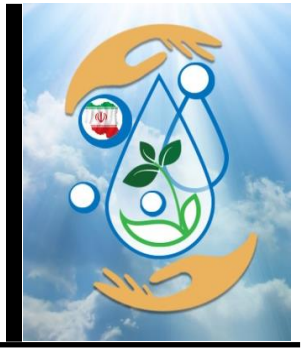


اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی و نیاز آبیاری در مناطق تحت آبیاری، مطالعه موردی: دشت نجف‌آباد

مصطفی گودرزی [۱]، جهانگیر عابدی کوپایی [۲]*

۱: استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران.

۲: استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.

**Email: goodarzimustafa@gmail.com*

چکیده

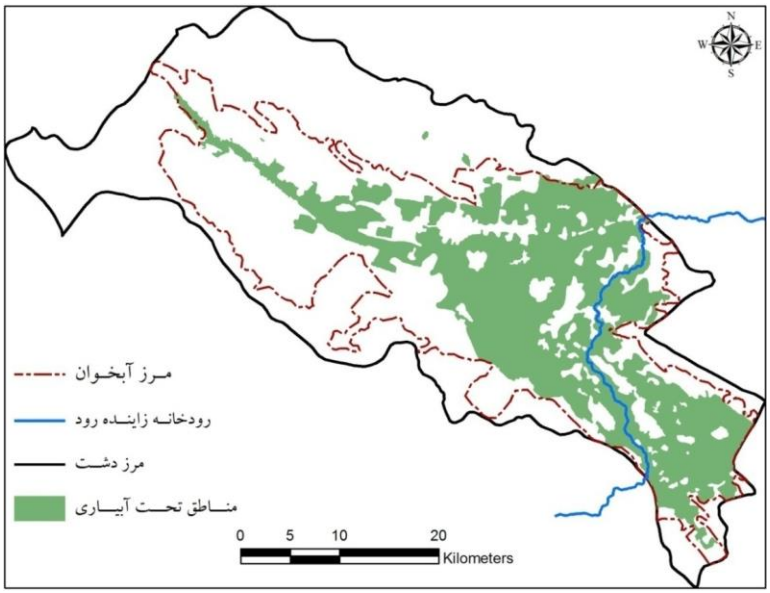
در این تحقیق به منظور ارزیابی اثرات احتمالی تغییر اقلیم بر نیاز آبی و نیاز آبیاری محصولات مختلف موجود در یک منطقه تحت آبیاری از دو سناریوی تغییر اقلیم *RCP 4.5* و *RCP 8.5* استفاده گردید و دشت نجف‌آباد به عنوان مطالعه موردی انتخاب شد. نتایج نشان داد که میزان تبخیر و تعرق در تمامی ماه‌ها نسبت به دوره پایه افزایش یافته که این میزان برای سناریوی *RCP 4.5* به طور متوسط حدود ۲/۵ درصد و برای سناریوی *RCP 8.5* به طور متوسط حدود ٤/۱ درصد می‌باشد. مقدار افزایش نیاز آبی برای گیاهان مختلف قابل توجه نبوده و حداکثر برابر با ۵/۵ درصد می‌باشد. اما در مورد نیاز آبیاری میزان افزایش قابل توجه بوده و برای برخی از گیاهان تا حدود ۱۸ درصد افزایش نیاز آبیاری ملاحظه می‌گردد. در بین گیاهان موجود در الگوی کشت منطقه بیشترین حساسیت نسبت به تغییر اقلیم در گندم، جو، زیره، پیاز و محصولات علوفه‌ای ملاحظه می‌شود، که با توجه به سطح کشت بالای این محصولات، تغییر اقلیم می‌تواند اثر قابل توجهی بر میزان مصرف منابع آبی در سطح منطقه بگذارد. لذا با توجه به نتایج بدست آمده و الگوی کشت منطقه برای نیاز خالص آبیاری دشت تحت سناریوی *RCP 4.5* حدود ۷ درصد و تحت سناریوی *RCP 8.5* حدود ۱۱ درصد افزایش پیش‌بینی می‌گردد. این مسئله می‌تواند اثرات نامطلوب زیادی در مدیریت توزیع آب آبیاری در سطح دشت و نیز برداشت از آبخوان داشته باشد. لذا آگاه سازی کارشناسان و کشاورزان در ارتباط با اثرات تغییر اقلیم و نحوه سازگاری با آن، برای مقابله هرچه بهتر با این پدیده از ضروریات بخش کشاورزی می‌باشد.

کلمات کلیدی: *تغییر اقلیم، الگوی کشت، تبخیر و تعرق، نیاز آبی، آبیاری*

بیان مسئله

یکی از پدیده‌هایی که شرایط آب و هوایی مناطق مختلف جهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد پدیده تغییر اقلیم می‌باشد. تغییر اقلیم یعنی هر تغییر مشخص در الگوهای مورد انتظار برای وضعیت میانگین آب و هوایی، که در طولانی مدت در یک منطقه خاص یا برای کل اقلیم جهانی، رخ بدهد (۱). برپایه گزارشات هیئت بین دولتی تغییر اقلیم، متوسط دمای سطح زمین

از سال ۱۸٦۱ حدود ۰/٦ درجه سانتیگراد افزایش یافته است و پیش‌بینی‌ها یک افزایش ۲ تا ٤ درجه‌ای را برای ۱۰۰ سال آینده نشان می‌دهند (۱). بر اثر این افزایش دما چرخه هیدرولوژی تاثیر زیادی می‌بیند که با تغییر شدت بارش و تبخیر همراه می‌باشد. یکی از آثار احتمالی تغییر اقلیم، اثر آن بر نیاز آبی گیاهان در مناطق مختلف می‌باشد که در سطح وسیع در یک منطقه می‌تواند قابل توجه باشد. از آنجا که افزایش احتمال تغییر اقلیم برای دوره‌های آتی می‌تواند آثار زیانباری برای جوامع بشری داشته باشد، لذا در سال‌های اخیر تحقیقاتی مختلفی در این مورد در دنیا صورت گرفته است و این تحقیقات همچنان ادامه دارد (۱). منطقه مورد مطالعه دشت نجف‌آباد است که بخشی از حوضه بزرگ زاینده‌رود بوده و مهمترین دشت از لحاظ کشاورزی در حوضه زاینده‌رود می‌باشد. در واقع عبور رودخانه زاینده‌رود و وجود شبکه آبیاری و زهکشی در بخش جنوب شرقی آبخوان دشت نجف‌آباد موجب شده تا این دشت به بزرگترین قطب کشاورزی در استان اصفهان تبدیل شود. این دشت به لحاظ جغرافیایی بین مدار ″۱۱ ′۵۷ °۵۰ تا ″۲٦ ′٤٤ °۵۱ طول شرقی و مدارهای ″۱۳ ′۲۰ °۳۲ تا ″۲۱ ′٤۹ °۳۲ عرض شمالی واقع شده است. در شکل ۱ موقعیت و محدوده دشت و آبخوان مورد مطالعه و سطوح آبیاری موجود در منطقه که بر اساس آنالیز و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای در سیستم اطلاعات جغرافیایی تعیین گردیده، نشان داده شده است (۱).



شکل ۱- محدوده دشت نجف‌آباد، آبخوان مربوطه و مناطق تحت آبیاری

روش مورد استفاده در این تحقیق شامل سه مرحله اصلی است که به ترتیب شامل تعیین نیاز آبی و نیاز آبیاری گیاه، تولید سناریوهای تغییر اقلیم و بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی و نیاز آبیاری گیاهان موجود در الگوی کشت می‌باشد. مقدار نیاز آبی گیاهان را به روش‌های مختلفی می‌توان تعیین نمود. در این بین فائو[1] به منظور برآورد بهتر نیاز آبی گیاه تحت شرایط مختلف اقلیمی و سناریوهای مختلف، نرم‌افزار کراپ وات[2] را پیشنهاد نموده است. نرم‌افزار کراپ وات یک مدل مدیریت آبیاری است که توسط فائو برای تعیین نیاز آبی و نیاز آبیاری گیاهان مختلف ارائه شده است (٤). این نرم‌افزار به طور گسترده‌ای در ارزیابی نیاز آبی گیاه و برنامه‌ریزی آبیاری برای گیاهان و مناطق اقلیمی مختلف مورد استفاده قرار گرفته است (۲، ٦، ۹، ۱٤، ۱۵، ۲۲، ۲٤). این نرم‌افزار از روش فائو پنمن مانتیث[3] برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع، تبخیر و تعرق

1 . FAO
2 . Crop watt
3 . FAO Penman-Monteith

واقعی گیاه و نیاز آبیاری گیاه استفاده می‌نماید. شرح نحوه محاسبه نیاز آبی توسط نرم‌افزار کراپ وات توسط اسمیث (۲۳)، ارائه شده است.

برای تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل ($ET0$) با استفاده از روش پنمن مانتیث برای شرایط کنونی (۲۰۰۰-۱۹۷۱) نیاز به داده‌های اقلیمی دمای حداکثر، دمای حداقل، تعداد ساعات آفتابی، سرعت باد و رطوبت نسبی می‌باشد، که با جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، مقادیر تبخیر و تعرق برای شرایط کنونی محاسبه گردید. برای شرایط آینده نیز تحت دو سناریوی $RCP4.5$ و $RCP8.5$ که به ترتیب معرف شرایط متوسط و حاد تولید گازهای گلخانه‌ای در جهان هستند، این پارامترهای اقلیمی پیش‌بینی گردید. در گام بعدی با توجه به نتایج سناریوهای تغییر اقلیم و تغییرات به وجود آمده در آینده تحت این سناریوها، اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی و نیاز آبیاری الگوی کشت منطقه ارزیابی شد.

تمام مدل‌های گردش عمومی جو مدل‌های جفت شده اقیانوس اتمسفر بوده و اغلب آنها در دوره زمانی ۲۱۰۰-۱۹۶۰ اجرا شده‌اند. خروجی این مدل‌ها به صورت میانگین ماهانه متغیرهای جوی شامل بارندگی، حداکثر و حداقل دما و تابش برای دوره پایه و دهه‌های آینده موجود می‌باشد. با وجود این، دقت مکانی پایین مدل‌های گردش عمومی جو منجر به خطاهای معنی‌دار و عدم قطعیت‌های بالا در خروجی‌های آن در مقیاس محلی می‌شود. به همین دلیل نمی‌توان مستقیماً از نتایج خروجی‌های بزرگ مقیاس اقلیمی برای پیش‌بینی بارندگی و دمای مناطق در مقیاس کوچک استفاده کرد و برای این منظور از مدل‌های مختلف ریزمقیاس نمائی، استفاده می‌شود. در این تحقیق از ۲۰ مدل مختلف گردش عمومی جو برای پیش‌بینی شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه، تحت سناریوهای $RCP\ 4.5$ و $RCP\ \ 8.5$ استفاده شده است.

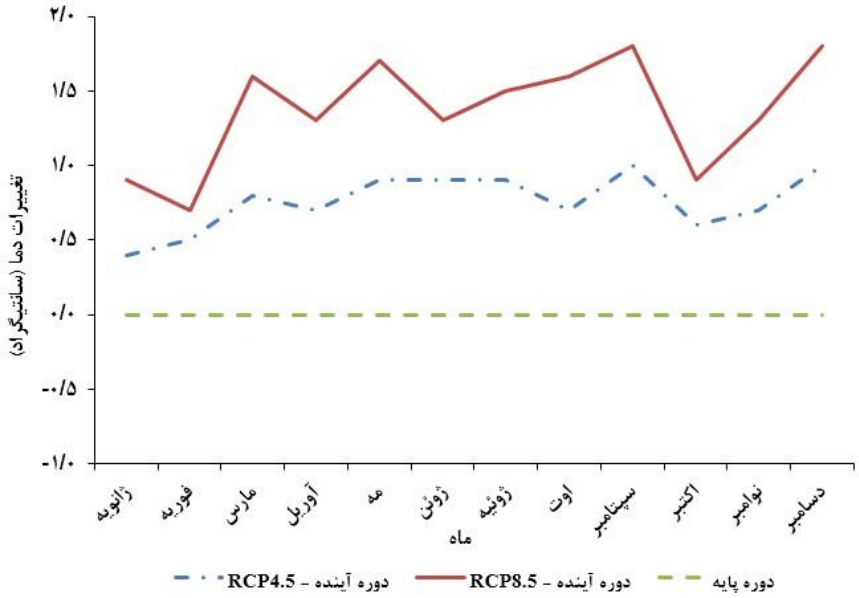
یکی از مشکلات عمده در استفاده از خروجی مدل‌های جفت شده اقیانوسی اتمسفری گردش عمومی جو، بزرگ مقیاس بودن سلول محاسباتی آنها، به لحاظ مکانی و زمانی نسبت به منطقه مورد مطالعه می باشد. روش‌های مختلفی جهت تولید سناریوهای اقلیمی منطقه‌ای از سناریوهای اقلیمی مدل‌های جفت شده اقیانوسی اتمسفری گردش عمومی جو، وجود دارد که به این روش‌ها کوچک مقیاس کردن گفته می‌شود. در این تحقیق به منظور کوچک مقیاس کردن داده‌های طرح به لحاظ مکانی از روش وزن‌دهی عکس فاصله استفاده گردید. در روش وزن‌دهی عکس فاصله، فرض بر این است که نقاط نزدیک به نقطه مورد درون‌یابی تاثیر بیشتری را نسبت به نقاط دورتر بر مقدار کمیت نقطه مورد نظر دارند. در این روش، متغیرهای اقلیمی شبیه سازی شده توسط مدل‌های جفت شده اقیانوسی اتمسفری گردش عمومی جو، از اطلاعات مربوط به سلولی استخراج می‌شود که منطقه مورد مطالعه در آن قرار می‌گیرد. سپس مقادیر این کمیت در دیگر نقاط محدوده با استفاده از روابط مربوطه تخمین زده (درون‌یابی) می‌شود (۱). همچنین، در این تحقیق به منظور کوچک مقیاس کردن داده‌های طرح به لحاظ زمانی و ایجاد سناریوهای تغییر اقلیم از روش عامل تغییر استفاده گردید (۱). با استفاده از روش عامل تغییر نمی‌توان دو پارامتر سرعت باد و رطوبت نسبی را برآورد نمود. لذا برای پارامتر باد ابتدا با استفاده از آزمون من کندال وجود روند در تغییرات این پارامتر بررسی گردید و در صورت وجود روند جهت و مقدار آن مشخص گردید. برای پارامتر رطوبت نسبی نیز با توجه به اینکه این پارامتر تابعی از دما، ساعات آفتابی و بارش می‌باشد، لذا مقادیر این پارامتر به صورت تابع چند جمله‌ای از پارامترهای ذکر شده با استفاده از آنالیز رگرسیون مشخص گردید (۱).

مدل‌های گردش عمومی جو، مهمترین منبع عدم قطعیت در مطالعات تغییر اقلیم شناخته شده‌اند. استفاده از یک مدل واحد گردش عمومی جو، ممکن است سبب تصمیم‌گیری غیرصحیح در ارتباط با تغییر اقلیم گردد، لذا در تحقیقات مختلف از سناریوهای چندگانه تغییر اقلیم توسط مدل‌های مختلف گردش عمومی جو، استفاده شده است (۷). تا کنون روش‌های مختلفی برای کاهش عدم قطعیت خروجی‌های مدل گردش عمومی جو از جمله یک پیش‌بینی کننده مرکزی با میله‌های خطا،

یک تابع توزیع احتمال مشخص، یک محدوده با تابع توزیع نامشخص و یک محدوده با محدوده بزرگتر احتمالاتی ناشناخته، به کار گرفته شده است (۷، ۸، ۱۶). در این تحقیق به منظور کاهش عدم قطعیت از داده‌های ۲۰ مدل مختلف و مطابق با روش محدوده بسته با یک توزیع احتمالاتی شناخته شده، که توسط گوهری و همکاران (۷)، مورد استفاده قرار گرفته، استفاده گردید.

معرفی دستاورد

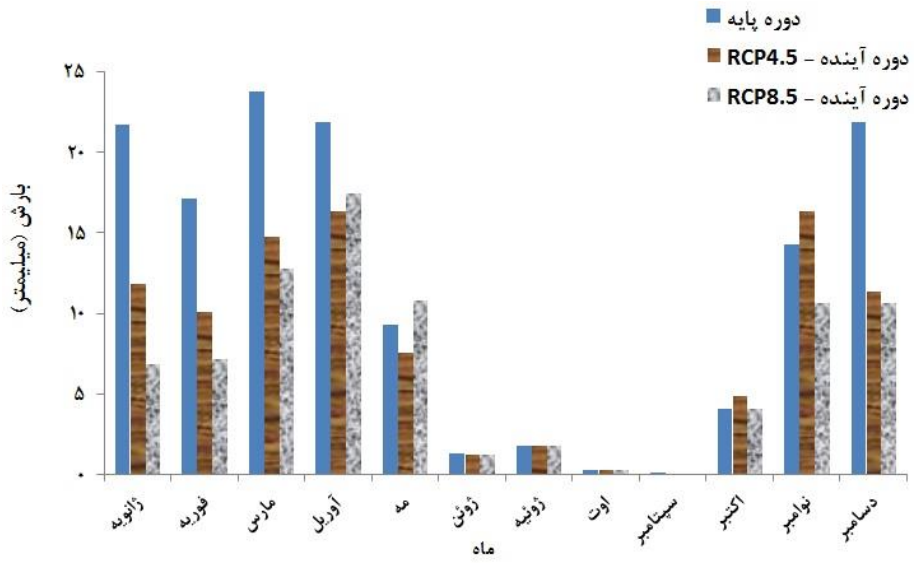
همانطور که بیان شد در این تحقیق از تابع احتمالی بتا برای برازش بر داده‌های تغییرات دما و بارندگی نسبت به وزن‌های مدل‌های جفت شده اقیانوسی اتمسفری گردش عمومی جو، استفاده گردید. به طور خلاصه نتایج ارزیابی دو سناریو *RCP 4.5* و *RCP 8.5* و ریزمقیاس نمایی آن در مقیاس محلی برای چهار ایستگاه مورد ارزیابی (اصفهان، لنج، فلاورجان و تیران)، شامل موارد زیر می‌باشد. در ایستگاه اصفهان درجه حرارت در طی دوره ۲۰۴۵-۲۰۱۶ در کلیه ماه‌های سال افزایش می‌یابد که بیشترین افزایش دما تحت سناریوهای *RCP 4.5* و*RCP 8.5* بترتیب مربوط به ماه‌های آگوست (۱/۱۵ درجه سانتی-گراد) و جولای (۱/۸۵ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد. کمترین افزایش دما در ایستگاه اصفهان تحت سناریوهای *RCP 4.5* و *RCP 8.5* مربوط به ماه فوریه (به ترتیب ۰/۲۷و ۰/۷۸درجه سانتی‌گراد) می‌باشد. در ایستگاه فلاورجان درجه حرارت در طی دوره ۲۰۴۵-۲۰۱۶ در کلیه ماه‌های سال افزایش می‌یابد که بیشترین افزایش دما تحت سناریوهای *RCP 4.5* و *RCP 8.5* بترتیب مربوط به ماه‌های سپتامبر (۱/۱ درجه سانتی‌گراد) و دسامبر (۱/۸٤ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد. در شکل ۲ نمودار تغییرات دما در ماه‌های مختلف سال نسبت به دوره پایه تحت دو سناریوی *RCP 4.5* و *RCP 8.5* برای ایستگاه فلاورجان نشان داده شده است.



شکل ۲- نمودار تغییرات دما نسبت به دوره پایه در ماه‌های مختلف سال در ایستگاه فلاورجان

در ایستگاه اصفهان میزان بارندگی در طی دوره ۲۰۴۵-۲۰۱۶ برای فصل زمستان کاهش (٤۰-۲٦ درصد) داشته است. بیشترین مقدار کاهش تحت سناریوهای *RCP 4.5* و *RCP 8.5* مربوط به ماه ژانویه می‌باشد که به ترتیب ٤۵ و ٦۳ درصد، پیش‌بینی گردیده است. در ایستگاه تیران میزان بارندگی در طی دوره ۲۰۴۵-۲۰۱۶ برای فصل زمستان کاهش داشته است. بیشترین مقدار کاهش تحت سناریوهای *RCP 4.5* و *RCP 8.5* بترتیب مربوط به ماه‌های فوریه (۳۸ درصد کاهش) و ژانویه (٦۰ درصد کاهش) می‌باشد. در ایستگاه فلاورجان میزان بارندگی در طی دوره ۲۰۴۵-۲۰۱۶ برای فصل زمستان کاهش داشته

است. بیشترین مقدار کاهش تحت سناریوهای *RCP 4.5* و *RCP 8.5* بترتیب مربوط به ماه‌های دسامبر (٤٨ درصد کاهش) و ژانویه (٦٨ درصد کاهش) می‌باشد. در ایستگاه لنج نیز میزان بارندگی در طی دوره ۲۰٤٥-۲۰۱٦ برای فصل زمستان کاهش داشته است. بیشترین مقدار کاهش تحت سناریوهای *RCP 4.5* و *RCP 8.5* بترتیب مربوط به ماه‌های ژانویه (٥٠ درصد کاهش) و ژانویه (٦١ درصد کاهش) می‌باشد. در جدول ۱ نتایج تغییرات بارش در ماه‌های مختلف سال تحت دو سناریوی *RCP 4.5* و *RCP 8.5* برای ایستگاه‌های مختلف ارائه شده است.



شکل ۳- نمودار تغییرات بارش در ماه‌های مختلف سال برای ایستگاه فلاورجان

همانطور که ملاحظه می‌گردد به طور کلی بارش سالیانه در سطح منطقه برای همه ایستگاه‌ها کاهش، و دما افزایش می‌یابد. نتایج بدست آمده با نتایج دیگر تحقیقات انجام شده در حوضه زاینده‌رود با استفاده از مدل‌های گزارش چهارم هیئت بین دولتی تغییر اقلیم، توسط مساح بوانی و مرید (۱۲)، مساح بوانی و مرید (۱۳)، شاه کرمی و همکاران (۲۱)، گوهری و همکاران (۷)، کریمی (۱۰) و زارعیان و همکاران (۲۷)، با مقداری تغییر در پیش‌بینی‌ها که ناشی از استفاده از مدل‌های واقعی‌تر و به روز شده در گزارش پنجم هیئت بین دولتی تغییر اقلیم می‌باشد، همخوانی دارد.

جدول ۱- تغییرات بارش در ماه‌های مختلف سال تحت دو سناریوی *RCP 4.5* و *RCP 8.5* (٪)

ایستگاه	*ایستگاه لنج*		*ایستگاه فلاورجان*		*ایستگاه تیران*		*ایستگاه اصفهان*	
ماه- سناریو	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
ژانویه	-٥٠	-٦١	-٤٥	-٦٨	-٢٨	-٦٠	-٤٥	-٦٣
فوریه	-٨	-١٤	-٤١	-٥٨	-٣٨	-٤٤	-٢٥	-٤٢
مارس	-١٨	-١٢	-٣٨	-٤٦	-١٥	١٠	٤	١٢
آوریل	-٢٢	١٠	-٢٥	-٢٠	٧	١٤	١٢	٢٥
مه	٢٠	-٢٢	-١٨	-١٦	-١٤	-٤٨	-١٦	-٥٨
اکتبر	٠	٩	٢٠	٠	-١٦	١٠	-٢٥	-٣٧
نوامبر	١٠	-١٢	١٥	-٢٥	-١٣	١٥	-٤٦	-٤٣
دسامبر	-١٦	٥	-٤٨	-٥١	-٥	-٤١	-٨	-١٥

در مرحله بعد با اعمال نتایج بدست آمده از تحلیل سناریوهای تغییر اقلیم به ورودی‌های نرم‌افزار کراپ وات، اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی و نیاز آبیاری گیاهان موجود در الگوی کشت منطقه مورد ارزیابی قرار گرفت.

خلاصه نتایج حاصل از اثرات تغییر اقلیم شامل تغییرات نیاز آبی و نیاز آبیاری نسبت به دوره پایه، برای گیاهان مختلف تحت دو سناریوی *RCP 4.5* و *RCP 8.5*، در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج به دست آمده ملاحظه می‌گردد که نیاز آبی همه گیاهان در آینده تحت هر دو سناریوی *RCP 4.5* و *RCP 8.5* افزایش می‌یابد. برای سناریوی *RCP 4.5* بین ۱/۸ تا ۳/۵ درصد افزایش نیاز آبی ملاحظه می‌شود که بیشترین افزایش برای گیاهان سورگوم علوفه‌ای، جو، زیره و گندم می‌باشد. همچنین برای سناریوی *RCP 8.5* بین ۲/۵ تا ۵/۵ درصد افزایش نیاز آبی ملاحظه می‌گردد که بیشترین افزایش مربوط به گیاه زیره و جو می‌باشد. با توجه به نتایج ملاحظه می‌شود که اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی چندان قابل ملاحظه نمی‌باشد. اما در مورد نیاز آبیاری در سناریوی *RCP 4.5* بین ۲ تا ۱۳ درصد افزایش برای گیاهان مختلف پیش‌بینی می‌گردد که بیشترین افزایش مربوط به گیاهان پیاز، جو، زیره و گندم می‌باشد. در سناریوی *RCP 8.5* بین ۲/۵ تا ۱۷/۷ درصد افزایش نیاز آبیاری ملاحظه می‌گردد که بیشترین افزایش مربوط به گیاهان پیاز، جو، زیره و گندم است. نتایج به دست آمده در مورد افزایش نیاز آبیاری با نتایج شاه کرمی و همکاران (۲۱)، که اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبیاری محصولات عمده (گندم، جو، چغندر قند و سیب زمینی) را بررسی نمودند، همخوانی دارد. بر اساس نتایج به دست آمده ملاحظه می‌گردد که محصولات پاییزه نسبت به محصولات بهاره حساسیت بیشتری به تغییر اقلیم دارند و تغییر اقلیم باعث افزایش بیشتر نیاز آبیاری محصولات می‌شود. بنابراین، جایگزینی کشت بهاره به جای کشت پاییزه برای برخی از محصولات (گندم، کلزا، جو و غیره) می‌تواند یک گزینه مناسب برای سازگاری با تغییر اقلیم در منطقه باشد.

جدول ۲- نتایج حاصل از اثرات تغییر اقلیم برای گیاهان مختلف تحت دو سناریوی *RCP 4.5* و *RCP 8.5*

محصول	شرایط کنونی (۲۰۱۰-۲۰۰۰)		دوره آینده – ***RCP 4.5***		دوره آینده – ***RCP 8.5***	
	نیاز آبی (میلیمتر)	نیاز آبیاری (میلیمتر)	درصد تغییرات نیاز آبی (٪)	درصد تغییرات نیاز آبیاری (٪)	درصد تغییرات نیاز آبی (٪)	درصد تغییرات نیاز آبیاری (٪)
گندم	٦/٥٣٨	٣/٤٢٤	٣/١	١٢/٠	٥/٤	١٦/٤
برنج	٧/٨٧٧	١/٨٧٣	١/٩	١/٩	٢/٧	٢/٧
جو	٦/٤٥٢	٨/٣٤٨	٣/٢	١٣/٠	٥/٤	١٧/٧
ارزن	٢/٤٢٠	٤١٦	١/٨	١/٧	٣/٤	٣/٣
نخود	٦/٦٧١	٨/٦٥٢	٢/٠	٢/٥	٢/٥	٢/٥
انواع لوبیا	٣/٦٩٦	٥/٦٧٧	٢/٠	٢/٥	٢/٥	٢/٥
عدس	٢/٤٨٤	٥/٤٥٢	٢/٥	٤/٠	٣/٥	٤/٢
ماش	٢/٥٢١	٩/٥١٦	١/٨	١/٧	٣/٤	٣/٤
هندوانه	٨/٥٩٢	٥٨٠	١/٩	٢/٢	٢/٦	٢/٤
خربزه	٥/٦١٨	٣/٥٩٢	٢/١	٣/٠	٢/٥	٢/٨
طالبی	٨/٤٢٨	٤١٠	١/٩	٢/٨	٢/٥	٢/٥
سیب زمینی	٦٥٠	٣/٦١٧	٢/٣	٣/٤	٢/٨	٣/٣
پیاز	٥/٧٢٥	٤/٥٩٤	٢/٩	١٠/٠	٤/٧	١٤/٣

یونجه	۵/۱۳۰۷	۷/۱۱۰۲	۲/٦	٦/٤	٤/۲	۹/٤
شبدر	۱۰٤۲	٦/۹۰۹	۲/۷	۷/۳	٤/٦	۱۰/۹
سورگوم دانه‌ای	۵/٤۹۲	٤۳۷	۲/۸	٦/۱	٤/۵	۷/۷
سورگوم	٤۰۰	۳٦۰	۳/۵	٦/۹	۵/۰	۸/۹
آفتابگردان	۷/٦۰٦	۱/٦۰۲	۱/۸	۱/۸	۳/۱	۳/۲
کنجد	۵/٤۵٦	۳/٤۵۲	۱/۸	۱/۷	۳/٤	۳/٤
کلزا	۱/٦۱۱	۵/۵٤۱	۲/۹	۷/۰	٤/۷	۹/۲
چغندرقند	۹/۱۰٦۱	٦/۱۰۲۱	۲/۰	۲/۹	۳/۰	۳/٦
تنباکو	۸/٦٤۲	٤/٦۱٦	۱/۹	۲/۷	۲/۹	۳/۱
پنبه	۷/۹۵٦	۵/۹۳۳	۱/۹	۲/۲	۲/۹	۲/۹
زیره	۸/۳۲۸	٤/۲۵٦	۳/۲	۱۲/٤	۵/٤	۱٦/۱
ذرت دانه‌ای	۱/۸۰٦	۲/۷۸۷	۱/۹	۲/۳	۲/۷	۲/۷

لذا با توجه به نتایج بدست آمده و الگوی کشت منطقه برای میزان نیاز آب آبیاری تحت سناریوی *RCP 4.5* حدود ۷ درصد و تحت سناریوی *RCP 8.5* حدود ۱۱ درصد افزایش پیش‌بینی می‌گردد. این مقدار با توجه به راندمان آبیاری در منطقه به ترتیب معادل ۳۵ و ۵۰ میلیون متر مکعب اضافه برداشت از آبخوان می‌باشد. این برداشت اضافی سالانه باعث افت ۰/٤ تا ۰/۸ متری سطح ایستابی در آبخوان می‌شود. با توجه به اینکه بیش از ۹۵ درصد از منابع آبی در این دشت برای کشاورزی مصرف می‌گردد و نیز با در نظر گرفتن اینکه شرایط این دشت در شرایط کنونی نیز بحرانی است و سالانه بیش از ۱ متر افت سطح ایستابی در دشت رخ می‌دهد (۱)، انجام اقدامات مدیریتی و پیشگیرانه برای مقابله با شرایط تغییر اقلیم در آینده کاملاً ضروری به نظر می‌رسد.

بررسی‌های این تحقیق و سایر تحقیقات مشابه بیانگر این است که تغییر پذیری بارش از لحاظ مقدار، شدت و زمان بارش از آثار قطعی تغییر اقلیم است و این مسئله بیشترین خسارت را به کشت‌های دیم وارد می‌نماید. همچنین تغییر اقلیم انتخاب گزینه‌های تخصیص آب در بخش‌های مختلف اعم از شرب، کشاورزی، صنعت و محیط زیست را با چالش جدی مواجه می‌نماید. بنابراین برای سازگاری با پدیده تغییر اقلیم بایستی اقدامات اساسی در سطوح مختلف مدیریتی صورت پذیرد. با این حال مهمترین راهکار سازگاری با تغییر اقلیم در سطح مزرعه استفاده و مدیریت فناوری‌هایی است که عملکرد محصول و بهره‌وری آب را افزایش دهد. از جمله اقدامات مؤثر در این زمینه می‌توان به استفاده و مدیریت صحیح سیستم‌های نوین آبیاری، اصلاح الگوی کشت بر اساس شرایط اقلیمی، اصلاح تاریخ کشت، به کارگیری خاک‌ورزی حفاظتی، انتخاب واریته‌های اصلاح شده، جمع‌آوری آب باران و استفاده از آن در مزارع و باغات، استفاده از کشت‌های گلخانه‌ای و به کارگیری تکنیک کشاورزی دقیق اشاره نمود.

توصیه ترویجی

در این تحقیق اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی و نیاز آبیاری گیاهان مختلف موجود در الگوی کشت دشت نجف‌آباد با استفاده از دو سناریوی تغییر اقلیم *RCP 4.5* و *RCP 8.5* بر اساس گزارش پنجم هیئت بین دولتی تغییر اقلیم مورد بررسی

قرار گرفت. به طور کلی نتایج ارزیابی تغییر اقلیم در منطقه نشان داد که در دوره آینده دمای هوا در تمامی ماه‌های سال در همه ایستگاه‌ها افزایش می‌یابد. همچنین مقدار بارندگی سالانه در همه ایستگاه‌ها کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج به دست آمده ملاحظه می‌گردد که نیاز آبی و نیاز آبیاری همه گیاهان در آینده تحت هر دو سناریوی *RCP 4.5* و *RCP 8.5* افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج ملاحظه می‌شود که اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی و نیاز آبیاری برای گیاهان مختلف متفاوت است و حساسیت گیاهان مختلف نسبت به این پدیده یکسان نمی‌باشد. در بین گیاهان موجود در الگوی کشت منطقه مورد مطالعه بیشترین حساسیت نسبت به تغییر اقلیم در گندم، جو، زیره، پیاز و محصولات علوفه‌ای ملاحظه می‌شود، که با توجه به سطح کشت بالای این محصولات در منطقه مورد مطالعه و سایر نقاط کشور، تغییر اقلیم می‌تواند اثر قابل توجهی بر میزان مصرف منابع آبی داشته باشد. لذا با توجه به نتایج بدست آمده و الگوی کشت منطقه تغییر اقلیم باعث اضافه برداشت بیش از پیش از منابع آب زیرزمینی منطقه می‌گردد و این مسئله باعث افت شدید سطح ایستابی می‌گردد. لذا با توجه به شرایط بحرانی و کمبود آب موجود در این دشت انجام اقدامات مدیریتی و پیشگیرانه برای مقابله با شرایط تغییر اقلیم در آینده کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. همچنین این شرایط برای بسیاری از دشت‌های کشور قابل پیش‌بینی است، بنابراین لزوم آگاه سازی کارشناسان و کشاورزان از پدیده تغییر اقلیم و ترویج راهکارهای مقابله با تغییر اقلیم بایستی در دستور کار مدیران قرار بگیرد. به طور کلی افزایش بهره‌وری آب یک راهکار کلیدی برای مدیریت سازگاری با تغییر اقلیم در رابطه با مصرف آب می‌باشد، به گونه‌ای که به کارگیری اصول افزایش بهره‌وری آب کشاورزی به عنوان شاه کلید مقابله با تغییر اقلیم محسوب می‌گردد.

فهرست منابع

۱. گودرزی، م. ۱۳۹٤. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی با استفاده از تلفیق مدل *Modflow* و روش *Thornthwaite and Mather*. رساله دکتری مهندسی آب، دانشگاه صنعتی اصفهان.

2. *Clarke, D., Smith, M. and El-Askari, K. (1998) CropWat for Windows: User Guide, University of Southampton.*
3. *Gohari, A., Eslamian, S., Abedi-Koupaei, J., Massah Bavani, A., Wang, D. and Madani, K. (2013). Climate change impacts on crop production in Iran's Zayandeh-Rud River Basin. Sci. Total Environ., 442, 405–419.*
4. *Karimi, S.h. (2014). Application of HVB Model for Studying the Effect of Climate Change on Hydrological Drought in Zayendehrood River Basin. Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 2, 8: 366-376.*
5. *Massah Bavani, A.R., and Morid, S. (2006). Impact of climate change on water resources and food production of zayandeh rud basin. Iranian journal of water resources. 1(1): 40-47.*
6. *Massah Bavani, A. R., Morid, S. (2006). Impact of Climate Change on the Water Resources of Zayandeh Rud Basin. JWSS Isfahan University of Technology, 9 (4):17-28.*
7. *Shahkarami, N., Morid, S., Massah Bavani, A.R., and Fahim, H. (2009). Assessing the impacts of AOGCM models uncertainty on risk of agricultural water demand caused by climate change in Zayandeh-Rud irrigation networks. Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 2(2): 1-10.*
8. *Smith, M. (1992). "Cropwat, a computer program for irrigation planning and management." FAO Irrigation and Drainage Paper 46, FAO, Rome.*
9. *Zareian, M.J., Eslamian, S., Safavi, H.R., and Eslamian, A.R. (2015). Effect of Climate Change on Reference Evapotranspiration Based on Weighting Methods. 4th climate change technology conference, Montreal, Canada.*