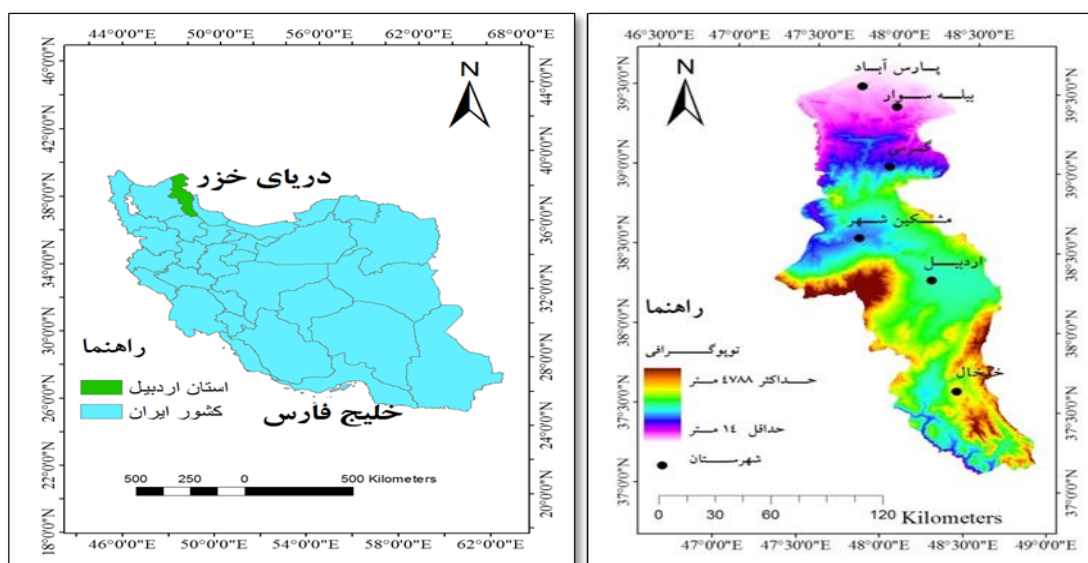
سرافروزه و همکاران (۱۳۹۱: ۸۱) اثرات تغییر اقلیم بر مصرف آب گیاه گندم در تبریز را با استفاده از CRORWAT مورد بررسی قرار دادند. عیسی رضایی و بنایان (۲۰۱۲: ۳۴۶) نشان دادند که تحت شرایط تغییر اقلیم، بین عملکرد

دانه گندم دیم و بارندگی ارتباط مثبت و قابل توجهی در شمال شرق ایران وجود دارد. قنبری و همکاران (۱۳۹۱): ۱۲۷) اثرات تاریخ کاشت بر ارقام مختلف گندم را در اردبیل مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. مروت و همکاران (۱۳۹۲: ۳۳۹) اثر تغییر اقلیم را بر روی تقویم زراعی کشت گندم در شهرستان مشهد ارزیابی کرده و دریافتند که در سال‌های زراعی ۱۳۸۹ تا ۱۴۱۸، اواسط آبان‌ماه بهترین تاریخ کاشت گندم در این شهرستان است.

رحمانی و همکاران (۱۳۹۴: ۴۴۳) اثر تغییر اقلیم را بر طول دوره رشد نیاز آبی گندم جو را در دشت بیرجند بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که در آینده درجه حرارت‌های کمینه و بیشینه در تمامی ماه‌های سال افزایش می‌یابد. محمدی و همکاران (۱۳۹۳: ۲۳۱) اثرات تغییر اقلیم را بر تاریخ شروع کشت و طول دوره رشد گندم را در سرارود کرمانشاه بررسی کردند. نیک‌خواه و همکاران (۱۳۹۳) اثر تغییر اقلیم را بر مراحل فنولوژی گندم در همدان را بررسی نموده و نشان دادند که به علت افزایش دما در آینده، بازه زمانی مناسب برای کاشت گندم در همدان افزایش، در حالی که طول دوره رشد گیاه کوتاه‌تر خواهد شد. عینی نرگسه و همکاران (۱۳۹۴) اثرات تغییر اقلیم را بر عملکرد گندم آبی استان فارس را با استفاده از مدل APSIM پیش‌بینی کرده و نشان دادند که تحت شرایط تغییر اقلیم آینده در استان فارس، عملکرد دانه گندم در شرایط پتانسیل روند افزایشی خواهد داشت. علاوه بر آن، پژوهشگران داخلی نظیر رسولی و سبحانی (۱۳۸۵)، رسولی و همکاران (۱۳۸۵)، کوچکی و نصیری (۱۳۸۷)، رضایی و همکاران (۱۳۹۳)، حسینی و نظری (۱۳۹۴)، دشت بزرگی و همکاران (۱۳۹۴)، انصاری و همکاران (۱۳۹۵) و پژوهشگران خارجی همچون راسون (۱۹۹۳)، هاریسون و بوترفیلد (۱۹۹۶)، وایسوکی (۲۰۰۶)، هوسین و موداسر (۲۰۰۷) و کاسیم و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقات خود به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رشد گندم پرداختند. در این مطالعه با استفاده از مدل GCM تحت سناریوی RCP4.5 اثر تغییر اقلیم بر تاریخ کاشت، مراحل فنولوژی و طول دوره رشد گندم دیم زمستانه اردبیل برای سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۹ پیش‌بینی شد و با دوره پایه ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ مقایسه شد.

داده‌ها، مواد و روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه دشت اردبیل بوده و از اطلاعات ایستگاه سینوپتیک اردبیل به عنوان به عنوان نماینده‌ی این دشت استفاده گردیده است. جدول ۱ خلاصه آمار پارامترهای اقلیمی سالانه ایستگاه سینوپتیک اردبیل را نشان داده است. در پژوهش حاضر به منظور برآورد داده‌های بارش و دمای آینده از مدل گردش عمومی جو CanESM2 تحت سناریوی RCP 4.5 و از مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM 4.2.9 جهت ریزمقیاس‌نمایی داده‌های خروجی استفاده شد. مدل CanESM2 یک مدل جامع و جفت‌شده و چهارمین نسل از مدل‌های گردش عمومی جفت‌شده (CGCM4) است و جزء سری مدل‌های CMIP5 و گزارش پنجم (AR5) هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) می‌باشد (عزیزآبادی فراهانی، ۱۳۹۵). مدل‌های CMIP5 در مقایسه با CMIP4های قبلی دارای تفکیک‌پذیری افقی بالاتر بوده و همچنین در برگیرنده رفتار بسیار جامع‌تری نسبت به فرایندهای فیزیکی مثل بازخوردهای پوشش گیاهی ذرات معلق در هوا و نوع پوشش زمین است (شکوهی و همکاران، ۱۳۹۷). عملکرد بهتر مدل‌ها در شبیه‌سازی فرایندهای کلیدی خاص، یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های CMIP5 است (معصوم پورسماکوش و همکاران، ۱۳۹۶).



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه (ایستگاه اردبیل)

منبع: نویسندگان، ۱۳۹۶

در این پژوهش، بارش و دمای دوره آینده (۲۰۴۰-۲۰۱۱) توسط این مدل SDSM برای ایستگاه اردبیل شبیه‌سازی و چگونگی شرایط تغییر اقلیم بر روی کشت گیاه گندم در دوره آینده مورد واکاوی قرار گرفت. در این مطالعه سعی شده است تا با تعیین بهترین تاریخ کاشت و تقویم زراعی مناسب کشت گیاه گندم در اردبیل به نوعی با این شرایط به سازگاری رسید. لذا، تقویم زراعی کشت گندم در دوره آینده (سال زراعی ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۹) تدوین گردید. این تقویم زراعی بر اساس درجه روزهای رشد (GDD) تنظیم شد. درجه روز رشد برای فاصله سبز شدن تا برداشت با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (هلالی و همکاران، ۱۳۹۵):

$$GDD = \sum [(T_{max} + T_{min})/2] - T_{base}$$

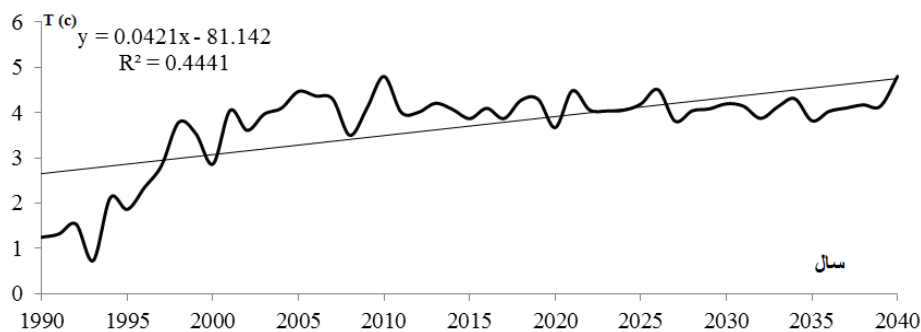
که $(T_{max} + T_{min})/2$ متوسط دمای روزانه است و T_{base} دمای پایه لازم برای رشد گیاه است. دمای پایه گندم در این پژوهش ۴ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. در محاسبه درجه-روز، هرجایی که میانگین دما کمتر از دمای پایه به دست آمده، مقدار درجه-روز صفر در نظر گرفته شد. سپس از طریق محاسبه میانگین درجه-روز طول رشد اقلیم پایه، طول رشد گندم در دوره‌های آتی به دست آمد (هلالی و همکاران، ۱۳۹۵).

در این پژوهش به منظور یافتن مناسب‌ترین زمان شروع بارندگی و کشت گندم دیم برای اقلیم گذشته، عنصر بارش و حد آستانه دمای ۸ تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد مدنظر قرار گرفت. به منظور تعیین تاریخ‌های کشت گندم دیم، تاریخ‌های شروع بارندگی از ایستگاه سینوپتیک اردبیل استخراج شد و از آنجایی که تاریخ کشت به زمانی گفته می‌شود که مجموع بارندگی اول مهر به ۵ میلی‌متر برسد به شرطی که پانزده روز بعد از آن خشک نباشد، لذا تاریخ کاشت برای اقلیم گذشته و آینده‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه تعیین گردید.

یافته‌های تحقیق

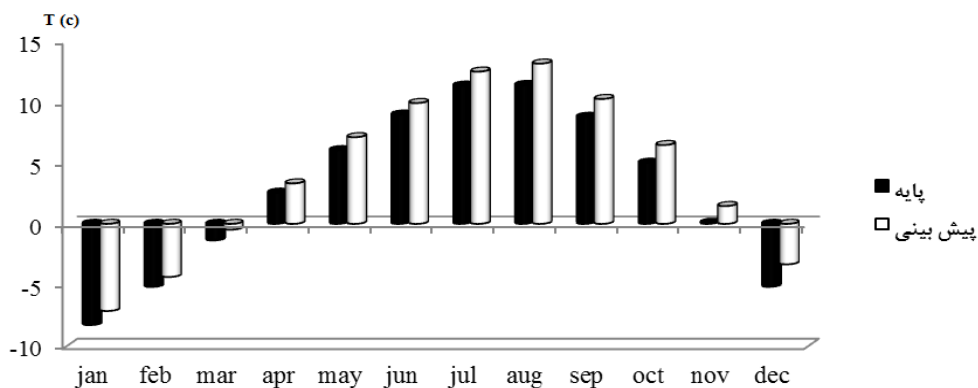
میانگین کمینه دمای سالانه دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۰) و دوره پیش‌بینی (۲۰۴۰-۲۰۱۱) در شکل ۲ به صورت ممتد نشان داده شده است. بر این اساس، دمای کمینه سالانه در حال افزایش است و از سال ۲۰۰۰ به بعد روند افزایشی

شدید گرفته و هر ساله بر مقدار آن افزوده می‌شود. کمترین مقدار میانگین کمینه دمای سالانه در سال ۱۹۹۳ بوده که ۰/۷ درجه سانتی‌گراد بوده و بیشترین مقدار آن در سال ۲۰۴۰ که به ۴/۸ درجه سانتی‌گراد خواهد رسید. این نمودار نشان‌گر افزایش دما در سال‌های آینده خواهد بود.



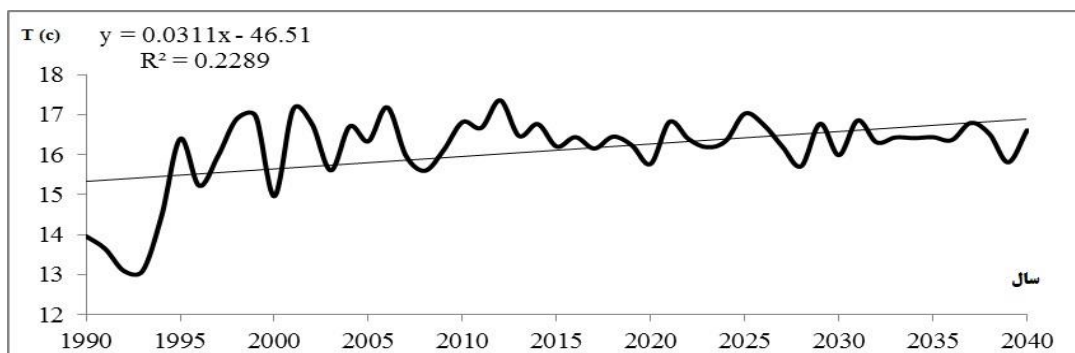
شکل ۲: میانگین دمای کمینه سالانه ایستگاه اردبیل در دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۰) و پیش‌بینی شده (۲۰۴۰-۲۰۱۱) (منبع: نویسندگان، ۱۳۹۶)

دمای کمینه ماهانه در دوره پایه و دوره پیش‌بینی شده در شکل ۳ نشان آمده است. مقادیر دمای کمینه در تمام ماه‌های سال‌های آتی روند افزایشی دارد. در ماه دسامبر میانگین دمای کمینه در دوره پایه ۶- درجه سانتی‌گراد بوده، اما در دوره پیش‌بینی ۳۰ ساله (۲۰۴۰-۲۰۱۱) به ۴- درجه سانتی‌گراد خواهد رسید. این افزایش دما در تمام ماه‌های سال رخ خواهد داد.



شکل ۳: مقایسه میانگین بلندمدت دمای کمینه ماهانه در دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۰) با دوره پیش‌بینی شده (۲۰۴۰-۲۰۱۱)

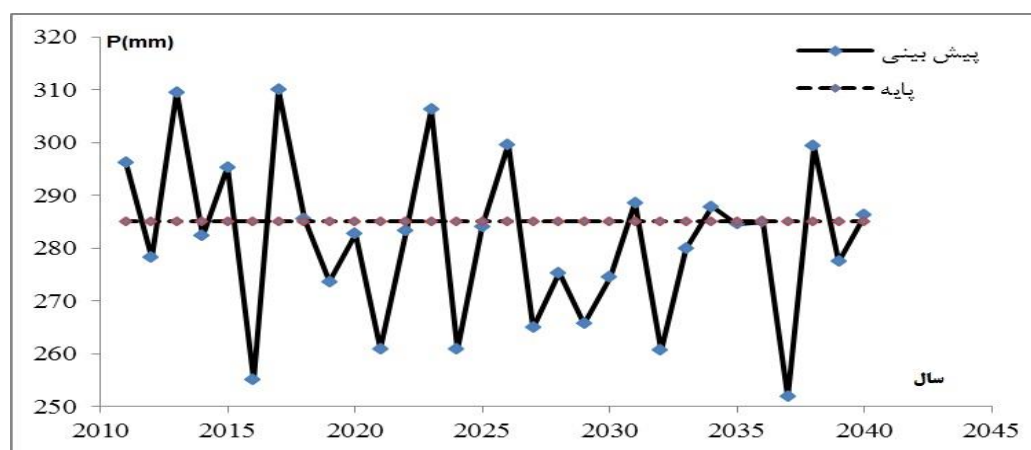
منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۶



شکل ۴: میانگین دمای بیشینه سالانه ایستگاه اردبیل در دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۰) و پیش‌بینی شده (۲۰۴۰-۲۰۱۱)

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۶

شکل ۴ نشان می‌دهد که روند دمای بیشینه سالانه در سال‌های آینده نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. روند افزایش دمای بیشینه تا سال ۲۰۰۰ ادامه داشته اما از این سال به بعد روند یکسانی خواهد داشت. میزان بارش‌های روزانه ایستگاه سینوپتیک اردبیل در دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ با توجه به رفتار اقلیمی آن در دوره گذشته و همچنین سناریوی اقلیمی RCP محاسبه شد. سپس با استفاده از روش میانگین‌گیری حسابی مقدار میانگین ماهانه و سالانه بارش این شهر در اقلیم آینده محاسبه و به صورت شکل ۵ تهیه شد. میانگین بارش اردبیل طی سال‌های دوره آینده (۲۰۴۰-۲۰۱۱) ۲۸۱ میلی‌متر خواهد بود، اما در اقلیم پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۰) میانگین بارش سالانه اردبیل ۲۹۵ میلی‌متر بوده است و این نشان‌گر کاهش میزان بارش سالانه طی دوره‌های آتی خواهد بود.

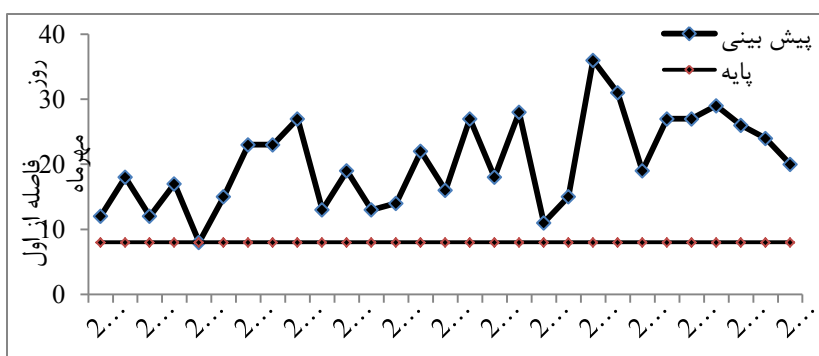


شکل ۵: مقایسه میانگین بلندمدت بارش سالانه دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۰) با دوره پیش‌بینی (۲۰۴۰-۲۰۱۱)

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۶

زمان مناسب برای کاشت گندم در شرایط حاضر و دوره‌های آتی

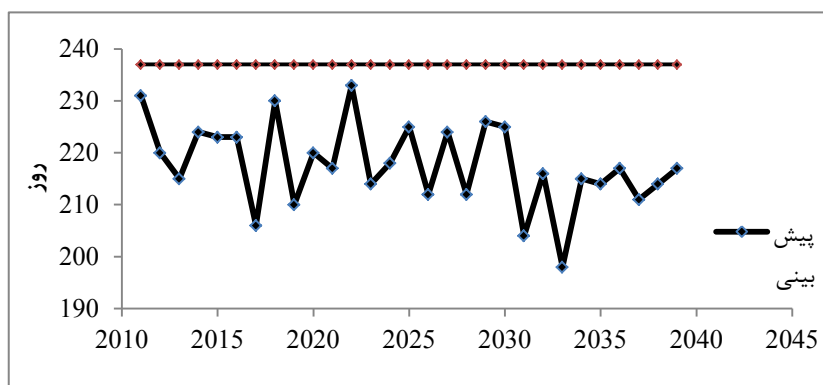
تاریخ‌های آغاز کشت گندم بر اساس فاصله از مبدأ (اول مهر) برای سال‌های آینده (۲۰۳۹-۲۰۱۱) در شکل ۶ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود کشت گندم طی سال‌های آینده از نیمه دوم مهرماه شروع می‌شود. نتایج نشان داد تاریخ کشت در اقلیم آینده نسبت به اقلیم گذشته، دیرتر آغاز می‌شود، به طوری که تاریخ‌های آغاز کاشت در همه سال‌های مورد بررسی در دوره آینده (۲۰۳۹-۲۰۱۱) از میانگین بلندمدت تاریخ‌های آغاز کاشت در اقلیم پایه بیشتر است. به‌طور میانگین آغاز کشت گندم در اقلیم گذشته در نیمه اول مهرماه است؛ درحالی‌که زمان کاشت در اقلیم آتی از نیمه دوم مهرماه به بعد آغاز می‌شود. می‌توان گفت دلیل دیرتر شدن زمان کاشت در اقلیم آتی را افزایش دما در اوایل مهرماه دانست، چون مناسب‌ترین دما برای کاشت و جوانه‌زنی ۸ تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد است، اما بررسی دمای اقلیم آینده در مهرماه نشان داد که در دهه اول مهرماه دما به بیش از ۱۵ درجه خواهد رسید و این می‌تواند مانع کاشت گندم در دهه اول مهرماه باشد؛ البته با وجود مهیا بودن و شروع زود هنگام بارش در شهریور و مهرماه که یکی از فاکتورهای شروع کاشت گندم است، اما افزایش دما به بیش از ۱۵ درجه سانتی‌گراد مانع کاشت گندم در دهه اول مهرماه خواهد بود. پس می‌توان گفت که زمان مناسب کاشت گندم در اردبیل طی سال‌های آینده (۲۰۳۹-۲۰۱۱) ۱۵ روز نسبت به اقلیم پایه به تعویق خواهد افتاد.



شکل ۶: مقایسه میانگین بلندمدت تاریخ‌های آغاز کشت گندم دیم بر اساس فاصله از مبدأ (اول مهر) در دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۰) با تاریخ‌های آغاز کاشت در سال‌های آینده (۲۰۳۹-۲۰۱۱)
منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۶

تغییرات طول دوره رشد

شکل شماره ۷ نشان داد که طول دوره رشد گندم در اقلیم آینده نسبت به اقلیم گذشته کاهش می‌یابد، به طوری که طول دوره رشد در همه سال‌های مورد بررسی در آینده (۲۰۳۹-۲۰۱۱) از میانگین بلندمدت طول دوره رشد در گذشته کمتر است. میانگین بلندمدت طول دوره رشد در اقلیم گذشته ۲۳۷ روز بوده، اما در اقلیم آینده به ۲۱۷ روز کاهش یافته است؛ بنابراین می‌توان گفت که به‌طور میانگین، طول دوره رشد گندم در اقلیم آینده ۲۰ روز کوتاه‌تر خواهد شد که علت آن را می‌توان افزایش دمای اقلیم آینده دانست. به طوری که میانگین دما در اقلیم آینده ۱۰/۲ درجه سانتی‌گراد است، اما نتایج در اقلیم گذشته ۹/۲ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد.



شکل ۷: مقایسه میانگین بلندمدت طول دوره رشد گندم دیم در دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۰) با طول دوره رشد گندم دیم در سال‌های آینده (۲۰۳۹-۲۰۱۱)
منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۶

تعیین تقویم زراعی در سال‌های زراعی گذشته و آینده

جدول ۱ نشان می‌دهد که مناسب‌ترین تاریخ کاشت گندم دیم در اقلیم پایه در نیمه اول مهرماه می‌باشد که گرمای تابستان کاهش یافته و سرمای زمستان نیز فرا نرسیده است و دما در این برهه زمانی بین ۸ تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد است و بارش‌های پاییزه نیز شروع شده است و بهترین زمان برای کاشت گندم می‌باشد. ۱۰ تا ۱۲ روز پس از کاشت گندم و با توجه به مناسب بودن دما و شروع بارندگی و همچنین مرطوب بودن خاک، بذر گندم جوانه زده و شروع به رشد کرده است، بنابراین جوانه‌زنی گندم در نیمه دوم مهرماه بوده است. سبز شدن برگ‌های گیاه گندم در آبان ماه

شروع شده و در آذر به سه برگی می‌رسد و با فرا رسیدن سرمای زمستان رشد سبزی‌نگی گیاه متوقف شده و به بهار آینده موکول می‌شود. به طور متوسط در نیمه دوم فروردین و اوایل اردیبهشت (در بعضی مواقع تا نیمه دوم اردیبهشت نیز می‌رسد)، گیاه رشد مجدد خود را آغاز کرده و پنجه‌زنی آن شروع می‌شود. پس از گذراندن ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد (GDD) از تاریخ پنجه‌زنی به بعد، در تیرماه به گل می‌نشیند، سپس با گذراندن ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد (GDD) در نیمه دوم مرداد خوشه‌های گندم رسیده و موقع برداشت آن می‌باشد.

جدول ۱: تقویم زراعی کشت گیاه گندم در اردبیل در دوره اقلیم پایه (۱۳۶۹ تا ۱۳۸۸) بر اساس داده‌های دیده‌بانی شده (تمامی داده‌ها بر اساس درجه روز رشد

(GDD) محاسبه شده است)

سال زراعی	تاریخ کاشت	تاریخ جوانه‌زنی	تاریخ پنجه‌زنی	تاریخ گلدهی	تاریخ برداشت	دوره رشد
۱۳۶۹-۱۳۷۰	۲ مهر	۱۳ مهر	۲۰ فروردین	۱۵ تیر	۶ شهریور	۲۴۶
۱۳۷۰-۱۳۷۱	۴ مهر	۲۱ مهر	۲۷ اردیبهشت	۵ مرداد	۲۰ شهریور	۲۵۱
۱۳۷۱-۱۳۷۲	۱۷ مهر	۱ آبان	۱۸ اردیبهشت	۳۰ تیر	۱۸ شهریور	۲۲۹
۱۳۷۲-۱۳۷۳	۱۰ مهر	۴ آبان	۲۱ اردیبهشت	۱ مرداد	۱۹ شهریور	۲۳۶
۱۳۷۳-۱۳۷۴	۳ مهر	۱۴ مهر	۳ اردیبهشت	۲۱ تیر	۹ شهریور	۲۵۰
۱۳۷۴-۱۳۷۵	۱ مهر	۱۲ مهر	۲۰ اردیبهشت	۲۸ تیر	۱۷ شهریور	۲۳۲
۱۳۷۵-۱۳۷۶	۱۰ مهر	۱۷ مهر	۱۰ اردیبهشت	۱۸ تیر	۲ شهریور	۲۲۹
۱۳۷۶-۱۳۷۷	۸ مهر	۱۸ مهر	۱۹ فروردین	۳ تیر	۲۰ مرداد	۲۲۶
۱۳۷۷-۱۳۷۸	۴ مهر	۱۵ مهر	۲۵ بهمن	۴ تیر	۲۰ مرداد	۲۵۲
۱۳۷۸-۱۳۷۹	۱۱ مهر	۲۴ مهر	۲۷ فروردین	۱۴ تیر	۲۷ مرداد	۲۳۴
۱۳۷۹-۱۳۸۰	۶ مهر	۲۰ مهر	۳۱ فروردین	۱۷ تیر	۳۰ مرداد	۲۵۸
۱۳۸۰-۱۳۸۱	۹ مهر	۲۲ مهر	۱ فروردین	۱۲ تیر	۲۶ مرداد	۲۵۲
۱۳۸۱-۱۳۸۲	۱۸ مهر	۲۸ مهر	۳ اردیبهشت	۲۳ تیر	۹ شهریور	۲۳۳
۱۳۸۲-۱۳۸۳	۸ مهر	۱۹ مهر	۱۷ اسفند	۴ تیر	۲۲ مرداد	۲۳۴
۱۳۸۳-۱۳۸۴	۱۷ مهر	۲۷ مهر	۲۶ فروردین	۱۰ تیر	۲۳ مرداد	۲۲۰
۱۳۸۴-۱۳۸۵	۶ مهر	۱۹ مهر	۱۷ اسفند	۲۱ خرداد	۵ مرداد	۲۳۷
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۵ مهر	۱۶ مهر	۲۱ فروردین	۸ تیر	۲۱ مرداد	۲۱۲
۱۳۸۶-۱۳۸۷	۶ مهر	۱۸ مهر	۱۹ فروردین	۱۵ تیر	۱ شهریور	۲۲۷
۱۳۸۷-۱۳۸۸	۱ مهر	۱۴ مهر	۹ اسفند	۲۲ خرداد	۵ مرداد	۲۴۷

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۶

در اقلیم آینده (۱۳۹۰ تا ۱۴۱۹)، با توجه به گرم شدن دمای مهرماه و عبور دما از آستانه ۸ تا ۱۴ درجه سانتی‌گراد، زمان کاشت به نیمه دوم مهرماه به تعویق خواهد افتاد. جوانه‌زنی بذر گندم به نیمه اول آبان ماه انتقال می‌یابد. زمان پنجه‌زنی گیاه گندم پس از سبز شدن در آبان و آذرماه و سپری کردن سرمای زمستان در نیمه دوم اردیبهشت‌ماه اتفاق خواهد افتاد. تاریخ گل‌دهی در نیمه دوم تیرماه می‌باشد. در نهایت زمان برداشت گندم دیم در اردبیل طی سال‌های آینده در دهه سوم مردادماه خواهد بود. اختلاف زمان دوره‌های فنولوژی گندم دیم بین اقلیم گذشته و آینده را می‌توان در زمان کاشت و پنجه‌زنی دید که با توجه به گرمایش اتمسفر مهرماه طی سال‌های آینده، می‌بایست زمان کاشت را ۱۰ الی ۱۵ روز به تعویق انداخت تا گرمای هوا که از حد آستانه عبور کرده، مانع جوانه‌زنی بذر گندم نشود (جدول ۳-۴).

جدول ۲: تقویم زراعی کشت گیاه گندم در اردبیل در دوره اقلیم آینده (۱۳۹۰ تا ۱۴۱۹) بر اساس داده‌های مدل SDSM و سناریوی RCP (داده‌ها بر اساس

درجه روز رشد (GDD) محاسبه شده است)

سال زراعی	تاریخ کاشت	تاریخ جوانه‌زنی	تاریخ پنجه‌زنی	تاریخ گلدهی	تاریخ برداشت	دوره رشد
۱۳۹۰-۱۳۹۱	۱۲ مهر	۳۰ مهر	۱ اردیبهشت	۱۲ تیر	۲۵ مرداد	۲۳۱
۱۳۹۱-۱۳۹۲	۱۸ مهر	۱ آبان	۶ اردیبهشت	۱۶ تیر	۲۹ مرداد	۲۲۰
۱۳۹۲-۱۳۹۳	۱۲ مهر	۲۶ مهر	۱۳ اردیبهشت	۲۰ تیر	۳ شهریور	۲۱۵
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۱۷ مهر	۲۹ مهر	۱۰ اردیبهشت	۱۸ تیر	۳۰ مرداد	۲۲۴
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۸ مهر	۲۰ مهر	۲۸ فروردین	۱۴ تیر	۲۷ مرداد	۲۲۳
۱۳۹۵-۱۳۹۶	۱۵ مهر	۲۹ مهر	۵ اردیبهشت	۱۵ تیر	۲۹ مرداد	۲۲۳
۱۳۹۶-۱۳۹۷	۲۳ مهر	۹ آبان	۸ اردیبهشت	۱۵ تیر	۲۹ مرداد	۲۰۶
۱۳۹۷-۱۳۹۸	۲۳ مهر	۱۱ آبان	۴ اردیبهشت	۱۱ تیر	۲۵ مرداد	۲۳۰
۱۳۹۸-۱۳۹۹	۲۷ مهر	۱۹ آبان	۲۰ اردیبهشت	۲۶ تیر	۳ شهریور	۲۱۰
۱۳۹۹-۱۴۰۰	۱۳ مهر	۲۸ مهر	۲ اردیبهشت	۱۴ تیر	۲۶ مرداد	۲۲۰
۱۴۰۰-۱۴۰۱	۱۹ مهر	۳ آبان	۷ اردیبهشت	۱۷ تیر	۲۷ مرداد	۲۱۷
۱۴۰۱-۱۴۰۲	۱۳ مهر	۲۶ مهر	۲ اردیبهشت	۱۶ تیر	۲۹ مرداد	۲۳۳
۱۴۰۲-۱۴۰۳	۱۴ مهر	۲۷ مهر	۲۷ اردیبهشت	۱۰ تیر	۲۴ مرداد	۲۱۴
۱۴۰۳-۱۴۰۴	۲۲ مهر	۶ آبان	۷ اردیبهشت	۱۵ تیر	۲۸ مرداد	۲۱۸
۱۴۰۴-۱۴۰۵	۱۶ مهر	۱ آبان	۲ اردیبهشت	۱۲ تیر	۲۷ مرداد	۲۲۵
۱۴۰۵-۱۴۰۶	۲۷ مهر	۱۲ آبان	۱۴ اردیبهشت	۲۲ تیر	۳ شهریور	۲۱۲
۱۴۰۶-۱۴۰۷	۱۸ مهر	۱ آبان	۱۳ اردیبهشت	۲۱ تیر	۴ شهریور	۲۲۴
۱۴۰۷-۱۴۰۸	۲۸ مهر	۱۶ آبان	۲۲ اردیبهشت	۲۴ تیر	۶ شهریور	۲۱۲
۱۴۰۸-۱۴۰۹	۱۱ مهر	۲۳ مهر	۲۷ فروردین	۱۵ تیر	۲۹ مرداد	۲۲۶
۱۴۰۹-۱۴۱۰	۱۵ مهر	۲۷ مهر	۳۱ فروردین	۱۱ تیر	۲۶ مرداد	۲۲۵
۱۴۱۰-۱۴۱۱	۶ آبان	۲۰ آبان	۲۲ اردیبهشت	۲۱ تیر	۲ شهریور	۲۰۴
۱۴۱۱-۱۴۱۲	۱ آبان	۲۶ آبان	۲۱ اردیبهشت	۲۶ تیر	۸ شهریور	۲۱۶
۱۴۱۲-۱۴۱۳	۱۹ مهر	۲ آبان	۴ اردیبهشت	۱۱ تیر	۲۵ مرداد	۱۹۸
۱۴۱۳-۱۴۱۴	۲۷ مهر	۱۷ آبان	۱۳ اردیبهشت	۲۱ تیر	۳ شهریور	۲۱۵
۱۴۱۴-۱۴۱۵	۲۷ مهر	۱۴ آبان	۲۱ اردیبهشت	۲۴ تیر	۴ شهریور	۲۱۴
۱۴۱۵-۱۴۱۶	۲۹ مهر	۱۳ آبان	۲۲ اردیبهشت	۲۱ تیر	۳ شهریور	۲۱۷
۱۴۱۶-۱۴۱۷	۲۶ مهر	۶ آبان	۶ اردیبهشت	۱۶ تیر	۲۹ مرداد	۲۱۱
۱۴۱۷-۱۴۱۸	۲۴ مهر	۶ آبان	۹ اردیبهشت	۱۹ تیر	۱ شهریور	۲۱۴
۱۴۱۸-۱۴۱۹	۲۰ مهر	۳ آبان	۵ اردیبهشت	۱۱ تیر	۲۵ مرداد	۲۱۷

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۶

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که اقلیم ایستگاه اردبیل هماهنگ با اقلیم کره زمین در حال گرم شدن است. میانگین دمای کمینه و بیشینه پس از مدل‌سازی و ریزمقیاس‌نمایی با استفاده از مدل SDSM تحت سناریوی RCP4.5 مشخص شد که در حال افزایش است و هرساله بر میزان این پارامترهای اقلیمی افزوده می‌شود. نتایج این پژوهش با نتایج بسیاری از مطالعات در زمینه تغییر اقلیم نظیر بابائیان و همکاران، ۱۳۸۸؛ مروت و همکاران، ۱۳۹۲؛ رحمانی و همکاران، ۱۳۹۴ همسو بوده و نشان‌گر افزایش دما در سال‌های آینده است. در این مطالعه، اثر تغییر اقلیم بر تاریخ کاشت گندم دیم، طول دوره رشد گیاه گندم و تقویم زراعی گندم در اردبیل بررسی شد و نتایج نشان می‌دهد که با توجه به گرمایش اتمسفر طی سال‌های آینده، تاریخ کاشت گندم دیم در اردبیل از نیمه اول مهرماه به نیمه دوم مهرماه خواهد افتاد که دلیل اصلی آن افزایش دما در مهرماه و عبور دما از حد آستانه جوانه‌زنی گندم (۸ تا ۱۴ درجه

سانتی‌گراد) است به طوری که دما در همه سال‌های زراعی آینده (۱۳۹۰ تا ۱۴۱۹) در نیمه اول مهرماه به بیش از ۱۵ درجه سانتی‌گراد خواهد رسید و این شرایط باعث می‌شود که تاریخ کاشت به ۱۰ الی ۱۵ روز به تعویق بیفتد؛ اما در مطالعه‌ای که محمدی و همکاران (۱۳۹۳) در ایستگاه سرارود کرمانشاه انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تاریخ کاشت گندم در سال‌های آینده در این ایستگاه ۹-۲۰ روز زودتر از اقلیم پایه خواهد بود و کاشت گندم از ماه دسامبر در اقلیم پایه به نیمه سوم اکتبر در اقلیم آینده خواهد رسید که دلیل آن را شروع زودتر بارندگی‌ها ذکر کرده‌اند، اما این پژوهش نشان داد که کاشت گندم در اردیبهیل ۱۰ روز دیرتر خواهد بود به این دلیل که گرمای بیش از حد آستانه (۱۴ درجه) باعث افت میزان جوانه‌زنی بذر شده و دیگر مراحل فنولوژی و در نهایت منجر به کاهش عملکرد خواهد شد. این نتایج با یافته‌های عینی نرگسه و همکاران (۱۳۹۴)، رحمانی و همکاران (۱۳۹۴) و کوچکی و نصیری (۱۳۸۷) درخصوص اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد گندم و تاریخ کاشت آن مطابقت دارد.

در این مطالعه طول دوره رشد نیز بررسی شد و نتایج حاکی از این است که طول دوره رشد گیاه گندم در اردیبهیل در دوره اقلیم پایه ۲۳۷ روز بوده که در اقلیم آینده به ۲۱۷ روز خواهد رسید و ۲۰ روز از طول دوره رشد کاسته خواهد شد که بیشتر محققین دلیل اصلی آن را افزایش دما می‌دانند. محمدی و همکاران (۱۳۹۳) نیز نشان دادند که تغییر اقلیم در آینده موجب کاهش طول دوره رشد گندم در سرارود کرمانشاه خواهد شد و از ۲۰۹ روز در اقلیم پایه به ۱۸۴ روز در اقلیم آینده خواهد رسید.

در نهایت تقویم زراعی گندم در اردیبهیل برای سال‌های آینده نیز تهیه شد و نشان داد که تاریخ کاشت در اردیبهیل نیمه دوم مهرماه خواهد بود، جوانه‌زنی در اول آبان، پنجه‌زنی در نیمه دوم اردیبهشت، گلدهی در نیمه دوم تیر و برداشت هم در نیمه دوم مرداد انجام خواهد شد. مروت و همکاران (۱۳۹۲) نیز تقویم زراعی برای کشت گندم در اقلیم آینده برای مشهد تهیه کرده و نشان دادند که تاریخ کاشت گندم در سال‌های زراعی ۱۳۸۹ تا ۱۴۱۸ در مشهد در اواسط آبان، تاریخ جوانه‌زنی در اوایل آذر، تاریخ پنجه‌زنی در اوایل اسفند، تاریخ گلدهی در اواسط اردیبهشت و بالاخره تاریخ رسیدگی کامل گندم و برداشت در نیمه دوم خردادماه خواهد بود. تفاوت عمده تقویم زراعی این دو منطقه از کشور به دلیل میانگین دما می‌باشد، به طوری که میانگین دما در مشهد ۱۴/۳ و در اردیبهیل ۹/۲ است که این اختلاف دما موجب تفاوت در تقویم زراعی و مراحل فنولوژیکی این دو منطقه شده است.

منابع

- انصاری، مریم، نوری، غلامرضا؛ و فتوحی، صمد (۱۳۹۵). بررسی روند تغییرات دما، بارش و دبی با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال (حوزه آبخیز رودخانه کاجو در استان سیستان و بلوچستان)، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ش ۱۴: ۱۵۸-۱۵۲.
- بابائیان، ایمان، نجفی نیک، زهرا، زابل عباسی، فاطمه، حبیبی نوخندان، مجید، ادب، حامد؛ و ملبوسی، شراره (۱۳۸۸). ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHO-G. مجله جغرافیا و توسعه، ش ۱۶: ۱۵۲-۱۳۵.
- حسینی، سید صفدر؛ و نظری، محمدرضا (۱۳۹۴). سومین گزارش ملی تغییر آب و هوا، بخش چهارم: ارزیابی آسیب‌پذیری و سازگاری، زیربخش: ارزیابی آسیب‌پذیری اقتصادی بخش کشاورزی کشور از تغییر اقلیم.
- دشت بزرگی، آمنه، علیجانی، بهلول، جعفرپور، زین‌العابدین؛ و شکبیا، علیرضا (۱۳۹۴). شبیه‌سازی شاخص‌های حدی دمای استان خوزستان بر اساس سناریوهای RCP، جغرافیا و مخاطرات محیطی، ش ۱۶: ۱۲۳-۱۰۵.

- رحمانی، میترا، جامی‌الاحمدی، مجید، شهیدی، علی؛ و هادی‌زاده ازغندی، مصطفی (۱۳۹۴). تأثیر تغییر اقلیم بر طول مراحل رشد و نیاز آبی گندم و جو، مطالعه موردی: دشت بیرجند. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، جلد ۷، شماره ۴: ۴۶۰-۴۴۳.
- رسولی، علی‌اکبر؛ و سبحانی، بهروز (۱۳۸۵). نقش بارندگی در تعیین مناطق مساعد و تاریخ مناسب کشت گندم دیم در استان اردبیل، مجله تحقیقات جغرافیایی، ش ۷۸: ۱۱۷-۱۰۲.
- رسولی، علی‌اکبر، قاسمی گلعدانی، کاظم؛ و سبحانی، بهروز (۱۳۸۴). نقش بارش و ارتفاع در تعیین مناطق مساعد برای کشت گندم دیم با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، مطالعه موردی: استان اردبیل، مجله جغرافیا و توسعه، دوره ۳، ش ۵: ۱۹۹-۱۸۳.
- رضائی، مریم، نهتانی، محمد، آبکار، علیجان، رضائی، معصومه؛ و میرکازهی ریگی، مهدی (۱۳۹۳). بررسی کارایی مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM در پیش‌بینی پارامترهای دمایی در دو اقلیم خشک و فراخشک (مطالعه موردی: کرمان و بم). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ش ۱۰: ۱۳۱-۱۱۷.
- سرافروزه، فاطمه، جلالی، مسعود، جلالی، طاهره؛ و جمالی، ابوالفضل (۱۳۹۱). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم آینده بر مصرف آب محصول گندم در تبریز. فصلنامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی اهر، ش ۳۷: ۹۶-۸۱.
- شکوهی، مجتبی، ثنائی نژاد، سید حسین، بنایان اول، محمد (۱۳۹۷). ارزیابی شبیه‌سازی دما و بارش مدل‌های اقلیمی CMIP5 در مطالعات منطقه‌ای تغییر اقلیم (مطالعه موردی: مناطق عمده تولید گندم دیم در ایران)، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۵: ۱۰۲۴-۱۰۱۳.
- شهابفر، علیرضا و قیامی باجگیرانی، علی (۱۳۸۰). پیش‌بینی درازمدت متغیرهای اقلیمی توسط مدل‌های رقوم‌گرددش عمومی و روش‌های تبدیل مقیاس خروجی‌های این مدل‌ها از مقیاس جهانی به منطقه‌ای، بولتن علمی مرکز اقلیم‌شناسی، جلد ۱، ش ۸.
- عزیزآبادی فراهانی، مسعود، بختیاری، بهرام، قادری، کورش، رضاپور، محسن (۱۳۹۵). بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر منحنی‌های سختی-مدت فراوانی خشکسالی حوزه آبریز قره‌سو با استفاده از توابع مفصل، تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۷، ش ۴: ۷۵۴-۷۴۳.
- عینی نرگسه، حامد، دیهیم فرد، رضا، صوفی زاده، سعید، حقیقت، مسعود؛ و نوری، امید (۱۳۹۴). پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد گندم آبی استان فارس با استفاده از مدل APSIM، نشریه تولیدات گیاهی زراعی، جلد هشتم، ش ۴: ۲۲۴-۲۰۳.
- قنبری، احمد، روشنی، حسن، توسلی، ابوالفضل (۱۳۹۱). اثر تاریخ کاشت بر برخی خصوصیات زراعی و عملکرد دانه ارقام گندم زمستانه. مجله علمی- پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد ششم، شماره ۲(۲۲): ۱۴۴-۱۲۷.
- کاظمی راد، لادن (۱۳۹۵). بررسی روند تغییر پارامترهای اقلیمی ایستگاه زنجان در دوره ۲۰۳۰ - ۲۰۱۱ میلادی. پژوهش و فناوری محیط‌زیست، دوره اول، ش: ۴۵-۳۹.
- کوچکی، علیرضا و نصیری محلاتی، مهدی (۱۳۸۷). اثر تغییر اقلیم همراه با افزایش غلظت CO₂ بر عملکرد گندم در ایران و ارزیابی راهکارهای سازگاری. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ششم، ش ۱.
- محمدی، الهام، یزدان پناه، حجت‌اله؛ و محمدی، فریبا (۱۳۹۳). بررسی رخدادهای تغییر اقلیم و تأثیر آن بر زمان کاشت و طول دوره رشد گندم دوروم (دیم)، مطالعه موردی: ایستگاه سرارود کرمانشاه، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ش ۲: ۲۴۶-۲۳۱.
- مروت، سید علی‌اصغر، ابراهیمی، حسین؛ و بخش کلارستانی، کیومرث (۱۳۹۲). ارزیابی شرایط تغییر اقلیم و اثر آن بر روی تقویم زراعی کشت گندم در مشهد. نشریه یافته‌های نوین کشاورزی، شماره ۴: ۳۵۴-۳۳۹.
- معصوم پورسماکوش، جعفر، میری، مرتضی، پورکمر، فاطمه (۱۳۹۶). ارزیابی داده‌های مدل‌های اقلیمی CMIP5 مقابل داده‌های مشاهده‌ای ایران، مجله ژئوفیزیک ایران، ۴: ۵۳-۴۰.
- نیک‌خواه، آرمین، کمالی، غلامعلی و حجام، سهراب (۱۳۹۳). بررسی اثر تغییر اقلیم بر مراحل فنولوژی گندم در همدان، دومین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران.
- هلالی، جلیل، قهرمان، نوزد، خلیلی، علی (۱۳۹۵). مقایسه مقادیر درجه روز (GDD) رشد گندم با استفاده از داده‌های ساعتی و روزانه دما در دو نمونه اقلیمی ایران، نشریه زراعت، ۱۱۰: ۱۸-۹.

- Chiotti, Q.P., Johston, T. (1995). Extending the Bound Arics of Climate Change Research, A Discussion on Agriculture. *Journal of Rural Studies*, 11, 335-350.
- Eyshi Rezaie, E., Bannayan, M. (2012). Rainfed wheat yields under climate change in northeastern Iran. *Meteorol.Appl*, 19, 346- 354.
- Harrison, P.A., Butterfield, R. E. (1996). The effect of climate chang on Europe-wide winter wheat and sunflower productivity. *Climate Research*, 7, 225-241.
- Haverkort, A.J., Verhan, A. (2008). Climate Change and Its Repercussions for the Potato Supply Chain. *Journal of potato Research*, 51(3-4), 223-237.
- Hongyong, S., Zhang, X., Chen, D. (2007). Effect of harvest and sowing time on the performance of the rotation of winter wheat – summer maize in the North China Plain. *Industrial Crops and Products*, 25, 239-247.
- Hussain S.S., Mudasser, M. (2007). Prospects for wheat production under changing climate in mountain areas of Pakistan – An econometric analysis. *Agricultural Systems*, 94, 494–501.
- IPCC. (2001). Summary for Policy Makers, Report of working Group I, Climate Change 2001, the scientific basis. <http://www.meto.gor.ak/scc5/Crdiv/Ipcc/wg1/WGI-sam.pdf>. IPCC, 2001b, Special Report on the Regional Impacts of Climate Change, Watson, R, T., Zinyowera, M. C., Moss, R. H., Dokken, D. J. (Eds.), *An Assessment of Vulnerability*, Cambridge University Press. UK.
- Lhomme, J.P., Mougou, R., Mansour, M. (2009). Potential impact of climate change on durum wheat cropping in Tunisia. *J. Clim. Change*, 96(4), 549-564.
- Ludwig, F., Asseng, S. (2008). Impacts and Adaptation to Climate Chang in Western Australian Wheat Cropping Systems. *Agric, Syst*, 90,159-179.
- Mueller,B., Hauser, M., Iles, C., Rimi, R., Zwieters, F.W., Wan, H. 2015. Lengthening of the growing season in wheat and maize producing regions, *Weather and Climate Extremes*, 9: 47-56.
- Qasim, M., Qamer, M., Alam, M. (2008). Sowing dates effect on yield and yield components of different wheat varieties. *J. Agric. Res*, 46(2), 279-285.
- Rawson, H.M. (1993). Radiation effect on rate of development in wheat growth under different photoperiods and high and low temperature. *Aust. J. Plant physiol*, 20, 719-723.
- Sultana, H., Ali, N., Iqbal, M., Khan, A. (2009). Vulnerability and Adaptability of Wheatproduction in Different Climatic Zones of Pakistan under Climate Change. *Journal of Climatic Change*, 94(1-2), 123–142.
- Svoboda, N., Strer M., Hufnagel, J. 2015. Rainfed winter wheat cultivation in the North German Plain will be water limited under climate change until 2070, *Environ Sci Eur*, 27(1): 29. doi: 10.1186/s12302-015-0061-6.
- Tao, f; zhang, z. (2013). Climat change wheat prodctioivity and water us in the north china plain: A new super –ensemble-basedprobabilistic projection. *Journal agricultural and forest meteorology*.12 (3). 146-165.
- Wysocki, D., Cro, M. (2006). Using seed size, planting date, and expected yield to adjust dryland winter wheat seeding rates. Pages 103-110 in *Oregon Agricultural Experiment Station Special Report 1068*.