مدیریت بهینه آب متناسب با تغییرات اقلیمی در دشت ارومیه

ساناز مقیم* و جواد رحمانی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۵)

چکیده

سوء مدیریت در چند دهه اخیر در کشور و استفاده بیش از حد از منابع آب زیرزمینی و سطحی برای تأمین آب مورد نیاز در بخش کشاورزی باعث پایین آمدن سطح آب‌های زیرزمینی و خشک شدن بسیاری از رودخانه‌ها شده است. به‌علاوه تغییرات آب و هوایی فشار مازاد بر منابع آب وارد کرده است. متناظر با این تغییرات لازم است تا برنامه های مدیریتی آب اصلاح شود. در این مطالعه با بررسی داده‌های هیدرواقلیمی از قبیل دما و بارش در حوضه مطالعاتی ارومیه، ابتدا مشخص می‌شود که چه گیاهانی برای این منطقه مناسب هستند، به‌نحوی که برای آبیاری آنها حتی‌المقدور فقط از بارش استفاده شود. سپس بهترین زمان برای کشت محصول در طول سال تعیین می‌شود. برای این کار، میزان نیاز آبی روزانه هر گیاه، با توجه به عوامل تأثیرگذار بر آن از قبیل شرایط آب و هوایی منطقه، نوع گیاه و مرحله رشد گیاه، و همچنین تعداد روزهایی که هر گیاه برای رشد کامل (از زمان ظهور تا بلوغ کامل گیاه) نیاز دارد، محاسبه می‌شود. نتایج این پژوهش گیاه انگور را به‌عنوان مناسب ترین کشت پیشنهاد می‌دهد و نشان می‌دهد که با توجه به افزایش دما در فصل بهار، در راستای کاهش نیاز آبیاری گیاهان و استفاده مناسب از رطوبت خاک در فصل بهار، بهتر است کشت گیاهان از جمله گیاه جو زودتر انجام گیرد.

واژه‌های کلیدی: مدیریت بهینه آب، تغییر اقلیم، کشاورزی، الگوی کشت، دوره رشد گیاه، نیاز آبی

۱. گروه مهندسی آب و محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: moghim@sharif.edu

مقدمه

بحران آب یکی از معضلات جدی در جهان است. جمعیت جهان در سال ۱۹۶۰ میلادی، ۳ میلیارد نفر بوده است، درحالی که در سال ۲۰۱۹ میلادی به ۷,۷ میلیارد نفر افزایش یافته است (۱۵). همچنین بنابر گزارش‌های سازمان جهانی غذا و کشاورزی (فائو)، این عدد در سال ۲۰۵۰ میلادی به ۹ میلیارد نفر افزایش خواهد یافت. افزایش جمعیت باعث افزایش نیاز به منابع آبی و همچنین مواد غذایی می‌شود که به‌دنبال آن زیرکشت رفتن زمین های بیشتر و افزایش میزان مصرف آب را سبب می شود. به‌طوری که در حال حاضر حدود ۷۰ درصد از آب جوامع در بخش کشاورزی استفاده می‌شود (۲). از طرفی منابع آب شیرین سطحی و زیرزمینی در دسترس جوامع محدود است. متأسفانه، در چند دهه اخیر، در ایران، شاهد خشک شدن تدریجی منابع آب سطحی و زیرزمینی هستیم. یکی از مهم‌ترین این منابع، دریاچه ارومیه است. این شرایط، پیامد برداشت بی-رویه از منابع آبی، توسعه بخش کشاورزی و کاشت محصولات با نیاز آبی بالا در یک منطقه بدون توجه به شرایط اقلیمی مورد نیاز هر کشت است. از طرف دیگر کشاورزی یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی ایران است و نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی و اشتغال‌زایی دارد. این بخش سهم عمده‌ای از صادرات غیرنفتی را به‌خود اختصاص داده است و نقش تعیین کننده‌ای در رشد و توسعه اقتصادی کشور دارد (۱۲). بنابراین نمی‌توان در راستای احیای منابع آبی از میزان سطح زیر کشت کاست، بلکه باید با اصلاح الگوی آب و کشت و همچنین مدیریت صحیح راندمان تولید محصولات را افزایش داد. مدیریت صحیح منابع آبی و وجود نظام تخصیص آب در حوضه‌های آبریز به امری ضروری مبدل شده است. توزیع ناهمگون زمانی و مکانی آب شیرین به لحاظ کمّی از یک طرف و محدودیت‌ها و مشکلات روزافزون کیفی از طرف دیگر، تأمین منابع آب را در بسیاری از کشورها به یکی از مهم‌ترین چالش‌های قرن تبدیل کرده است (۷). کاهش منابع آبی در سال‌های اخیر ضرورت بهینه‌سازی، اصلاح الگوی مصرف و استفادهٔ کارآمد از منابع آبی را نمایان‌تر کرده است. امروزه با رشد روزافزون جمعیت، رشد کمّی- کیفی کشاورزی و گسترش شهرنشینی، برداشت از منابع آب زیرزمینی در اغلب مناطق از حد نصاب و مجاز گذشته است و درنتیجه هزینه‌های نهایی تأمین آب اضافی از منابع سطحی و همچنین آلودگی منابع آب رو به افزایش است (۱۹).

در چند دهه اخیر دمای هوا در اکثر نقاط دنیا دارای روند صعودی بوده است که این روند در آینده نیز ادامه خواهد داشت. مشاهدات اخیر در بسیاری از قاره‌ها نشان می‌دهد که این روند افزایشی دما به‌صورت طبیعی نیز بر پوشش‌های گیاهی تأثیر گذاشته است (۴ و ۱۶). ژانگ و همکاران (۱۸) با تحلیل تصاویر سنجنده مادیس به بررسی تغییرات فنولوژی گیاهان تحت تأثیر افزایش دما پرداخته اند. نتایج مطالعات بسیاری نشان می دهد که فنولوژی گیاهان تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار گرفته است و دچار تغییرات قابل توجهی شده است (۹ و ۲۰). از طرفی فنولوژی گیاه یکی از مهم‌ترین شاخصه‌های گیاه است که به‌طور مستقیم در میزان تولید نهایی محصول تأثیرگذار است (۱۱). بنابراین در راستای افزایش تولید محصول و کاهش نیاز آبیاری لازم است که زمان کشت محصولات کشاورزی نیز متناسب با تغییر اقلیم تنظیم شود. در آمریکا برای اینکه تأثیر شرایط اقلیمی را روی هر گیاه درنظر بگیرند و با توجه به شرایط اقلیمی، گیاه مناسب را انتخاب کنند مطالعاتی انجام شده است. به‌طور مثال، نتیجه یک پژوهش برای انتخاب گیاه متناسب با اقلیم منطقه، برای برخی از نواحی آمریکا، طراحی برنامه‌ای به نام SST (Seedlot Selection Tool) است. این برنامه با توجه به سناریوهای تغییرات آب و هوایی که کاربر انتخاب می‌کند شرایط آب‌وهوایی کنونی و یا حتی آینده منطقه مورد نظر را درنظر گرفته سپس بر اساس این شرایط و اطلاعات اقلیمی، گیاهان مناسب برای آن منطقه را به کاربر پیشنهاد می‌دهد (۶).

هدف از این مطالعه این است که در راستای مدیریت صحیح منابع آب، با بررسی داده‌های هیدرواقلیمی از قبیل دما و

جدول ۱. میانگین نیاز آبی روزانه گیاه مرجع در دوره رشد (میلی‌متر) (۳)

منطقه اقلیمی	دمای متوسط روزانه		
	کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد	بین ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد	بیشتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد
خشک	۶-۴	۸-۷	۱۰-۹
نیمه‌خشک	۵-۴	۷-۶	۹-۸
نیمه‌مرطوب	۴-۳	۶-۵	۸-۷
مرطوب	۲-۱	۴-۳	۶-۵

بارش در حوضه مطالعاتی ارومیه مشخص شود که ابتدا چه گیاهانی برای این منطقه مناسب است، به نحوی که برای آبیاری آنها تا جایی که ممکن است فقط از بارش استفاده شود و نیاز به آبیاری کمینه شود. سپس بهترین زمان برای کشت محصول و دوره کشت در طول سال مشخص شود. نتایج این مطالعه مستقل از جنس خاک و سیستم آبیاری است و فرض شده است که خاک و شرایط دیگر برای محصولات مورد نظر مناسب است.

مواد و روش‌ها

دو نیاز اساسی گیاه برای رشد مناسب، عبارتند از نیاز آبی و نیاز گرمایی، که محیط باید به‌درستی این دو نیاز را تأمین کند تا رشد گیاه کامل شود. انتخاب بهترین زمان کشت گیاه با توجه به این دو نیاز همچون حل یک مسئله بهینه‌سازی با تابع هدف کاهش نیاز آبیاری است؛ به نحوی که گیاه بتواند در طول دوره رشد خود ماکزیمم آب مورد نیاز را از بارش دریافت کند و درنتیجه نیاز به آبیاری کاهش یابد و درنهایت به دو نیاز آبی و گرمایی گیاه پاسخ داده شود. برای حل این مسئله برنامه ای در محیط متلب نوشته شده است. در ادامه به بررسی هر کدام از این نیازها پرداخته می‌شود.

نیاز آبی گیاه

نیاز آبی هر گیاه برابر است با مجموع آب مورد نیاز در بخش تبخیر و تعرق (Evapotranspiration) که تحت تأثیر عوامل مختلفی از قبیل شرایط اقلیمی، نوع گیاه و مرحله رشد گیاه تغییر می کند. شرایط اقلیمی به‌طور مستقیم بر میزان تبخیر و تعرق تأثیرگذار است. برای مثال وزش باد یا تابش خورشید باعث افزایش میزان تبخیر و تعرق می‌شود. همچنین اگر میزان رطوبت در اتمسفر زیاد باشد فرایند تبخیر و تعرق سخت‌تر خواهد شد و از میزان آن کاسته می‌شود. همچنین نیاز آبی گیاهان مختلف در شرایط اقلیمی یکسان، متفاوت است. در این پژوهش بر اساس پیشنهاد سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)، چمن (Grass) به‌عنوان گیاه مرجع درنظر گرفته می شود و میزان آب مورد نیاز برای آن محاسبه می‌شود. سپس نیاز آبی گیاهان دیگر با استفاده از آن محاسبه می شود. جدول ۱ نیاز آبی روزانه گیاه مرجع را با توجه به شرایط آب و هوایی (دما و اقلیم) مشخص می‌کند (۳).

در جدول ۲ نیاز آبی هر گیاه در زمان گلدهی نسبت به نیاز آبی گیاه مرجع مشخص شده است. به‌طور مثال نیاز آبی نسبی انگور ۳۰- درصد است، بدان معنا که نیاز آبی انگور برابر با ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه مرجع است. بنابراین بعد از محاسبه نیاز آبی گیاه مرجع، با استفاده از جدول ۲، می‌توان بیشترین نیاز آبی روزانه هر گیاه (نیاز آبی در زمان گلدهی) را محاسبه کرد (۳).

عامل دیگری که در نیاز آبی گیاه تأثیرگذار است مرحله رشد گیاه است. زمانی که گیاه تازه جوانه زده است و در مراحل اول رشد است، میزان تبخیر تأثیر بیشتری در نیاز آبی گیاه نسبت به تعرق دارد. زمانی که گیاه رشد می‌کند اهمیت تعرق بیشتر می‌شود. شکل ۱ مراحل مختلف رشد یک گیاه را نمایش می‌دهد (۳).

جدول ۲. مقایسه نیاز آبی روزانه هر گیاه در زمان گلدهی با نیاز آبی گیاه مرجع (۳)

٪۳۰-	٪۱۰-	به اندازه گیاه مرجع	٪۱۰+	٪۲۰+
انگور	خیار	هویج	گندم	نیشکر
زیتون	کدو	کاهو	لوبیا	برنج
		اسفناج	ذرت	
		پیاز	چغندقند	
		چای	عدس	
		فلفل	نخود	
			جو	
			گوجه	
			آفتاب گردان	
			سیب زمینی	

شکل ۱. مراحل رشد یک گیاه (۲)

نیاز آبی گیاه در زمان کاشت و مرحله اولیه رشد گیاه (Initial stage)، ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه در زمان میان‌فصل (Mid-season) است. در فاصله بین مرحله اولیه تا میان فصل این نیاز افزایش می‌یابد به‌طوری که در انتهای مرحله تکامل گیاه (Crop development)، میزان نیاز آبی روزانه گیاه برابر با نیاز آبی گیاه در مرحله میان‌فصل می‌شود. در فصل نهایی (Late season) رشد گیاه کامل شده و برداشت می‌شود. با توجه به نوع گیاه، نیاز آبی در دوره فصل نهایی به دو دسته تقسیم می‌شود. دسته اول گیاهانی هستند که به‌صورت تازه برداشت می‌شوند مثل کاهو، کلم. در این دسته مشاهده می‌شود که نیاز

آبی گیاه در مرحله نهایی به اندازه نیاز آبی گیاه در مرحله رشد کامل است. دسته دوم گیاهانی هستند که در حالت خشک برداشت می‌شوند، مثل گندم. نیاز آبی این دسته در مرحله نهایی به اندازه ۲۵ درصد نیاز آبی بیشینه گیاه است. لازم به ذکر است که هیچ آبیاری در مرحله نهایی برای این دسته از گیاهان صورت نمی‌گیرد (۳).

بدین ترتیب با داشتن اطلاعاتی درباره دما و اقلیم منطقه نیاز آبی روزانه گیاه مرجع در مرحله رشد کامل آن (بیشینه نیاز آبی روزانه گیاه در طول رشد آن) محاسبه می‌شود. سپس با دانستن نیاز آبی هر گیاه نسبت به گیاه مرجع، نیاز آبی بیشینه روزانه هر گیاه محاسبه می‌شود. در انتها با توجه به درصد آب مورد نیاز گیاه در هر مرحله از رشد نسبت به مرحله رشد کامل، نیاز آبی روزانه برای هر گیاه در هر مرحله محاسبه می‌شود.

نیاز گرمایی

همان طور که توضیح داده شد با استفاده از نیاز آبی گیاه و عوامل مؤثر بر آن، آب مورد نیاز روزانه هر گیاه قابل محاسبه است. حال برای اینکه نیاز آبی گیاه در طول دوره رشد آن محاسبه شود، لازم است که طول دوره رشد گیاه را محاسبه کرده، تا با داشتن نیاز آبی گیاه در هر روز و تعداد روزها، کل نیاز آبی گیاه محاسبه شود. برای محاسبه طول دوره رشد گیاه از نیاز گرمایی گیاه استفاده شده است.

پیش‌بینی رشد گیاهان بر اساس تقویم سالیانه کار دشواری است، زیرا دما می‌تواند تغییرات سالیانه زیادی داشته باشد. بنابراین استفاده از معیار درجه روز رشد (Growing Degree Days)، که بر اساس دمای واقعی منطقه است کاربردی و دقیق‌تر خواهد بود. مقدار درجه روز رشد (GDD) هر گیاه با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود (۱۷):

$$GDD = \sum_{1}^{n}\left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{base}\right) \qquad (۱)$$

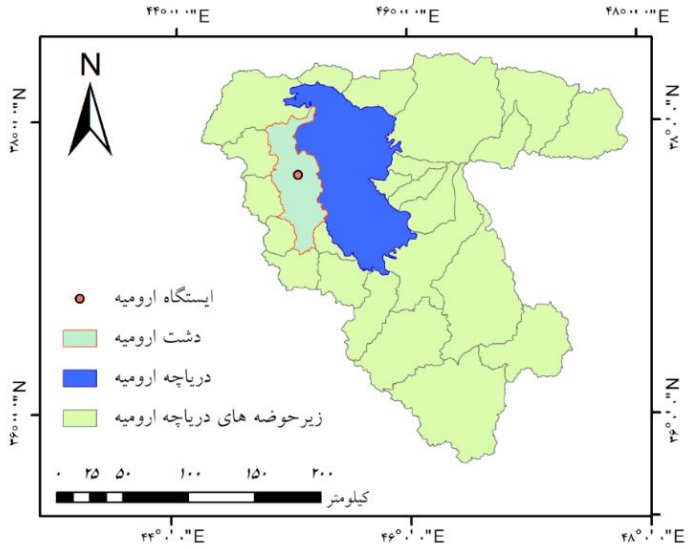
در معادله فوق، n طول دوره رشد گیاه از زمان ظهور تا بلوغ گیاه (روز)، T_{max} دمای بیشینه در روز (درجه سانتی‌گراد)، T_{min} دمای کمینه در روز (درجه سانتی‌گراد) و T_{base} دمای پایه در روز است که برای هر گیاه متفاوت است. بنابراین با استفاده از داده‌های دمایی و مقدار GDD مربوط به هر گیاه می‌توان طول دوره رشد گیاه از زمان ظهور تا بلوغ را محاسبه کرد.

بهترین روز ظهور

برای یافتن بهترین روز ظهور گیاه، ابتدا هر روز از سال به‌عنوان روز ظهور گیاه درنظر گرفته می‌شود. سپس بر اساس مقدار GDD آن گیاه، طول دوره رشد گیاه محاسبه می‌شود. حال با توجه به داده‌های هواشناسی، نیاز آبی روزانه گیاه در هر روز محاسبه می‌شود و این نیاز در طول دوره رشد جمع می‌شود تا نیاز آبی گیاه به‌دست آید. با توجه به اینکه بارش مؤثر بخشی از این نیاز آبی را رفع می‌کند با کم کردن میزان بارش مؤثر در طول دوره رشد از میزان نیاز آبی، می‌توان میزان آبیاری مورد نیاز را به‌دست آورد. برای محاسبه بارش مؤثر از روش درصد ثابت با مقدار ۰/۶۶ استفاده شده است (۱۳). از میان همه روزهای سال که به‌عنوان روز ظهور گیاه درنظر گرفته شده‌اند، روزی که منجر به کمترین نیاز آبیاری شود به عنوان بهترین روز ظهور گیاه درنظر گرفته می شود. بعد از محاسبه بهترین روز ظهور و کمترین نیاز آبیاری برای هر گیاه، چهار گیاهی که کمترین نیاز آبیاری را داشته‌اند به‌عنوان گیاهان مناسب درنظر می‌گیریم.

منطقه مورد مطالعه

منطقهٔ مورد مطالعه، دشت ارومیه (شکل ۲) با مساحت ۲۶۲۷ کیلومتر مربع در شمال غرب ایران با متوسط بارندگی ۳۰۴ میلی‌متر در سال است. این منطقه دارای اقلیمی نیمه خشک است (۸). متوسط پتانسیل تبخیر و تعرق سالانه در منطقه بین ۹۰۰ تا ۱۱۷۰ میلی متر است (۵). در این مطالعه از داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک ارومیه با مختصات جغرافیایی (E ۴۵/۰۸° و N ۳۷/۵۳°) از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ میلادی استفاده شده است.



شکل ۲. حوضه دریاچه ارومیه

نتایج و بحث

جدول ۳ خلاصه‌ای از نتایج این پژوهش در دشت ارومیه برای دوره‌های مختلف (از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ هر پنج سال و از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷ هر دو سال) با درنظر گرفتن ۱۲ گیاه را نمایش می‌دهد.

در ستون اول جدول ۳، دوره مورد بررسی مشخص شده است. در ستون دوم نام گیاهان به ترتیب نیاز به آبیاری از کمترین تا بیشترین آورده شده است. در ستون سوم بهترین روز ظهور گیاه بر اساس تاریخ میلادی نشان داده شده است. در ستون چهارم تعداد روزهای مورد نیاز برای رشد کامل گیاه بعد از ظهور آن مشخص شده و در ستون پنجم میزان آبیاری مورد نظر در طول دوره رشد بیان شده است. نتایج نشان می‌دهد که زمان ظهور هر گیاه در دوره‌های مختلف یک روند نزولی دارد. به‌عبارت دیگر بهتر است کاشت گیاهان زودتر انجام پذیرد، که نشان دهنده وقوع زودتر گرما و ورود آن به فصل بهار است. در شکل ۳ که مربوط به محصول جو است این روند نزولی به خوبی دیده می‌شود، به‌گونه ای که زمان ظهور گیاه در هر ۵ سال، ۵/۱ روز زودتر رخ می‌دهد. به‌طور مشابه مطالعات دیگری مانند مطالعه‌ای در چین روی کشت برنج، وقوع این روند نزولی در زمان کشت را نشان می دهد (۱۴). برای بقیه گیاهان نیز همین روند نزولی در بهترین زمان ظهور گیاه مشاهده می‌شود، گاه این کاهش شدیدتر و گاه با شیب کمتری انجام می‌گیرد.

برای تحلیل دقیق‌تر، تغییرات دما از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ بررسی شد. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، دمای سالیانه منطقه از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ افزایش یافته است، به‌گونه‌ای که افزایش آن برای هر ۵ سال ۰/۲۶ درجه بوده است.

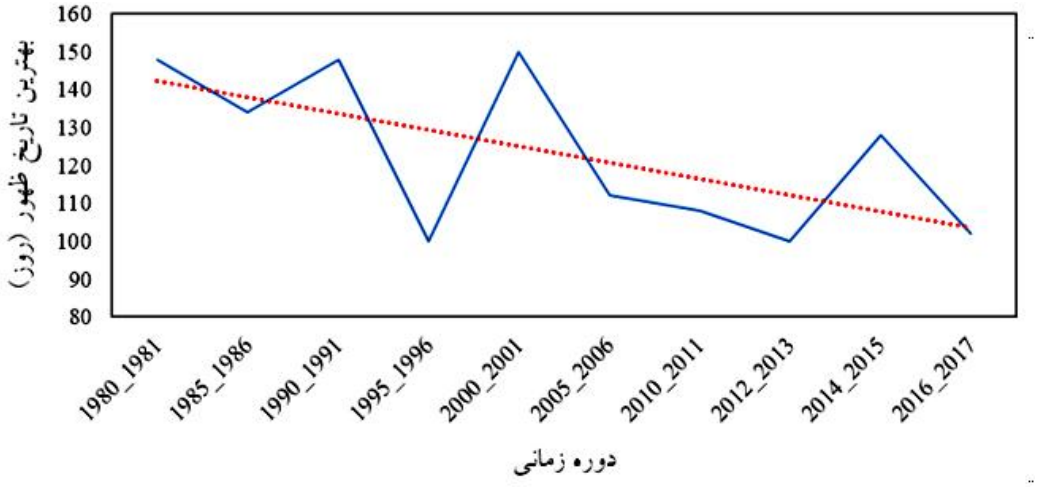
اگرچه در شکل ۴ تغییرات سالانه به‌خوبی نمایش داده شده است، اما تغییرات فصلی در هر سال به‌خوبی دیده نمی‌شود. بنابراین برای مشاهده این تغییرات از میانگین دمای ماهانه (شکل ۵) استفاده شده است. همان طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، در فصل زمستان، در سال‌های مختلف، تغییرات بیشتری رخ داده است، درحالی که در فصل بهار تغییرات به‌نسبت کمتر است. بنابراین ظهور زودتر گیاه (شکل ۳) می‌تواند ناشی از وجود آب مورد نیاز برای رشد گیاه در فصل بهار باشد و درنتیجه این نیاز گرمایی گیاه است که کنترل کننده رشد گیاه می‌شود. حال با افزایش دما این نیاز نیز پاسخ داده می‌شود و درنتیجه فصل بهار، زمان مناسبی برای رشد گیاه است. به‌عبارتی افزایش دما باعث شده است که نیاز گرمایی که قبلاً برای گیاه تأمین نمی‌شد، اکنون برآورده شود و درنتیجه گیاه زودتر ظهور کند.

جدول ۳. نتایج به‌دست آمده برای دشت ارومیه

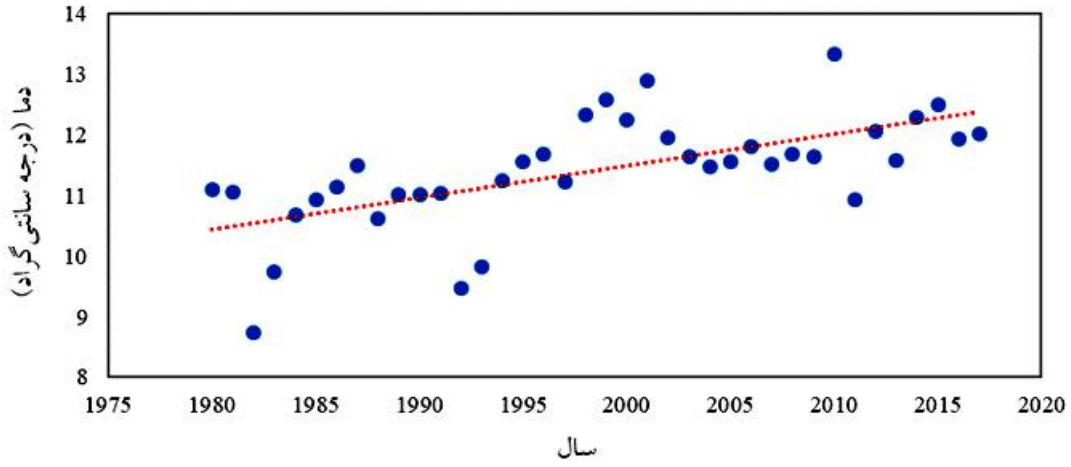
سال	نام محصول	بهترین روز ظهور گیاه	دوره رشد از زمان ظهور (روز)	آبیاری (میلی متر)
۲۰۱۶-۲۰۱۷	انگور	۱۰۲	۱۳۹	۴۱۷
۲۰۱۶-۲۰۱۷	چغندرقند	۱۰۲	۱۰۸	۵۱۲
۲۰۱۶-۲۰۱۷	آفتابگردان	۱۰۲	۱۱۰	۵۲۵
۲۰۱۶-۲۰۱۷	جو	۱۰۲	۱۱۳	۵۴۵
۲۰۱۴-۲۰۱۵	انگور	۱۲۸	۱۱۵	۴۴۴
۲۰۱۴-۲۰۱۵	چغندرقند	۱۲۶	۹۲	۵۵۰
۲۰۱۴-۲۰۱۵	آفتابگردان	۱۲۸	۹۲	۵۵۲
۲۰۱۴-۲۰۱۵	جو	۱۲۸	۹۶	۵۸۱
۲۰۱۲-۲۰۱۳	انگور	۱۴۲	۱۱۳	۴۵۰
۲۰۱۲-۲۰۱۳	چغندرقند	۱۰۲	۱۰۶	۵۵۸
۲۰۱۲-۲۰۱۳	آفتابگردان	۱۴۲	۸۷	۵۶۲
۲۰۱۲-۲۰۱۳	جو	۱۰۰	۱۱۲	۵۹۱
۲۰۱۰-۲۰۱۱	انگور	۱۰۸	۱۳۳	۳۸۰
۲۰۱۰-۲۰۱۱	چغندرقند	۱۰۸	۱۰۳	۵۰۷
۲۰۱۰-۲۰۱۱	آفتابگردان	۱۰۸	۱۰۵	۵۲۱
۲۰۱۰-۲۰۱۱	جو	۱۰۸	۱۰۹	۵۴۶
۲۰۰۵-۲۰۰۶	انگور	۱۱۴	۱۳۳	۴۸۱
۲۰۰۵-۲۰۰۶	چغندرقند	۱۱۶	۱۰۲	۵۷۵
۲۰۰۵-۲۰۰۶	آفتابگردان	۱۳۴	۹۳	۵۸۳
۲۰۰۵-۲۰۰۶	جو	۱۱۲	۱۰۸	۶۱۳
۲۰۰۰-۲۰۰۱	انگور	۱۴۶	۱۰۳	۴۷۵
۲۰۰۰-۲۰۰۱	چغندرقند	۱۴۸	۸۰	۵۸۷
۲۰۰۰-۲۰۰۱	آفتابگردان	۱۴۴	۸۲	۹۵۴
۲۰۰۰-۲۰۰۱	جو	۱۵۰	۸۴	۶۲۳
۱۹۹۵-۱۹۹۶	انگور	۱۰۰	۱۵۳	۳۹۳
۱۹۹۵-۱۹۹۶	چغندرقند	۱۰۰	۱۱۷	۴۸۵
۱۹۹۵-۱۹۹۶	آفتابگردان	۱۰۸	۱۱۳	۵۰۴
۱۹۹۵-۱۹۹۶	جو	۱۰۰	۱۲۲	۵۱۸
۱۹۹۰-۱۹۹۱	انگور	۱۵۰	۱۲۴	۵۰۴
۱۹۹۰-۱۹۹۱	چغندرقند	۱۵۰	۸۸	۵۸۳
۱۹۹۰-۱۹۹۱	آفتابگردان	۱۴۸	۸۹	۵۸۸
۱۹۹۰-۱۹۹۱	جو	۱۴۸	۹۴	۶۱۹

ادامه جدول ۳.

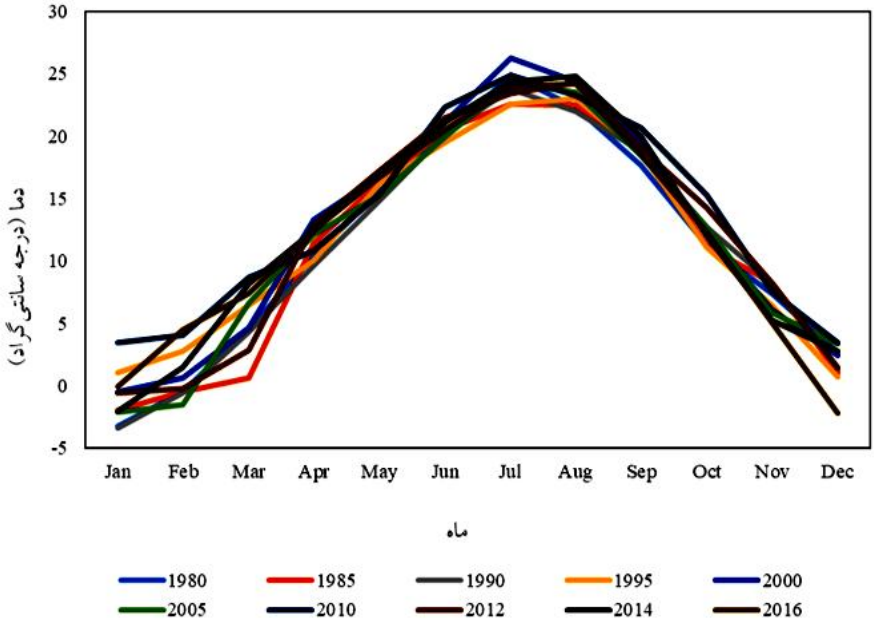
سال	نام محصول	بهترین روز ظهور گیاه	دوره رشد از زمان ظهور (روز)	آبیاری (میلی‌متر)
۱۹۸۶-۱۹۸۵	انگور	۱۱۲	۱۴۱	۴۷۸
۱۹۸۶-۱۹۸۵	چغندرقند	۱۳۶	۹۳	۵۶۲
۱۹۸۶-۱۹۸۵	آفتابگردان	۱۳۶	۹۴	۵۶۹
۱۹۸۶-۱۹۸۵	جو	۱۳۴	۹۹	۵۹۹
۱۹۸۱-۱۹۸۰	انگور	۱۲۰	۱۳۳	۴۶۲
۱۹۸۱-۱۹۸۰	چغندرقند	۱۲۰	۱۰۰	۵۵۲
۱۹۸۱-۱۹۸۰	آفتابگردان	۱۴۸	۸۷	۵۵۴
۱۹۸۱-۱۹۸۰	جو	۱۴۸	۹۲	۵۸۷



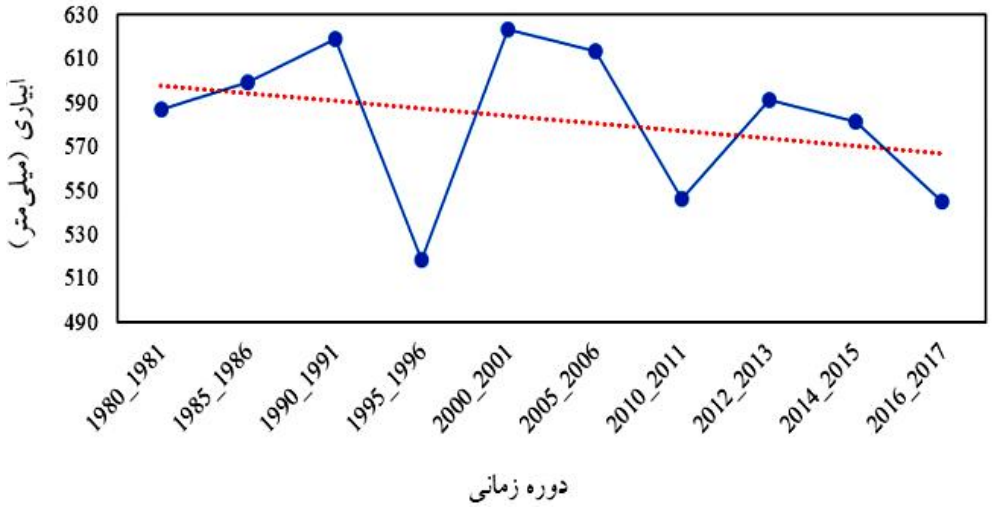
شکل ۳. تغییرات زمان بهینه ظهور در طول سال‌های مختلف برای جو



شکل ۴. تغییرات دما از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷



شکل ۵. تغییرات ماهانه دما در دوره‌های مختلف (رنگی در نسخه الکترونیکی)

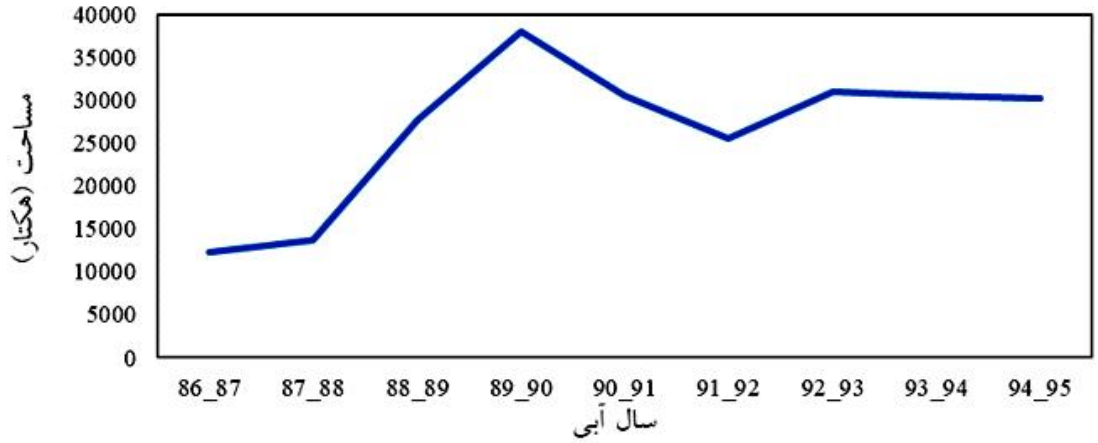


شکل ۶. تغییرات آبیاری مورد نیاز در دوره‌های مختلف

همان طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، در طول زمان نیاز به آبیاری کاهش یافته است، درحالی که دمای میانگین سالانه از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ روندی افزایشی دارد (شکل ۴).

در دوره‌های قبل به‌دلیل تأمین نشدن نیاز گرمایی گیاه در فصل بهار، امکان استفاده از بارش‌های بهاری توسط گیاه وجود نداشت، درنتیجه نیاز آبی گیاه باید توسط آبیاری تأمین می‌شد. اما اکنون که در فصل بهار گرمای مورد نیاز گیاه در دسترس است، می‌توان بخش عظیمی از نیاز آبی گیاه را از بارش‌های بهاری تأمین کرد و میزان آبیاری را کاهش داد.

عامل دیگری که می تواند میزان آبیاری را کاهش دهد نوع گیاه است. همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است ترتیب قرار گرفتن نوع کشت‌ها در دوره‌های مختلف معمولاً ثابت است. به‌طور مثال، کشت انگور در همه دوره‌ها به‌عنوان کشت اول (به‌دلیل کمترین نیاز به آبیاری) است. اما متأسفانه



شکل ۷. سطح زیر کشت آبی چغندرقند در آذربایجان غربی

در چند دهه اخیر در این منطقه شاهد تغییر کشت از انگور به باغ های سیب بوده‌ایم، باغ‌هایی که در طول سال به آبیاری نیاز دارند. گرچه این تغییر کشت برای کشاورز از نظر اقتصادی در کوتاه‌مدت مناسب است، اما در بلندمدت باعث کمبود منابع آبی شده است و کشاورز برای دستیابی به آب لازم به حفر چاه اقدام کرده است. بر اساس جدول ۳ آبیاری مورد نیاز برای انگور به‌طور متوسط ۴۴۸ میلی‌متر در سال است. برای بررسی نیاز آبیاری انگور در مطالعات دیگر و مقایسه آن با نتایج این پژوهش، به پیشنهاد علیزاده و کمالی (۱)، از اطلاعات نرم‌افزار NETWAT استفاده شده است. این نرم‌افزار توسط وزرات جهاد کشاورزی و سازمان هواشناسی ایران برای تعیین نیاز خالص آبیاری تمامی محصولات قابل کشت در کشور تهیه شده است. نرم‌افزار NETWAT نیاز آبیاری انگور را ۵۲۸ میلی‌متر در سال تخمین زده است. اختلاف مشاهده شده در نتایج این مطالعه و نرم‌افزار NETWAT به‌دلیل فرضیات درنظر گرفته شده در این مطالعه است. در این پژوهش تنها از داده های بارش، دما و اقلیم منطقه برای محاسبه نیاز آبیاری استفاده شده است و نتایج مستقل از داده‌های خاک و سیستم آبیاری است. مثال مهم دیگر کشت چغندرقند در این منطقه است. همان طور که نتایج ارائه شده از برنامه نشان می‌دهد، زمان ظهور مناسب این گیاه در اوایل فصل بهار است، به‌عبارتی کشت آن باید قبل از بهار صورت گرفته باشد تا گیاه بتواند از رطوبت خاک و بارش‌های بهاری استفاده کند. درحالی که چغندرقند در ارومیه در اوایل فصل بهار کشت می‌شود. این تأخیر در کشت و به‌دنبال آن از دست دادن شرایط مناسب بارش و رطوبت خاک در اوایل فصل بهار باعث می شود که کشاورز برای جبران کمبود آب و رطوبت خاک مجبور به آبیاری بیشتر شود. برای بررسی تغییرات کشت چغندرقند، سطح زیر کشت این محصول در طی سال‌های مختلف در استان آذربایجان غربی در شکل ۷ نشان داده شده است (۱۰).

همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، کشت چغندرقند در استان آذربایجان غربی به‌صورت آبی روند صعودی داشته است. البته باید به این نکته توجه شود که اطلاعات قابل دسترس در سایت جهاد کشاورزی از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ است که به‌خوبی تغییرات سطح زیر کشت را از شروع کشت چغندرقند در ارومیه (۱۳۷۲) تا به امروز نشان نمی‌دهد (۱۰).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با توجه به دو نیاز آبی و گرمایی گیاه، بهترین زمان ظهور هر گیاه، دوره رشد و میزان آبیاری مورد نیاز برای هر گیاه محاسبه می‌شود. سپس بهترین گیاه با توجه به کمترین نیاز به آبیاری به کشاورز پیشنهاد می‌شود و کشاورز با توجه به این پیشنهادات می‌تواند محصولات متناسب با آب‌وهوای منطقه

را کشت کند. دشت ارومیه به‌عنوان منطقه مورد مطالعه این پژوهش انتخاب شده است. نتایج این مطالعه موردی نشان می‌دهد که بهترین زمان ظهور همه گیاهان از سال ۱۹۸۰ تا سال ۲۰۱۷ کاهش یافته است، بدین معنا که زمان ظهور گیاهان به‌سمت اوایل بهار حرکت کرده است. بنابراین بهتر است کشت گیاهان نیز زودتر انجام پذیرد تا مصرف آب بهینه شود. این مطالعه می‌تواند در راستای استفاده درست از منابع آبی و مدیریت پایدار مورد استفاده قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

1. Alizadeh, A. and G. A. Kamali. 2007. Crops Water Requirements in IRAN. Imam Reza University, Mashhad.
2. AQUASTAT. 2016. AQUASTAT - FAO's global information system on water and agriculture. Available at: http://www.fao.org/aquastat/en/overview/methodology/water-use. Accessed March March 2020.
3. Brouwer, C. and M. Heibloem. 1986. Irrigation water management: irrigation water needs. Available online at: http://www.fao.org/3/s2022e/s2022e00.htm. Accessed 30 June 2020.
4. Easterling, D. R., G. A. Meehl, C. Parmesan, S. A. Changnon, T. R. Karl and L. O. Mearns. 2000. Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *Science* 289(5487): 2068-2074.
5. Hamzehpour, N., S. M. A. Abasiyan and A. Majidi. 2016. The study of soil phosphorous status and availability in soils of Urmia Plain, Iran. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 8(5): 249-256.
6. Howe, G., J. St.Clair and R. Beloin. 2009. Seedlot selection tool. Available at: https://seedlotselectiontool.org/sst/. Accessed 10 January 2020.
7. Karimi, A. 2017. The effect of reducing 40% of allocated water for agriculture demand in the shahrchay dam to providing the Lake Urmia environmental demand. Urmia Lake Restoration Program , Urmia University, Urmia, I.R. Iran. (in Farsi)
8. Mardi, A. H., A. Khaghani, A. B. MacDonald, P. Nguyen, N. Karimi, P. Heidary, N. Karimi, P. Saemian, S. Sehatkashani, M. Tajrishy and A. Sorooshian. 2018. The Lake Urmia environmental disaster in Iran: A look at aerosol pollution. *Science of the Total Environment* 633: 42-49.
9. Menzel, A., N. Estrella and P. Fabian. 2001. Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from 1951 to 1996. *Global Change Biology* 7(6): 657-666.
10. Ministry of Jihad-e- Agriculture of Iran (MAJ). 2019. The annual agricultural statistics. Available at: https://www.maj.ir/Index.aspx?page_=form&lang=1&PageID=11583&tempname=amar&sub=65&methodName=ShowModuleContent#. Accessed 2 March 2020.
11. Moriondo, M. and M. Bindi. 2007. Impact of climate change on the phenology of typical Mediterranean crops. *Italian Journal of Agrometeorology* 3: 5-12.
12. Shokri, E., N. Shahnooshi, R. Mohammadzadeh and Y. Azarinfar. 2009. Study of factors affecting investment in Iranian agricultural sector. *Journal of Agricultural Economics Researches* 1: 107-121.
13. Taheri, M., M. Emadzadeh, M. Gholizadeh, M. Tajrishi, M. Ahmadi and M. Moradi. 2019. Investigating the temporal and spatial variations of water consumption in Urmia Lake River Basin considering the climate and anthropogenic effects on the agriculture in the basin. *Agricultural Water Management* 213: 782-791.
14. Tao, F., M. Yokozawa, Y. Xu, Y. Hayashi and Z. Zhang. 2006. Climate changes and trends in phenology and yields of field crops in China, 1981-2000. *Agricultural and Forest Meteorology* 138(1-4): 82-92.
15. Worldometers. 2019. World population (2020 and historical). Available at: https://www.worldometers.info/world-population/#table-historical. Accessed 2 March 2020.
16. Wuethrich, B., 2000. How climate change alters rhythms of the wild. *Science* 287(5454): 793-795.
17. Wypych, A., A. Sulikowska, Z. Ustrnul and D. Czekierda. 2017. Variability of growing degree days in Poland in response to ongoing climate changes in Europe. *International Journal of Biometeorology* 61(1): 49-59.
18. Zhang, X., M. A. Friedl, C. B. Schaaf and A. H. Strahler. 2004. Climate controls on vegetation phenological patterns in northern mid-and high latitudes inferred from MODIS data. *Global Change Biology* 10(7): 1133-1145.
19. Zargarpour, R. and A. Nurzad. 2010. A conceptual model of integrated water resource management for national water security. *Water Resources Research* 5(3): 1-13. (In Farsi).
20. Zheng, J., Q. Ge and Z. Hao. 2002. Impacts of climate warming on plants phenophases in China for the last 40 years. *Chinese Science Bulletin* 47(21): 1826-1831.

Journal of Water and Soil Science
Vol. 25, No. 1, Spring 2021, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Efficient Water Management under Climate Change in Urmia Plain

S. Moghim* and J. Rahmani[1]

(Received: April 22-2020 ; Accepted: August 26-2020)

Abstract

Improper water managements and overuse of surface water and groundwater mainly for agricultural purposes in Iran have led to the drying of many rivers and groundwater. Climate change adds an extra pressure on the water resources. These changes indicate the necessity of adjustment in water management plans. This study used hydroclimatic variables including precipitation and temperature in Urmia Plain to find appropriate crops that needed the minimum irrigation water. In addition, the best time for planting each crop is determined. To find the proper crops for the region, the daily water, as required for each crop, was calculated based on climate condition, crop type, and crop growth stage. The results indicates that grape could be the best crop for the region. In addition, early planting (e.g. in spring) reduced the irrigation water needed due to more rain and soil moisture in spring than summer, which could provide crop water requirement. On the other hand, the increased temperature in spring could satisfy heat units required for the fully grown plants like barley.

Keywords: Water resources management; Climate change; Agriculture; Crop pattern; Growing season, Water need

1. Water and Environmental Engineering Department, Civil Engineering College, Sharif University of Technology, Tehran, Iran.
Corresponding author, Email: moghim@sharif.edu