نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۲، جلد۶، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۱۱۷-۱۰۵

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 2, Vol. 6, Summer 2012, p. 105-117

ارزیابی تغییر مصرف آب گندم و چغندرقند با توجه به اثرات تغییر اقلیم در دو دهه آتی در دشت های منتخب استان خراسان رضوی

بتول اشرف[۱*]، محمد موسوی بایگی[۲] ، غلامعلی کمالی[۳] ، کامران داوری[۴]

چکیده

یکی از مهمترین تبعات تغییر اقلیم، تأثیر آن بر مصرف آب کشاورزی است که می تواند مدیریت منابع آب را با چالش های جدی روبه رو سازد. در این پژوهش، جهت بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تغییر مصرف آب گندم و چغندرقند در دشت های منتخب استان خراسان رضوی ابتدا پارامترهای دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و ساعت آفتابی دو دهه آینده با استفاده از مدل ریز مقیاس کننده *LARSWG5* طبق سه سناریوی *A1B* , *A2* و *B1* مورد تأیید *IPCC* شبیه سازی شد. سپس تبخیر- تعرق پتانسیل و واقعی به روش هارگریوز- سامانی و بارندگی مؤثر به روش فائو محاسبه شده و نیاز آبی این دو گیاه در ۲۰ سال آینده در مقایسه با دوره پایه (۱۳۸۹- ۱۳۷۰) تعیین گردید. نتایج نشان داد که دمای کمینه و بیشینه در همه دشت های منتخب افزایش خواهد یافت و بیشترین افزایش دمای کمینه در دوره رشد گندم طبق هر سه سناریوی *A1B* , *A2* و *B1* به ترتیب برابر ۳۰/۹، ۴۵/۷۷ و ۲۹/۱۳ درصد در سبزوار و در طول دوره رشد چغندرقند، به ترتیب بالا در ایستگاه های گلمکان با ۵/۲۳، نیشابور با ۶/۶۲ و نیشابور با ۴/۷۷ درصد دیده خواهد شد. بارش نیز در همه ایستگاه ها به جز تربت جام افزایش خواهد یافت و بیشترین میزان افزایش در دوره رشد گندم طبق سناریوهای مذکور به ترتیب برابر ۳۵/۲۴، ۳۵/۵۶ و ۴۲/۴۹ درصد در گناباد و در دوره رشد چغندرقند، به ترتیب برابر ۶۹/۲۱، ۸۰/۹۵ و ۷۰/۱۹ در شهرهای سبزوار، گناباد و سرخس رخ خواهد داد. همچنین نتایج نشان داد که نیاز آبی این دو گیاه در اغلب دشت های استان به جز تربت جام- فریمان که با افزایشی برابر ۱۷، ۱۴ و ۱۸ درصد در دوره رشد گندم و ۱۹، ۱۸ و ۱۸ درصد در دوره رشد چغندرقند مواجه خواهد شد و نیز دشت سرخس که با کاهشی برابر ۱۴، ۱۵ و ۱۵ درصد در دوره رشد گندم و ۶ درصد در دوره رشد چغندرقند طبق سناریوهای مذکور مواجه خواهد شد، تغییر محسوسی نخواهد داشت.

واژه های کلیدی: بارندگی مؤثر، تبخیر- تعرق، سناریوهای تأیید شده *IPCC*، مدل ریزمقیاس کننده.

مقدمه

هرگونه تغییرات مشاهده شده یا پیش بینی شده در اقلیم کره زمین برای انسان اهمیت اساسی دارد، زیرا اقلیم فعلی کره زمین برای حمایت از زندگی بسیار مناسب است. در سال های اخیر توجه زیادی به تغییرات اقلیمی آتی در نقاط مختلف جهان معطوف شده است زیرا هر تغییری در آب و هوا، عدم قطعیت مربوط به تولید غذا را افزایش خواهد داد (کوچکی و حسینی، ۱۳۸۵). بخش عمده مصرف آب، یعنی بیش از ۹۴ درصد در زمینه کشاورزی است، لذا برای این که بتوان در آینده با مشکل کم آبی مبارزه نمود باید آب مورد نیاز بخش کشاورزی را با راندمان بالا مصرف کرد (*Revenga*, 2000). امروزه محدودیت منابع آب کشاورزی و رقابت بخش‌های مختلف در استفاده از این منابع از یک سو و افزایش سطح اراضی فاریاب از سوی دیگر، اهمیت بهره برداری بهینه از این منابع را صد چندان ساخته است (حیدری و همکاران، ۱۳۸۸). حاکمیت شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک در اکثر دشت‌های کشاورزی استان خراسان رضوی و کمبود آب برای آبیاری در این دشت‌ها باعث شده تا برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی به عنوان یک ضرورت اساسی در این استان مطرح باشد (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۱). فاکتورهای اصلی که بر نیاز آبی گیاهان یا تبخیر- تعرق مؤثرند وابسته به چندین پارامتر اقلیمی نظیر دمای هوا، بارش و ساعات آفتابی می‌باشند. هرگونه تغییر در این پارامترهای اقلیمی در اثر تغییر اقلیم بر تبخیر- تعرق گیاه نیز تأثیرگذار خواهد بود (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۹). بیشترین اطلاعات ما از تغییرات اقلیمی آینده

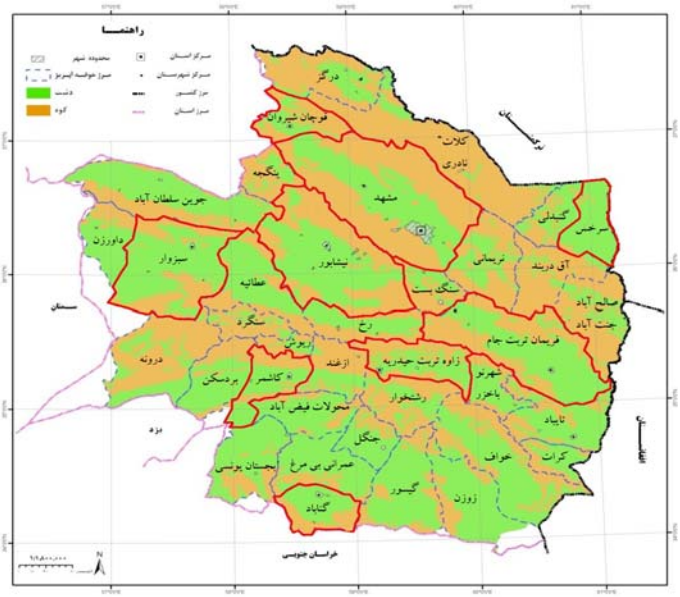
۱- دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسؤول: Email: samaneh_ashraf@yahoo.com)
۲- دانشیار هواشناسی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار گروه هواشناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
۴- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

مربوط به مطالعاتی است که با استفاده از مدل های اقلیمی صورت گرفته است. مدل های اقلیمی بیان ریاضی پیچیده بسیاری از فرایندهای شناخته شده اقلیمی هستند و توزیع متغیرهای جهانی مانند دما، باد، ابر و باران را شبیه سازی می کنند (*IPCC, 1995*). کوچکی و نصیری محلاتی (۱۳۸۷) در مطالعه ای تأثیر تغییر اقلیم بر عملکرد گندم آبی کشور را با استفاده از یک مدل شبیه سازی رشد و بر اساس سناریوهای مختلف تغییر اقلیم مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که تأثیر افزایش غلظت دی اکسید کربن بدون درنظرگرفتن گرمایش جهانی بر عملکرد گندم مثبت است در حالی که با افزایش میانگین دمای روزانه به میزان ۳ درجه سانتی گراد یا بیشتر، عملکرد گندم حتی در صورت افزایش غلظت دی اکسید کربن، کاهش خواهد یافت. علیزاده و کمالی (۱۳۸۱) اثرات تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد را بررسی نموده و بیان کردند که دمای هوا در آینده در منطقه شمال شرق ایران و استان خراسان ۲ تا ۲/۷۵ درجه سانتی گراد افزایش خواهد یافت که نتیجه آن افزایش نیاز خالص آبیاری خواهد بود. حاجی زاده آزاد (۱۳۷۹) در تحقیق خود به پیش بینی تغییر اقلیم خراسان در اثر افزایش غلظت دی اکسیدکربن هوا پرداخته و اثرات آن را بر عملکرد و نیاز آبی چغندرقند مورد مطالعه قرار داد. نتایج وی نشان داد که در اثر افزایش دی اکسید کربن جو، دمای هوا و بارندگی در این منطقه به ترتیب برابر ۱/۶ درجه سانتی گراد و ۱۱/۹ میلی متر افزایش خواهند یافت که در نتیجه آن نیاز آبی چغندرقند کاهش و عملکرد آن افزایش خواهد یافت. *Baguis et al.,* (2010) تأثیر افزایش غلظت دی اکسید کربن هوا با افزایش دما را در دهه‌های آتی بر روی تبخیر- تعرق گیاهان زراعی در نواحی مرکزی بلژیک مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن ها نشان داد که در خصوص محصولات بهاره- پاییزه نظیر گندم، افزایش نیاز آبی مورد توجه نخواهد بود اما در عوض در مورد محصولات بهاره- تابستانه نظیر گوجه فرنگی، افزایش معنی داری در نیاز آبی رخ خواهد داد به نحوی که این افزایش تبخیر- تعرق حتی با بستن روزنه ها و کاهش دوره رشد گیاه نیز جبران نخواهد شد. *Adinalp and Cresser,* (2008) اثرات تغییر اقلیم بر کشاورزی را بررسی نموده و نقش سازگاری بشر در پاسخ به تغییر اقلیم را مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفتند که در اثر تغییر اقلیم، تولید محصولات کشاورزی بعضی از مناطق دنیا افزایش خواهد یافت در حالی که در سایر نقاط، ممکن است این پدیده اثرات منفی در پی داشته باشد بنابراین تأثیر تغییر اقلیم بر رفاه گروه های مختلف، متفاوت خواهد بود. *Rodrıguez et al.,* (2007) با استفاده از مدل- سازی نیاز آب آبیاری، افزایش حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد نیاز آبی فصلی گیاهان زراعی در دهه ۲۰۵۰ را در اثر تغییر اقلیم پیش‌بینی نمودند. آن ها در تحقیق خود بیان کردند که این افزایش، وابسته به مکان و الگوی کشت است. *Harmsen et al., (2009)* نیز در مطالعه ای با استفاده از روش ریزمقیاس نمایی آماری و تحت سه سناریوی اقلیمی *A2, A1* و *B1* به بررسی بارش، تبخیر- تعرق مرجع، کمبود بارش و کاهش نسبی عملکرد محصول پرداختند. نتایج پژوهش آن ها نشان داد که در اثر تغییر اقلیم، فصل بارش مرطوب تر و فصل خشکی خشک تر خواهد شد. همچنین نتایج آن ها نشان داد که میزان تبخیر- تعرق در ماه های خشک با کاهش بارندگی و افزایش دما افزوده خواهد شد. *Finger and Schmid,* (2007) اثر تغییر اقلیم بر تولید دو محصول ذرت و گندم زمستانه را در فلات سوئیس با توجه به سناریوهای تغییر اقلیم در دوره ۲۰۵۰- ۲۰۳۰ مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن ها حاکی از افزایش تولید گندم دیم و آبی و کاهش عملکرد ذرت دیم در اثر تغییرات پارامترهای اقلیمی این دوره بود. از آن چه بیان شد می توان نتیجه گرفت که افزایش غلظت دی اکسید کربن، تغییرات دما و الگوهای بارش در نتیجه تغییر اقلیم، اثرات مهمی بر بخش کشاورزی خواهند داشت. از این رو انجام تحقیقات گسترده در مناطق مختلف در جهت سازگاری با شرایط اقلیمی آینده ضروری بوده و یک وظیفه حیاتی است. پژوهش حاضر در راستای همین هدف و به منظور پیش بینی شرایط اقلیمی استان خراسان رضوی در دو دهه آتی و بررسی تغییرات مصرف آب چغندرقند و گندم به عنوان مهمترین گیاهان زراعی این منطقه و ارائه یافته های تحقیق به مدیران و سیاستگذاران استان، جهت برنامه ریزی و استفاده بهینه از منابع آب موجود، صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

استان خراسان رضوی دارای وسعتی بیش از ۱۱۶هزار کیلومترمربع می‌باشد که بین مدارهای جغرافیایی۳۳ درجه و۵۲ دقیقه تا۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۵۶ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. وسعت مناطق کوهستانی استان حدود ۵۶۷۲۳/۰۶ کیلومتر مربع و وسعت دشت‌های آن حدود ۶۰۲۵۱/۱۸ کیلومتر مربع می باشد که در شکل ۱ مشخص شده است. بلندترین نقطه استان قله بینالود در رشته کوه بینالود، به ارتفاع ۳۶۱۵ متر از سطح دریا و پست‌ترین نقطه استان در دشت سرخس با ارتفاع ۲۹۹ متر از سطح دریا واقع شده است.

در این پژوهش، ۹ دشت از مجموع ۳۶ دشت استان خراسان رضوی که دربرگیرنده ایستگاه های هواشناسی سینوپتیک استان می باشند انتخاب شده و دو گیاه زراعی مهم این مناطق شامل چغندرقند و گندم جهت ارزیابی تغییرات مصرف آب کشاورزی در شرایط تغییر اقلیم آتی مورد بررسی قرار گرفتند. اسامی و خصوصیات دشت های تحت مطالعه و ایستگاه های هواشناسی سینوپتیک معرف آن ها در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت دشت ها و مناطق کوهستانی استان خراسان رضوی (ولایتی و همکاران، ۱۳۸۹)

جدول ۱- خصوصیات دشت های منتخب و ایستگاه های هواشناسی معرف

دشت	ناحیه اقلیمی	حوضه آبریز	ایستگاه معرف	طول جغرافیایی ایستگاه	عرض جغرافیایی ایستگاه	ارتفاع ایستگاه (متر)
تربت جام- فریمان	نیمه خشک	هریرود- کشف رود	تربت جام	۶۰° ۳۵′ E	۳۵° ۱۵′ N	۹۵۰/۴
زاوه- تربت حیدریه	نیمه خشک	کال شور	تربت حیدریه	۵۹° ۱۳′ E	۳۵° ۱۶′ N	۱۴۵۰/۸
سبزوار	نیمه خشک	کال شور	سبزوار	۵۷° ۴۳′ E	۳۶° ۱۲′ N	۹۷۷/۶
سرخس	نیمه خشک	هریرود- تجن	سرخس	۶۱° ۱۰′ E	۳۶° ۳۲′ N	۲۳۵
قوچان- شیروان	معتدل	هریرود- کشف رود	قوچان	۵۸° ۳۰′ E	۳۷° ۴′ N	۱۲۸۷
کاشمر	نیمه خشک	کال شور	کاشمر	۵۸° ۲۸′ E	۳۵° ۱۲′ N	۱۱۰۹/۷
گناباد	نیمه خشک	کال شور	گناباد	۵۸° ۴۱′ E	۳۴° ۲۱′ N	۱۰۵۶
مشهد- چناران	نیمه خشک	هریرود- کشف رود	گلمکان	۵۹° ۱۷′ E	۳۶° ۲۹′ N	۱۱۷۶
مشهد- چناران	نیمه خشک	هریرود- کشف رود	مشهد	۵۹° ۳۸′ E	۳۶° ۱۶′ N	۹۹۹/۲
نیشابور	نیمه خشک	کال شور	نیشابور	۵۸° ۴۸′ E	۳۶° ۱۶′ N	۱۲۱۳

جهت بررسی اثرات تغییر اقلیم بر مصرف آب دو گیاه تحت مطالعه در ۲۰ سال آینده، ابتدا لازم است که پارامترهای اقلیمی این دوره شبیه سازی شوند. معتبرترین ابزار برای تولید داده های هواشناسی سال های آینده، استفاده از مدل های گردش عمومی جوی- اقیانوسی[1] می باشد (IPCC, 2007). این مدل ها قادرند پارامترهای جوی و اقیانوسی را برای یک دوره بلندمدت با استفاده از سناریوهای تأییدشده هیئت بین الدول تغییر اقلیم (IPCC)[2] مدل سازی نمایند (Mitchel, 2003 ; Lane et al., 1999). اما ضعف عمده این مدل ها قدرت تفکیک مکانی کم آن ها است و برای فائق آمدن به این مشکل، لازم است که خروجی این مدل ها قبل از استفاده در مطالعات ارزیابی اثرات تغییر اقلیم، ریزمقیاس[3] شوند (Semenov and Barrow, 1997). در این تحقیق مدل

1- Atmospheric-Ocean General Circulation Model

2- Intergovernmental Panel on Climate Change
3- downscale

HADCM3 که توسط مرکز تحقیقات و پیش‌بینی اقلیمی هادلی در بریتانیا طراحی شده، به عنوان مدل گردش عمومی جوی- اقیانوسی و مدلLARS-WG5 جهت ریز مقیاس نمایی داده های خروجی این مدل گردش عمومی و تولید مقادیر روزانه پارامترهای هواشناسی ایستگاه های تحت مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند. قدرت تفکیک جوی مدل HADCM3، شبکه ای با ابعاد ۲/۷۵ درجه عرض جغرافیایی و ۳/۷۵ درجه طول جغرافیایی و قدرت تفکیک اقیانوسی آن، شبکه ای با ابعاد ۱/۲۵ درجه عرض جغرافیایی و ۱/۲۵ درجه طول جغرافیایی می باشد (Hadley center, 2006). تولید داده توسط مدل LARS-WG5 طی سه مرحله کالیبره کردن داده ها، ارزیابی داده ها و تولید داده های هواشناسی برای دوره آتی صورت می گیرد (Semenov and Barrow, 2002). بر این اساس برای اجرای این مدل در تحقیق حاضر، ابتدا با در نظرگرفتن دوره بیست ساله ۱۳۸۹ – ۱۳۷۰ به عنوان دوره پایه، داده‌های مورد نیاز مدل شامل مقادیر روزانه دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و ساعت آفتابی ۱۰ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک تحت مطالعه در این دوره آماری از مرکز اطلاعات و آمار سازمان هواشناسی کشور اخذ شد. پس از پردازش و مرتب سازی داده ها و تهیه فایل های ورودی، مدل برای دوره پایه اجرا شده و بدین ترتیب مرحله اول به پایان رسید. در مرحله بعد ارزیابی مدل از طریق مقایسه داده های تولید شده توسط مدل و داده های واقعی (مشاهده شده) موجود در دوره پایه با استفاده از رسم نمودارهای همبستگی و انجام آزمون های آماری صورت گرفت که نتایج حاکی از همبستگی بالای مقادیر مدل سازی شده و واقعی (بیش از ۹۷٪ برای همه پارامترهای شبیه سازی شده و تمام ایستگاه ها) و عدم اختلاف معنی دار بین آن ها در سطح احتمال ۰/۰۵ بود. در شکل ۲ نمودارهای همبستگی میانگین ماهانه پارامترهای شبیه سازی شده و واقعی مربوط به ایستگاه مشهد به عنوان نمونه نشان داده شده است. بدین ترتیب پس از اطمینان از توانایی مدل LARS-WG5 در شبیه سازی داده های هواشناسی، این مدل جهت ریزمقیاس نمایی داده های مدل گردش عمومی جو HADCM3 و تولید داده مصنوعی برای دو دهه آتی (۱۴۰۹– ۱۳۹۰) با استفاده از سه سناریوی A1B , A2 و B1 تأیید شده IPCC که به ترتیب معرف تغییر اقلیم بدبینانه (رشد سریع اقتصادی و جمیتی جهان)، متوسط (رشد جمعیت جهان همراه با رشد اقتصادی ناهمگن در نقاط مختلف) و خوشبینانه (همگرایی جمعیت جهان و تغییر در ساختار اقتصادی باکاهش مواد آلاینده و معرفی منابع فناوری پاک و مؤثر) اجرا شده و مقادیر روزانه داده های اقلیمی بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی ۲۰ سال آینده تولید گردید. سپس میانگین این پارامترها در دوره رشد چغندرقند (فروردین تا آبان) و گندم (آبان تا خرداد) محاسبه شده و تغییرات (افزایش یا کاهش) آن ها در مقایسه با میانگین دوره پایه بر حسب درصد محاسبه و نمودارهای مربوطه ترسیم شد (شکل های ۳ تا ۶). در مرحله آخر تحقیق، جهت ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم ۲۰ سال آینده بر مصرف آب چغندرقند و گندم (با فرض یکسان ماندن الگوها و مدیریت کشت کنونی) در مقایسه با دوره پایه، با استفاده از نرم افزار OPTIWAT میزان تبخیر- تعرق پتانسیل و تبخیر- تعرق واقعی به روش هارگریوز- سامانی و بارندگی مؤثر به روش فائو در شرایط غیراستاندارد محاسبه شده (جدول های ۲ و ۳) و نیاز آبی این دو گیاه در دوره رشد، تعیین شد (شکل ۷). لازم به ذکر است که برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی توسط این نرم افزار بر اساس روش ارائه شده در نشریه شماره ۵۶ آبیاری و زهکشی فائو که یک نشریه معتبر جهانی است صورت می‌گیرد (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۷).

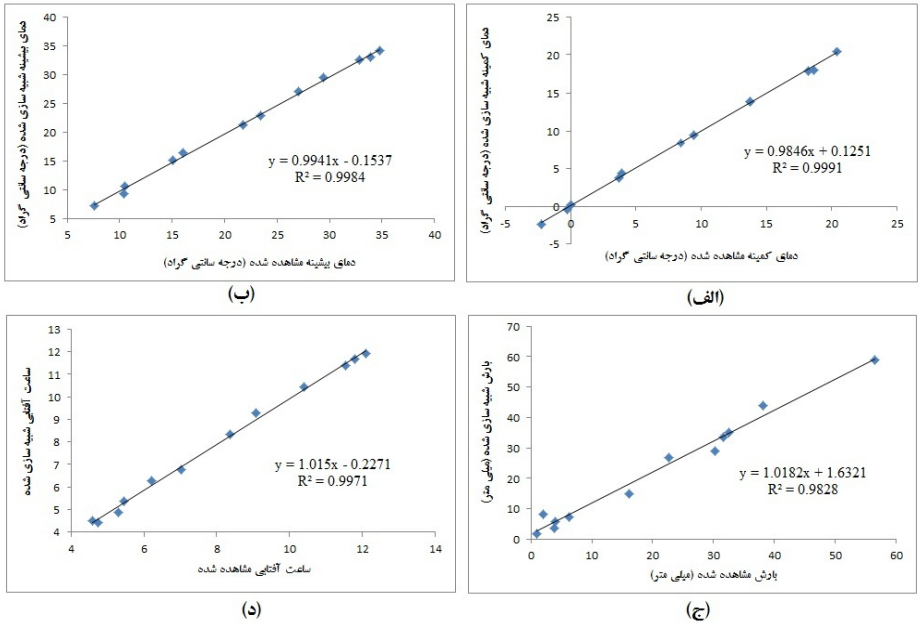
نتایج و بحث

در شکل ۲ نمودارهای همبستگی میانگین ماهانه پارامترهای شبیه سازی شده و واقعی مربوط به ایستگاه مشهد در دوره پایه به عنوان نمونه ای از نتایج مرحله ارزیابی مدل *LARS-WG5* نشان داده شده است. چنان چه مشاهده می شود مقدار ضریب تعیین[1] (R^2) در همه موارد بسیار بالا است که گویای انطباق قابل قبول مقادیر مدل سازی شده و واقعی است. بالاترین همبستگی (R^2 =۰/۹۹۹۱) متعلق به دمای کمینه و کمترین آن (R^2 =۰/۹۸۲۸) مربوط به پارامتر بارش می باشد.

شکل های ۳ تا ۶ به ترتیب نشان دهنده درصد تغییرات پارامترهای دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و ساعت آفتابی ایستگاه‌های تحت مطالعه در دو دهه آتی نسبت به دوره پایه برای فصل رشد چغندرقند و گندم به تفکیک سه سناریوی *A1B* , *A2* و *B1* می باشند.

چنان چه در شکل ۳ مشاهده می شود، دمای کمینه در طول دوره رشد هر دو محصول در تمام شهرهای مورد مطالعه نسبت به دوره پایه افزایش یافته است. البته نسبت افزایش در دوره رشدگیاه چغندر که یک گیاه تابستانه است بیش از گندم که یک گیاه زمستانه به شمار می آید، می باشد. بیشترین افزایش دمای کمینه در دوره رشد گندم طبق هر سه سناریوی *A1B* , *A2* و *B1* به ترتیب برابر ۳۰/۹، ۴۵/۷۷ و ۲۹/۱۳ درصد و مربوط به شهر سبزوار می باشد. در حالی که کمترین درصد افزایش طبق سه سناریوی مذکور به ترتیب برابر ۱/۰۲ در تربت جام، ۴/۲۳ در مشهد و ۲/۲۷ در قوچان دیده می شود. اما در طول دوره رشد چغندرقند، بیشترین افزایش دمای کمینه به ترتیب بالا مربوط است به ایستگاه گلمکان با ۵/۲۳، نیشابور با ۶/۶۲ و مجدداً نیشابور با ۴/۷۷ درصد و کمترین درصد افزایش این پارامتر طبق هر سه سناریو به ترتیب برابر ۱/۳، ۲/۵۵ و ۱/۰۶ متعلق به شهر سرخس می باشد.

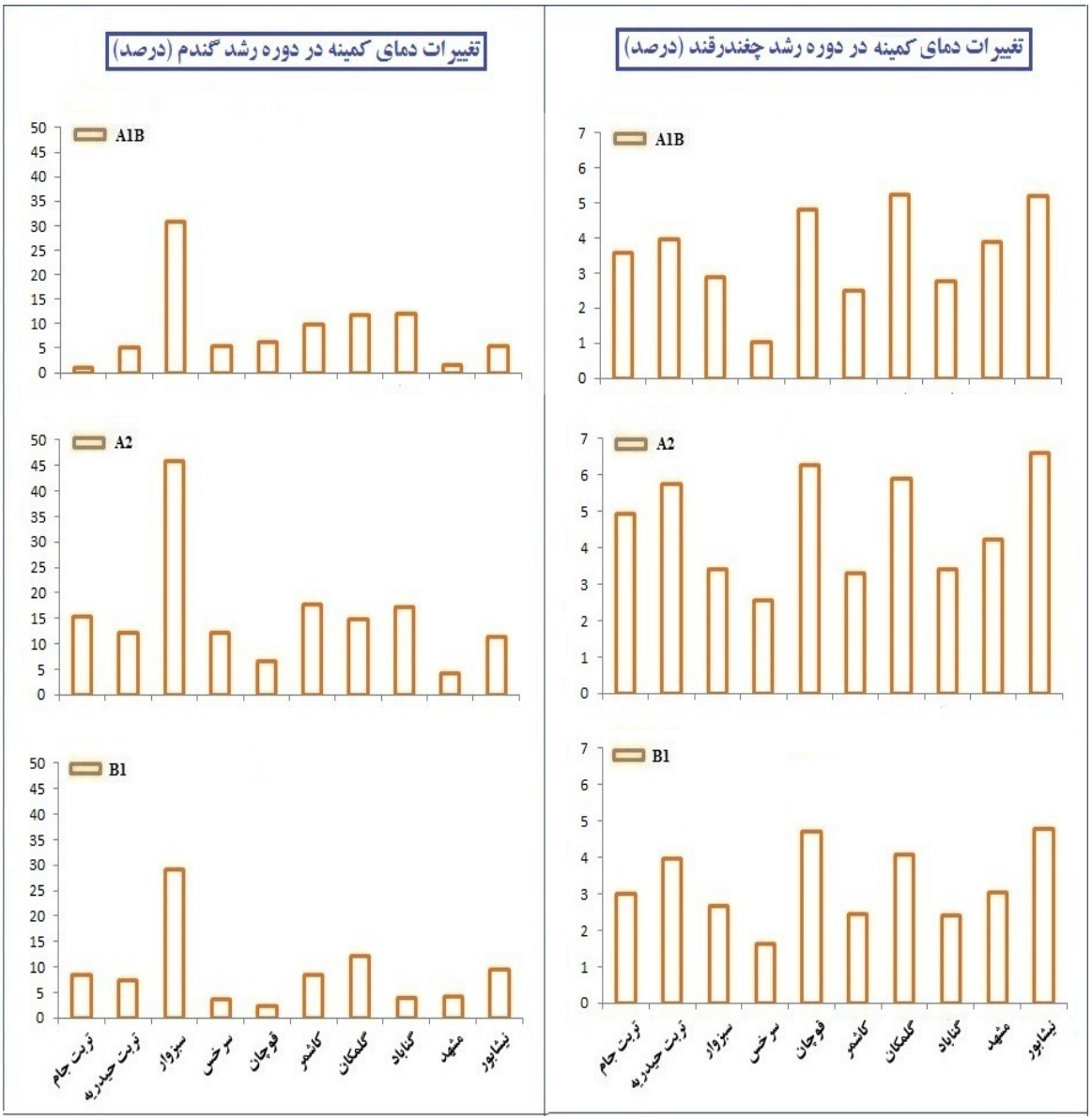
1- Coefficient of Determination



شکل ۲- نمودارهای همبستگی (الف) دمای کمینه، (ب) دمای بیشینه، (ج) بارش و (د) ساعت آفتابی مقادیر شبیه سازی شده توسط مدل *LARS-WG5* و مقادیر مشاهده شده در دوره پایه (۱۴۰۹- ۱۳۹۰) مربوط به ایستگاه مشهد

در شکل ۴ که نشان دهنده تغییرات دمای بیشینه دو دهه آتی ایستگاه های مورد مطالعه نسبت به دوره پایه در طول دوره های رشد چغندرقند و گندم می باشد نیز روند افزایشی دما به خوبی مشهود است. چنان چه مشاهده می شود، بیشترین درصد افزایش دمای بیشینه در طول دوره رشد گندم طبق هر سه سناریوی بدبینانه، متوسط و خوشبینانه به ترتیب برابر ۱/۹۸، ۳/۳۶ و ۱/۸۵ متعلق به شهر قوچان و کمترین درصد افزایش این پارامتر طبق سناریوهای مذکور به ترتیب برابر ۰/۱۵ در سبزوار، ۰/۴۵ درسرخس و ۰/۰۶ در گناباد می باشد. در دوره رشد چغندرقند نیز بیشترین میزان افزایش دمای بیشینه طبق هر سه سناریوی بالا به ترتیب برابر ۱/۷۴، ۲/۱۹ و ۱/۷۷ درصد مربوط به گلمکان و کمترین درصد افزایش نیز به ترتیب برابر ۰/۰۸، ۰/۴۲ و ۰/۰۹ و متعلق به شهر سرخس می باشد.

در شکل ۵ که نشان دهنده تغییرات بارش ایستگاه های منطقه مورد مطالعه در ۲۰ سال آینده نسبت به دوره پایه می باشد مشاهده می شود که در رابطه با هر دو گیاه، افزایش بارش در همه شهرها به جز تربت جام رخ خواهد داد. درصد کاهش بارش تربت جام به ترتیب برابر ۲/۸۷، ۴/۲۴ و ۲۴/۲۳ در دوره رشد گندم و ۱۰/۸۴، ۱۴/۸۳ و ۱۸/۵۵ در فصل رشد چغندرقند طبق سناریوهای *A1B* , *A2* و *B1* می باشد. اما چنان چه گفته شد، صرف نظر از این ایستگاه، سایر شهرها در دو دهه آتی با افزایش بارش مواجه خواهند شد که بیشترین میزان افزایش بارش در دوره رشد گندم به ترتیب برابر ۳۵/۲۴، ۳۵/۵۶ و ۴۲/۴۹ درصد و مربوط به گناباد است. در حالی که کمترین درصد افزایش بارش نیز به ترتیب برابر ۱۰/۸۵، ۵/۳۶ و ۶/۰۵ و متعلق به کاشمر می باشد. در دوره رشد چغندرقند، بیشترین درصد افزایش بارش طبق سناریوهای مذکور ۶۹/۲۱، ۸۰/۹۵ و ۷۰/۱۹ به ترتیب مربوط به شهرهای سبزوار، گناباد و سرخس می باشد. شکل ۶ که نشان دهنده تغییرات ساعت آفتابی استان خراسان رضوی در دوره رشد دو گیاه مورد مطالعه می باشد مبین این مطلب است که در همه ایستگاه ها به جز تربت جام در ۲۰ سال آتی با کاهش ساعات آفتابی مواجه خواهیم شد. این مطلب مؤید نتایج ارائه شده در شکل ۵ (تغییرات بارش) و گویای این حقیقت است که با کاهش ساعات آفتابی، ابرناکی آسمان افزایش یافته و در نتیجه، افزایش بارش مورد انتظار خواهد بود. چنان چه در شکل ۶ ملاحظه می شود در طول فصل رشد گندم طبق سناریوهای *A1B* , *A2* و *B1* بیشترین درصد کاهش به ترتیب برابر ۴/۹۸، ۴/۰۲ و ۳/۲۵ متعلق به شهر گناباد و کمترین درصد کاهش ساعت آفتابی به ترتیب ذکر شده برابر ۰/۷۲ در قوچان، ۰/۰۹ در گلمکان و ۰/۶ در قوچان خواهد بود. در فصل رشد چغندرقند نیز بیشترین کاهش برابر سناریوهای گفته شده به ترتیب برابر ۱/۳۴ در سبزوار، ۱/۴۷ در گناباد و ۱/۰۶ درصد در سرخس و کمترین درصد کاهش به ترتیب برابر ۰/۲۱ در نیشابور، ۰/۰۸ و ۰/۰۴ در مشهد دیده می شود.



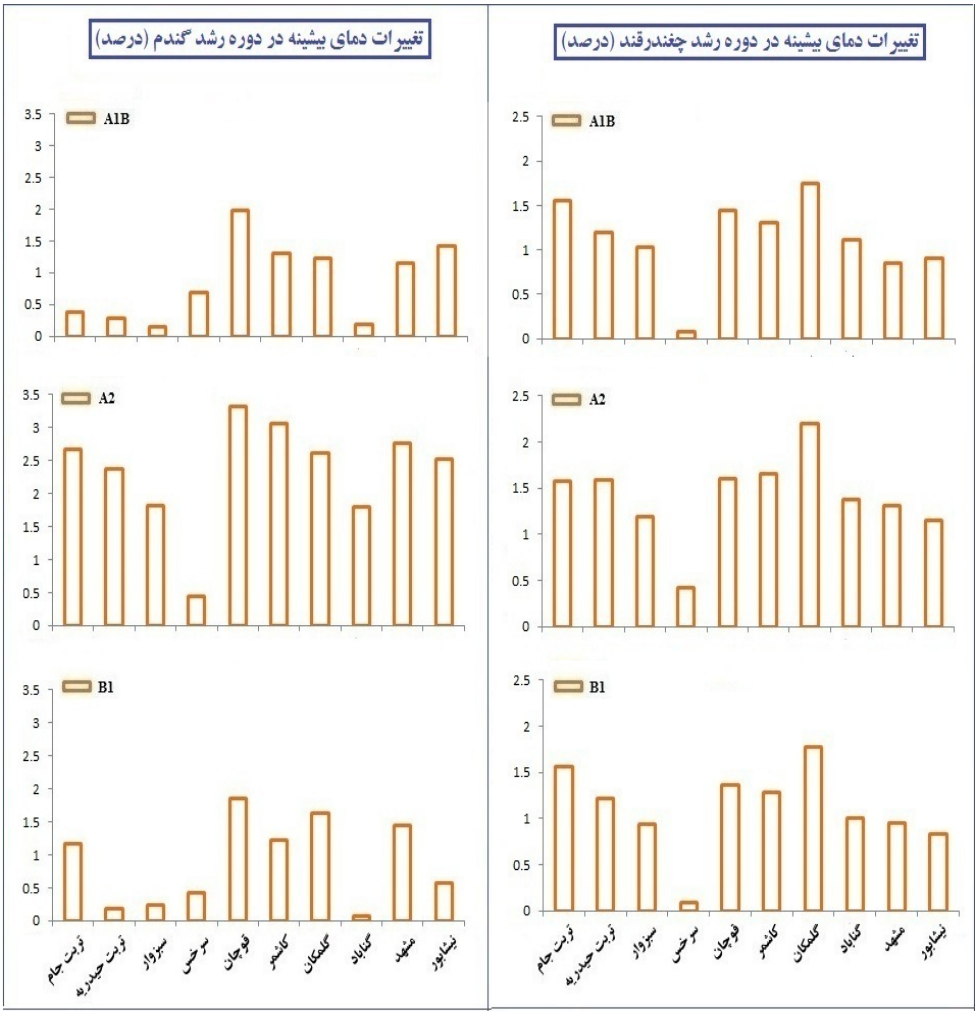
شکل ۳- درصد تغییرات دمای کمینه ایستگاه های تحت مطالعه در دو دهه آتی نسبت به دوره پایه

مقادیر تبخیر- تعرق پتانسیل، تبخیر- تعرق واقعی و بارندگی مؤثر دوره رشد چغندرقند و گندم در ایستگاه های معرف دشت های منتخب استان خراسان رضوی برای دوره پایه و دوره ۱۴۰۹- ۱۳۹۰ به ترتیب در جدول های ۲ و ۳ نشان داده شده است. چنان که انتظار داریم و در این جداول مشاهده می شود که طور کلی مقدار بارندگی مؤثر در گیاه چغندرقند (کشت تابستانه) در مقایسه با گیاه گندم (کشت زمستانه) به طور محسوسی کمتر است. همچنین در رابطه با تبخیر- تعرق، عکس این موضوع صادق است.

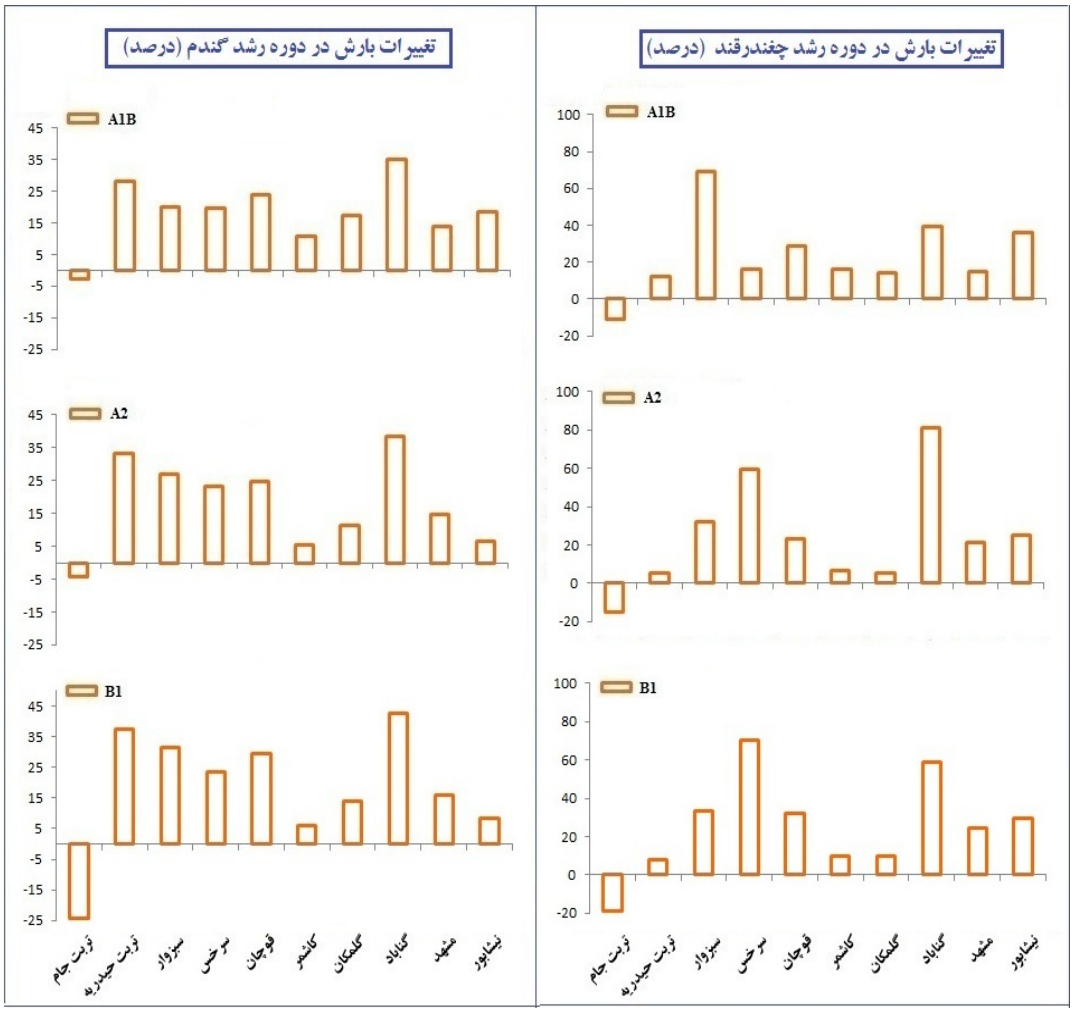
بدین ترتیب می توان از مقایسه دو جدول بالا به این نتیجه رسید که با توجه به شرایط اقلیمی حاکم بر دشت های استان خراسان رضوی که غالباً نیمه خشک می باشند و با عنایت به میزان کم ریزش های جوی این مناطق و طولانی بودن فصل گرم که تبخیر- تعرق بالایی را به همراه دارد، بحران کم آبی سال های آتتی در این دشت‌ها محرز بوده و به نظر می رسد که بهتر است از کشت گیاهان زراعی تابستانه تا حد امکان اجتناب نمود. در شکل ۷ نیاز آبی دو گیاه مورد مطالعه در دوره رشد برای دو دهه آتی (طبق سه سناریوی تغییر اقلیم) در مقایسه با دوره پایه نشان داده شده است.

جدول ۲- تبخیر- تعرق و بارندگی مؤثر دوره رشد چغندرقند و گندم برای دوره پایه (۱۳۸۹- ۱۳۷۰)

ایستگاه	چغندرقند			گندم		
	تبخیر- تعرق پتانسیل	تبخیر- تعرق واقعی	بارندگی مؤثر (میلی متر)	تبخیر- تعرق پتانسیل	تبخیر- تعرق واقعی	بارندگی مؤثر (میلی متر)
تربت جام	۹۰۶	۹۰۲	۸	۵۷۷	۵۷۷	۲۷
تربت حیدریه	۹۷۱	۹۶۹	۱۷	۵۷۸	۵۷۸	۸۵
سبزوار	۱۰۰۴	۹۹۳	۵	۶۸۸	۶۸۷	۴۱
سرخس	۱۲۲۷	۱۲۰۳	۷	۷۱۳	۷۱۰	۴۵
قوچان	۱۴۸۵	۱۱۵۳	۲۶	۵۸۹	۵۸۹	۹۶
کاشمر	۱۰۶۰	۱۰۴۱	۷	۶۱۲	۶۱۲	۴۷
گلمکان	۹۸۷	۹۸۵	۱۵	۵۳۵	۵۳۵	۳۹
گناباد	۱۰۶۵	۱۰۵۵	۴	۶۳۷	۶۳۷	۱۸
مشهد	۱۰۵۵	۱۰۵۳	۲۱	۵۹۱	۵۹۰	۶۶
نیشابور	۱۳۹۵	۱۳۴۶	۱۲	۸۷۲	۸۷۱	۶۵



شکل ٤- درصد تغییرات دمای بیشینه ایستگاه های تحت مطالعه در دو دهه آتی نسبت به دوره پایه



شکل ۵- درصد تغییرات بارش ایستگاه های تحت مطالعه در دو دهه آتی نسبت به دوره پایه

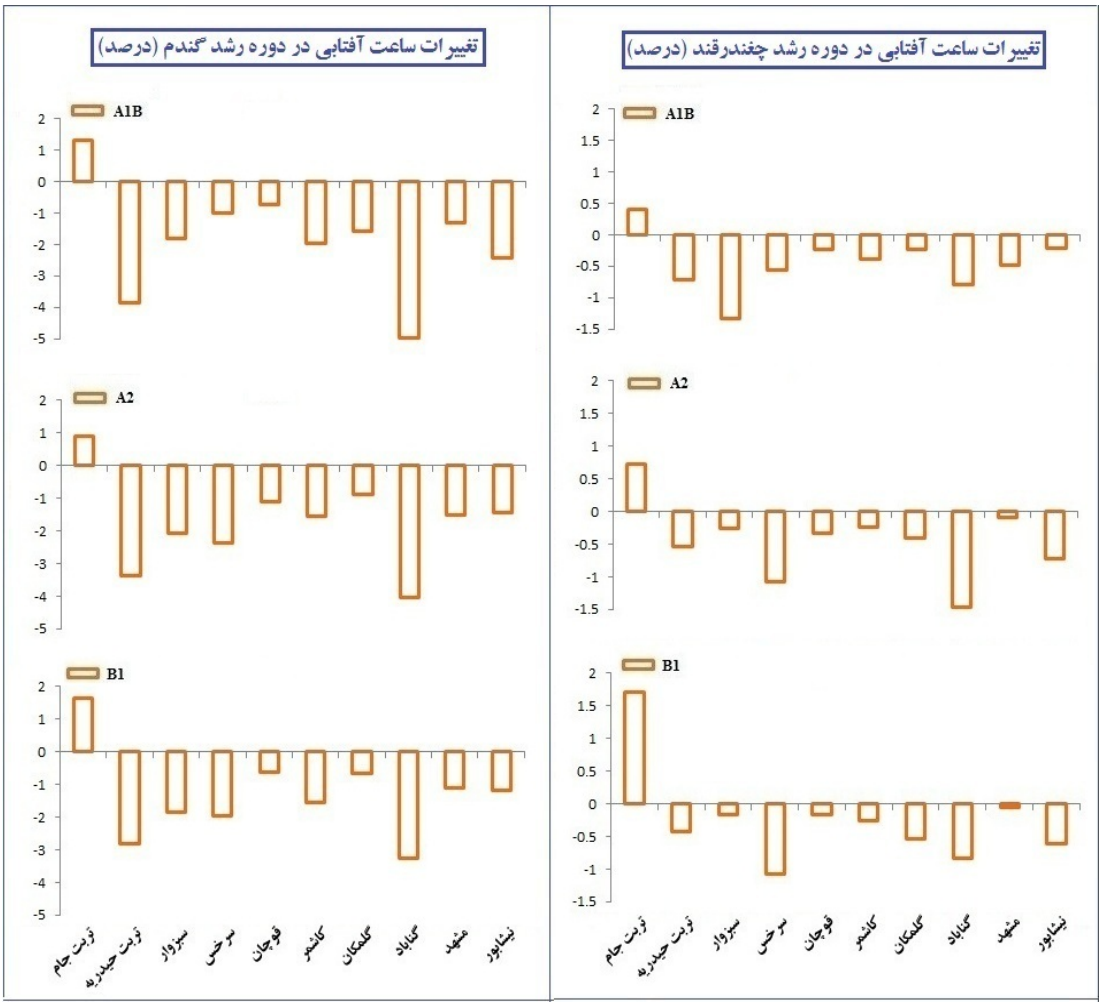
این شکل مبین این مطلب است کـه نیـاز آبـی دو گیـاه گنـدم و چغندرقند در اغلب دشت های منتخب بررسی شده در این مطالعه، در ۲۰ سال آینده تغییر محسوسی نسبت به دوره پایه نخواهد داشت کـه این موضوع در تطابق کامل با تغییرات بارش و ساعت آفتابی بررسـی شده در شکل های ۵ و ۶ مـی باشـد. درحقیقـت در ایـن دشـت هـا، افزایش بارندگی آتی با افزایش دمای کمینه و بیشینه (شکل های ۳ و ۴) و درنتیجه دمای متوسط هوا که منجر به تبخیر- تعرق بیشتر گیـاه می شود، جبران خواهد شد. استثنائاً در تربت جام که چنـان چـه قـبلاً گفتیم با افزایش ساعت آفتابی و درنتیجه کـاهش بـارش در ۲۰ سـال آتی رو به رو خواهد شد، نیاز آبی هر دو گیاه در هر سه سناریوی تغییر اقلیم بدبینانه، متوسط و خوشبینانه افزایش خواهد یافت و میـزان ایـن افزایش در دوره رشد گندم به ترتیب برابـر ۱۷، ۱۴ و ۱۸ درصـد و در دوره رشد چغندرقند به ترتیب برابر ۱۹، ۱۸ و ۱۸ درصـد خواهـد بـود.

همچنین در ایستگاه گلمکان نیز نیاز آبی چغندرقند افزایشی برابر ۱۶، ۱۸ و ۱۷ درصد طبق سناریوهای مذکور نشان خواهد داد که بـه نظـر می رسد به دلیل افزایش قابل توجه دمـای کمینـه و بیشـینه (شـکل های ۳ و ۴) این منطقه باشد. علاوه بر این اسـتثنای دیگـری نیـز در مورد سرخس دیده می شود که البته با کاهش نیاز آبـی هـر دو گیـاه نسبت به حالت پایه در ۲۰ سال آینده مواجه خواهد شد و میـزان ایـن کاهش در دوره رشد گندم بـه ترتیـب برابـر ۱۴، ۱۵ و ۱۵ درصـد بـه ترتیب طبق سناریوی بدبینانه، متوسط و خوشبینانه و برابر ۶ درصد در دوره رشد چغندرقند طبق هر سه سناریوی مذکور خواهد بود.

نتیجه گیری

تغییر اقلیم یکی از چـالش هـای کنـونی و آتـی فـراروی بخـش کشاورزی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است. از این

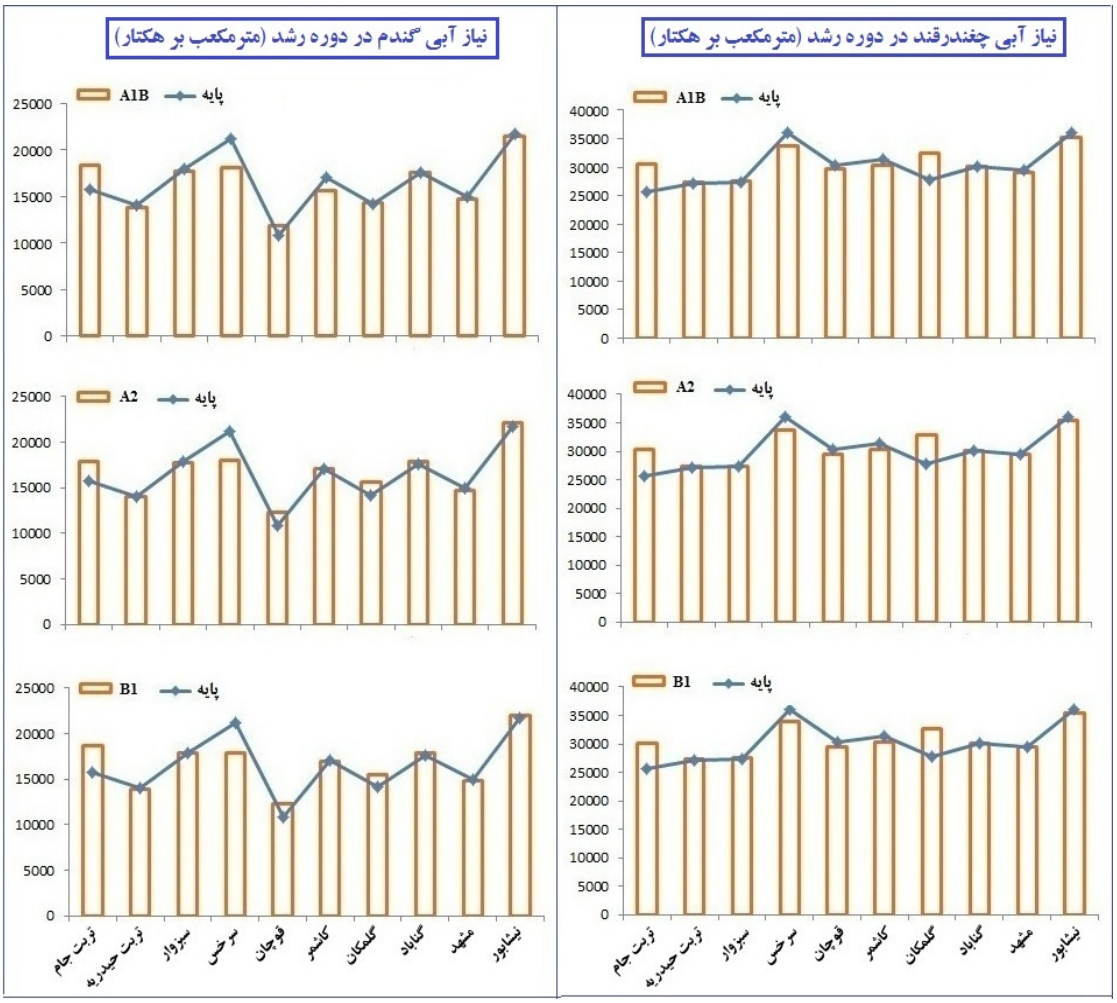
رو شبیه سازی اثرات آن در دوره های آتی کمک شایانی در برنامه ریزی و سیاست گذاری های کلان در جهت تأمین امنیت غذایی جامعه و رفاه تولیدکنندگان خواهد نمود. با توجه به این مهم در این مطالعه ابتدا با بکارگیری مدل ریزمقیاس کننده LARS-WG5 داده های پارامترهای اقلیمی دمای کمینه، دمای بیشینه، بارندگی و ساعت آفتابی استان خراسان رضوی در دو دهه آتی شبیه سازی شد و سپس اثرات تغییرات اقلیم آینده بر مصرف آب دو گیاه زراعی گندم و چغندرقند مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در دشت های منتخب استان خراسان رضوی، دمای متوسط هوا در ۲۰ سال آتی افزایش خواهد یافت. بیشترین افزایش دمای هوا در دوره رشد گندم در دشت های سبزوار و قوچان- شیروان و در دوره رشد چغندرقند در دشت های مشهد- چناران و نیشابور رخ خواهد داد. میزان بارندگی نیز در اغلب دشت ها به جز دشت تربت جام- فریمان افزایش خواهد یافت به طوری که بیشترین میزان افزایش این پارامتر در ۲۰ سال آینده در دشت های گناباد (در دوره رشد گندم)، سبزوار و سرخس (در دوره رشد چغندرقند) خواهد بود. با این اوصاف، نیاز آبی گیاه گندم در دشت های تربت جام- فریمان و مشهد- چناران و نیاز آبی چغندرقند در دشت تربت جام- فریمان در دوره ۱۴۰۹- ۱۳۹۰ افزایش خواهد یافت و درنتیجه با توجه به وضعیت اقلیمی این مناطق، بحران کم آبی محرز این دشت ها در سال های آینده نیز تشدید خواهد شد. اما در دشت سرخس، نیاز آبی این دو گیاه کاهش خواهد یافت که نشان از شرایط مناسب کشاورزی این منطقه در دو دهه آتی دارد. در سایر دشت ها احتمالاً تفاوت محسوسی در نیاز آبی گندم و چغندرقند مشاهده نخواهد شد که دلیل این امر را می توان جبران شدن افزایش بارندگی های ۲۰ سال آینده با افزایش تبخیر- تعرق ناشی از بالا رفتن دمای متوسط هوا در دشت های مذکور دانست. بنابراین توجه به این نکته ضروری است که تنها افزایش بارندگی، منجر به کاهش میزان آب مصرفی گیاه نخواهد شد.



شکل ٦- درصد تغییرات ساعت آفتابی ایستگاه های تحت مطالعه در دو دهه آتی نسبت به دوره پایه

جدول ۳- تبخیر- تعرق و بارندگی مؤثر در دوره رشد چغندرقند و گندم برای دو دهه آتی (۱٤۰۹- ۱۳۹۰)

ایستگاه	سناریو	چغندر قند			گندم		
		تبخیر- تعرق پتانسیل	تبخیر- تعرق واقعی	بارندگی مؤثر (میلی متر)	تبخیر- تعرق پتانسیل	تبخیر- تعرق واقعی	بارندگی مؤثر (میلی متر)
تربت جام	*A1B*	۱۰۹۲	۱۰۷۶	۸	۶۷۶	۶۷۵	۲۹
	A2	۱۰۸۴	۱۰۷۰	۹	۶۶۵	۶۶۴	۳۷
	B1	۱۰۸۱	۱۰۶۲	۴	۶۷۹	۶۷۸	۲۴
تربت حیدریه	*A1B*	۹۸۴	۹۷۸	۲۳	۵۸۸	۵۸۸	۱۰۷
	A2	۹۸۲	۹۷۸	۲۲	۵۹۳	۵۹۲	۱۰۱
	B1	۹۸۳	۹۸۰	۲۵	۵۸۸	۵۸۸	۱۰۲
سبزوار	*A1B*	۱۰۱۲	۱۰۰۰	۸	۷۰۱	۷۰۰	۶۴
	A2	۱۰۰۴	۹۹۲	۸	۷۰۴	۷۰۳	۶۲
	B1	۱۰۱۰	۹۹۹	۱۰	۷۰۴	۷۰۳	۶۲
سرخس	*A1B*	۱۲۲۰	۱۱۹۶	۱۴	۶۹۱	۶۹۱	۵۵
	A2	۱۲۲۱	۱۱۹۷	۱۳	۶۸۹	۶۸۹	۶۰
	B1	۱۲۱۹	۱۱۹۸	۱۳	۶۸۷	۶۸۶	۵۸
قوچان	*A1B*	۱۱۸۴	۱۱۶۹	۴۴	۶۰۳	۶۰۲	۱۹۷
	A2	۱۱۸۲	۱۱۶۸	۴۵	۶۰۵	۶۰۴	۱۳۴
	B1	۱۱۸۵	۱۱۷۴	۵۵	۶۰۶	۶۰۵	۱۳۵
کاشمر	*A1B*	۱۰۱۹	۱۰۱۱	۱۱	۶۱۸	۶۱۸	۱۴۰
	A2	۱۰۲۰	۱۰۱۲	۱۰	۶۲۵	۶۲۵	۶۲
	B1	۱۰۱۸	۱۰۱۲	۱۰	۶۱۹	۶۱۹	۶۰
گلمکان	*A1B*	۱۱۶۴	۱۱۵۶	۲۳	۵۹۵	۵۹۵	۱۷۷
	A2	۱۱۸۱	۱۱۷۲	۲۵	۶۰۷	۶۰۷	۵۹
	B1	۱۱۷۸	۱۱۷۰	۲۵	۶۰۲	۶۰۲	۵۷
گناباد	*A1B*	۱۰۷۷	۱۰۶۴	۸	۶۶۴	۶۶۳	۴۷
	A2	۱۰۷۰	۱۰۵۶	۶	۶۶۵	۶۶۴	۳۹
	B1	۱۰۷۵	۱۰۶۳	۱۱	۶۶۶	۶۶۵	۳۸
مشهد	*A1B*	۱۰۵۰	۱۰۴۵	۲۸	۶۰۳	۶۰۳	۸۹
	A2	۱۰۵۹	۱۰۵۶	۲۸	۶۰۳	۶۰۲	۸۸
	B1	۱۰۵۹	۱۰۵۷	۲۸	۶۰۲	۶۰۱	۸۴
نیشابور	*A1B*	۱۳۵۶	۱۳۲۰	۲۱	۸۷۹	۸۷۸	۸۵
	A2	۱۳۶۷	۱۳۲۰	۱۲	۸۹۰	۸۸۹	۷۳
	B1	۱۳۷۰	۱۳۲۴	۱۲	۸۸۹	۸۸۸	۷۳



شکل ۷- نیاز آبی چغندرقند و گندم برای ایستگاه های تحت مطالعه در دو دهه آتی در مقایسه با دوره پایه

منابع

حاجی زاده آزاد ح. (۱۳۷۹). شبیه سازی رایانه ای اثر تغییر اقلیم بر تولید چغندرقند در خراسان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

حیدری م.، معروفی ص.، سبزی پرور ع. ا.، میرمسعودی ش. و قیامی ف. (۱۳۸۸). بررسی تأثیر روش محاسبه، طول دوره حداکثر نیاز آبی و سطوح احتمال در برآورد بهینه آب مورد نیاز گیاه (مطالعه موردی : منطقه همدان). مجله حفاظت آب و خاک، جلد ۱۶، شماره ۳، ۱۴۰- ۱۲۳.

علیزاده ا.، سیاری ن.، حسامی کرمانی م. ر.، بنایان اول م.، و فریدحسینی ع. (۱۳۸۹). بررسی پتانسیل اثرات تغییراقلیمی بر منابع و مصارف آب کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه کشف رود). مجله آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۴، ۸۳۵- ۸۱۵.

علیزاده ا.، و کمالی غ. (۱۳۸۷). نیاز آبی گیاهان در ایران. مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، ۲۲۷ صفحه.

علیزاده ا.، و کمالی غ. (۱۳۸۱). اثر تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، جلد ۳، ۲۰۱- ۱۹۰.

کوچکی ع. و حسینی م. (۱۳۸۵). تغییر اقلیم و تولیدات زراعی در جهان. مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۵۵۵ صفحه.

کوچکی ع. و نصیری محلاتی م. (۱۳۸۷). تأثیر تغییر اقلیم همراه با افزایش غلظت دی اکسید کربن بر عملکرد گندم در ایران و ارزیابی راهکارهای سازگاری. مجله پژوهش های زراعی ایران. جلد ۶، شماره ۱، ۱۵۴- ۱۳۹.

ولایتی س.، داوری ک.، انصاری ح.، تیموری ع.، شاهدی م.،

طالبی‌حسین‌آباد ف. و تمسکی س. (۱۳۸۹). گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مطالعات برنامه آمایش استان خراسان رضوی. جهاد دانشگاهی مشهد.

Adinalp C. and Cresser M. S. (2008). The effect of global climate change on agriculture. American-Eurasian Journal Agricultural and Environmental Scencei, 3(5):672-676.

Baguis P., Roulin E., Willems P., Ntegeka V. (2010). Climate change scenarios for precipitation and crop evapotranspiration over central Belgium. Theoretical Applied Climatology. 99:273–286.

Finger R. and Schmid S. (2007). Modeling agricultural production risk and the adaptation to climate change. Presentation at the EAAE seminar management of climate risks in agriculture. Berlin, Germany, july 5-6.

Hadley center. (2006). Effect of climate change in the developing countries. UK Meteorological Office.

Harmsen E., Miller N.L., Schlegel N.J., and Gonzalez J.E. (2009). Seasonal climate change impacts on evapotranspiration, precipitation deficit and crop yield in Puerto Rico. Agricultural Water Management. 96:1085–1095.

IPCC. (2007). Summary for policy makers Climate change: The physical science basis. Contribution of working group I to the forth assessment report. Cambridge University Press, 881 PP.

IPCC. (1995). Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific Technical Analyses. Cambridge University Press, 878 PP.

Lane, M. E., Kirshen, P. H. and Vogel, R. M. (1999). Indicators of impact of global climate change on U.S. water resources. ASCE, Journal of Water Resource Planning and Management. 125(4): 194-204.

Mitchell, T. D. (2003). Pattern Scaling: An Examination of Accuracy of the Technique for Describing Future Climates. Climatic Change, 60: 217-242.

Revenga C. (2000). Will there be enough water, Available online at www.genie.uohawa.ca/nfrentte/cvg4122/content.html.

Rodrıguez Dıaz, J. A. Weatherhead, J. W. Knox, E. Camacho. (2007). Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain. Regional Environmental Change. 7:149–159.

Semenov, M.A., and Barrow, E.M., 2002, LARS-WG a Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies. User's manual, Version3.0.

Semenov, M.A. and Barrow, E.M. (1997): Use of a stochastic weather generator in the development of climate change scenarios. Climatic Change 35: 397-414

تاریخ دریافت: ۹۰/۵/۵
تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۳۰

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 2, Vol. 6, Summer 2012, p. 105-117

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۲، جلد۶، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۱۱۷-۱۰۵

Evaluation of wheat and Sugar beet water use Variation due to Climate Change Effects in two Coming Decades in the Selected plains of Khorasan Razavi Province

B.Ashraf [1]*, M.Mousavi-Baygi [2], G. A. Kamali [3], K. Davari [4]

Abstract

One of the main consequences of climate change is its impact on agricultural water use that could face the water resources management with serious challenges. In this research, to examine climate change influence on sugar beet and wheat water use in selected plains of Khorasan Razavi province, minimum temperature, maximum temperature, precipitation and sunshine hours for 2 coming decades were simulated using LARS-WG5 model according A1B, A2 and B1 scenarios confirmed by IPCC. Then potential and actual evapotranspiration and effective rainfall calculated using Hargreaves-Samani and FAO methods respectively and were determinate water requirements of these plants on the next 20 years compared with the base period (1991-2010). The results showed that the minimum and maximum temperatures will increase at all selected plains and the highest increase in minimum temperature in wheat growing period under all three scenarios A1B, A2 and B1 respectively equal 30.9, 45.77 and 29.13 percent will be seen in Sabzevar and during growth period of sugar beet respectively above scenarios will be seen in Golmakan with 5.23, Neyshabur with 6.62 and Neyshabur with 4.77. Also precipitation will increase in all stations except Torbat jam and the highest rate of increase in wheat growing period under these scenarios, respectively 35.24, 35.56 and 42.49 percent will be seen in Gonabad and in sugar beet growing period, respectively 69.21, 80.95 and 70.19 will occur in Sabzevar, Gonabad and Sarakhs. The results also showed that the water requirement of these plants in most plains of province will not noticeably change except of Torbat jam-Fariman that will increase equal 17, 14 and 18 percent in the growth period of wheat and 19, 18 and 18 percent in growth period of sugar beet and Sarakhs that will faced with reducing equal 14, 15 and 15 percent in the growth period of wheat and 6 percent in the growth period of sugar beet according the above scenarios.

Keywords: Effective rainfall, Evapotranspiration, Confirmed scenarios of IPCC, Downscalar model

1- Ph.D Student of Agrometeorology, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(* - Corresponding Author Email: samaneh_ashral@ yahoo.com)
2- Associated Professor of Meteorology , Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3- Associated Professor, Department of Meteorology, Faculty of Science, Islamic Azad University, Science & Research Branch, Tehran
4- Associated Professor, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad