

ارزیابی روش‌های افزایش عملکرد و بهره‌وری آب گندم با استفاده از گزینه‌های مدل SWAP (مطالعه موردی: دشت نیشابور)

هادی دهقان، دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد*
امین علیزاده، استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
حسین انصاری، استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
محمد نادریان فر، دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
*تلفن: 09397625340، پست الکترونیکی: Dehghan63.ha@gmail.com

چکیده

اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در ایران به علت محدودیت کمی و کیفی این ماده ارزشمند از جایگاه خاصی برخوردار است. این تحقیق به منظور تجزیه و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب در مزارع گندم در دشت نیشابور انجام شده است. بدین منظور 3 مزرعه در بخش‌های مختلف دشت در سال زراعی 88-1387 برای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز مدل SWAP انتخاب گردید. مدل در هر یک از مزارع نسبت به پارامترهای هیدرولیکی خاک و همچنین خصوصیات زراعی گندم واسنجی شد. میزان شاخص‌های بهره‌وری آب با استفاده از اجزای بیان آب و عملکرد شبیه‌سازی شده توسط مدل محاسبه گردید. متوسط شاخص‌های مذکور تحت عبارات WP_T ، WP_{ET} ، WP_{ETQ} و WP_{Irr} به ترتیب 1/28، 0/99، 0/6 و 0/88 محاسبه گردید. نتایج نشان داد در صورت اصلاح برنامه ریزی آبیاری عملکرد محصول به میزان 14 درصد افزایش می‌یابد. از طرف دیگر با اعمال کم‌آبیاری به میزان 30 درصد، عملکرد محصول تفاوت معنی‌داری نداشت. این نتایج حاکی از آن است در صورت برنامه‌ریزی صحیح آبیاری ضمن کاهش آب مصرفی، شاخص‌های بهره‌وری آب شامل WP_{Irr} و WP_{ETQ} به ترتیب حدود 48 و 61 درصد افزایش می‌یابد. مقدار بالای تبخیر در ابتدای دوره رشد گیاه به دلیل روش آبیاری سنتی مزارع به طور متوسط باعث کاهش 28 درصدی WP_{ET} نسبت به WP_T شد. با بهبود عملیات کشاورزی مانند مالچ پاشی خاک یا بهره‌گیری از روش آبیاری زیرسطحی می‌توان WP_{ET} را بهبود بخشید. کاهش عمق آب کاربردی تأثیر چندانی بر شاخص‌های WP_{ET} و WP_T نداشت، اما شاخص‌های WP_{ETQ} و WP_{Irr} افزایش پیدا کردند.

کلید واژه‌ها: گندم، بهره‌وری آب، برنامه‌ریزی آبیاری، SWAP، نیشابور

1- مقدمه

گندم استراتژیک‌ترین محصول کشاورزی ایران محسوب می‌گردد. به طوری که تقریباً همه‌ساله حدود 5 تا 6 میلیون هکتار یعنی حدود 60 درصد کل اراضی، زیر کشت گندم قرار می‌گیرد. اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در ایران به علت محدودیت کمی و کیفی این ماده ارزشمند از جایگاه خاصی برخوردار است. در حال حاضر بهره‌وری آب کشاورزی در ایران در وضعیت مطلوبی قرار ندارد. موضوع ارتقای بهره‌وری آب در تولید مواد غذایی از مسایل اساسی در کشورهای مختلف جهان و به خصوص کشورهای کم آب نظیر ایران است [1]. بهره‌وری آب در واقع بیان‌کننده مقدار محصول یا سود به دست آمده از مصرف آب می‌باشد و شامل جنبه‌های مختلف مدیریت آب می‌باشد. همچنین بهره‌وری آب شاخص مناسبی برای ارزیابی منابع آب به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد [10، 13، 17].

آزمایش‌های صحرائی برای تعیین و تحلیل مدیریت‌های مختلف آبیاری و تأثیر آن بر بهره‌وری آب مفید بوده اما پرهزینه و زمان‌بر می‌باشند، در صورتی که مدل‌های شبیه‌سازی می‌توانند پس از واسنجی برای گزینه‌های مختلف آبیاری با هزینه کم و زمان کوتاه مورد استفاده قرار گیرند [8]. مدل SWAP مدلی است یک بعدی و قابلیت استفاده برای شبیه‌سازی حرکت آب، املاح، گرما و برنامه‌ریزی آبیاری را داشته و عمدتاً در مقیاس‌های بزرگ مورد استفاده قرار گرفته است. معادلات حاکم بر این مدل به روش اختلافات محدود حل شده‌اند [15]. مدل SWAP به منظور شبیه‌سازی و پیش‌بینی عملکرد محصول و جریان آب و املاح در سیستم‌های هیدرولوژیکی کشاورزی در کشورهای مختلف و همچنین در بعضی از نقاط ایران مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج خوبی در مقایسه با اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای داشته است [10، 13، 17].

در ایران وظیفه‌دوست و همکاران در مطالعه‌ای در منطقه برخوار اصفهان برای شبیه‌سازی مقادیر بیلان آبی مانند تعرق، تبخیر از خاک و نفوذ عمقی و پیش‌بینی عملکرد محصولات، مدل SWAP را ارزیابی و واسنجی کردند. نتایج نشان داد مدل می‌تواند برای پیش‌بینی متغیرهای گیاهی مانند عملکرد گیاه و وزن خشک مورد استفاده قرار گیرد [17]. ماندار و همکاران در تحقیقی با استفاده از مدل SWAP گزینه‌های مدیریتی آب در شرایط مختلف کمی و کیفی، بر عملکرد محصول گندم و شوری خاک را در مزارع شمال غرب هند بررسی کردند. نتایج نشان داد کاربرد آبیاری مکرر به میزان دقیق در مزارع، عملکرد محصول را تا 10 درصد حتی زمانی که شوری آب زیرزمینی بیشتر از 11 دسی‌زیمنس بر متر باشد، افزایش می‌دهد [10].

سینگ و همکاران در منطقه Sirsa در هند مدل SWAP را در تجزیه و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب (WP) در شرایط مزرعه‌ای ارزیابی و واسنجی کردند. نتایج نشان داد تغییرات قابل توجهی در مقادیر بهره‌وری آب برای گیاهان مختلف و همچنین برای گیاهان یکسان حاکم می‌باشد. دلیل اصلی کاهش فاکتورهای بهره‌وری آب مقادیر بالای تبخیر در عامل تبخیر - تعرق مخصوصاً برای برنج و نفوذ عمقی در مزارع تحت آبیاری می‌باشد [13]. مطالعه‌ای در منطقه زاراکوزای اسپانیا به منظور مقایسه مقادیر تبخیر و تعرق به روش‌های پنمن - مانیت و پریستلی - تیلور با مقدار شبیه‌سازی شده با مدل SWAP توسط آنتس و همکاران انجام شد و نشان داد که این مدل قادر است با استفاده از داده‌های ورودی صحیح، به خوبی مقادیر تبخیر و تعرق را پیش‌بینی کند [14].

تاکنون مطالعات متعددی در دشت نیشابور واقع در استان خراسان رضوی در رابطه با پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی، مدیریت منابع آب و حوضه‌های آبریز انجام شده است [2، 6]. گرچه این مطالعات به خوبی روش‌های مدیریت

منابع آبهای زیرزمینی در محدوده دشت را تشریح می‌کند، اما در مقیاس مزرعه‌ای نتوانسته است راهکار مناسبی برای برنامه‌ریزی آبیاری و افزایش بهره‌وری آب کشاورزی ارائه نماید. لذا هدف از تحقیق حاضر در مرحله اول شبیه‌سازی اجزای بیلان آب در مقیاس مزرعه و در مرحله دوم ارزیابی شاخص‌های بهره‌وری آب در شرایط فعلی و اعمال برنامه‌ریزی آبیاری توسط مدل SWAP می‌باشد.

2- مواد و روشها

2-1- منطقه مورد مطالعه

دشت نیشابور که یکی از دشت‌های مهم استان خراسان رضوی می‌باشد، به عنوان منطقه مورد مطالعه در این تحقیق انتخاب گردید (شکل 1). بحران آب دشت نیشابور در نتیجه بهم خوردن تعادل هیدرولوژیکی و افزایش تقاضا از منابع آبی از سال 1365 به بعد نمود پیدا کرده است. این دشت جزئی از حوضه آبریز کال شور است که در دامنه جنوبی ارتفاعات بینالود و در شمال شرق کویر مرکزی واقع شده است. وسعت کل حوضه 7300 کیلومتر مربع است که 3900 کیلومتر مربع آن را دشت و بقیه را ارتفاعات تشکیل می‌دهند. آب و هوای منطقه نیمه‌خشک و خشک، متوسط درجه حرارت آن 12 درجه سانتیگراد و میزان بارندگی آن بطور متوسط برای کل حوضه 292 میلی‌متر گزارش شده است. میزان تبخیر بعلت بالا بودن درجه حرارت هوا زیاد بوده و متوسط آن برای کل حوضه 2335 میلی‌متر در سال است. منبع اصلی تأمین آب مورد نیاز منطقه چاه‌ها هستند که از آبخانه زیرزمینی دشت نیشابور تغذیه می‌شوند. بحران آب با وجود اعلام ممنوعیت دشت کماکان تداوم یافته است که می‌تواند پیامدهای فراوانی را برای منطقه بدنبال داشته باشد. اگرچه رهایی کامل از این بحران و بازگشت به حالت اولیه غیرمعمول بنظر می‌رسد، پس از مطالعه و بررسی وضعیت کنونی منابع آب و بحران شکل گرفته، راهکارهای جلوگیری از تشدید بحران و برون‌رفت احتمالی از آن قابل ارائه می‌باشد [6].

این دشت از سال 1371 به بعد بطور متوسط هر ساله با حدود 0/2 متر افت سطح آب زیرزمینی مواجه بوده است. کل تخلیه دشت 788 میلیون متر مکعب می‌باشد، که حدود 95% آن به مصارف کشاورزی می‌رسد. در منطقه مورد مطالعه بیش از 80% اراضی قابل آبیاری و مناسب برای کشت و زرع است که باعث شده این دشت موقعیت کشاورزی مطلوبی را در استان خراسان رضوی داشته باشد. بیش از 70% کشت‌ها در نیشابور آبی است. بیشترین سطح زیر کشت را غلات و محصولات صنعتی و باغی به خود اختصاص می‌دهند که از نظر نیاز آبی در حد بالایی بوده و با شرایط کم آبی منطقه، سازگار نمی‌باشند [6].

2-2- اطلاعات مورد نیاز مدل

SWAP یک مدل آگروهیدرولوژیکی بسیار جامع برای انتقال آب، گرما و محلول در محیط اشباع و غیر اشباع می‌باشد. SWAP شامل مدل‌های فیزیکی برای شبیه‌سازی عملیات آبیاری و رشد گیاه است. حرکت آب براساس معادله ریچاردز شبیه‌سازی می‌شود. برای حل این معادله از روش عددی تفاضل‌های محدود و اعمال شرایط مرزی و استفاده از توابع هیدرولیکی خاک استفاده می‌گردد. توابع هیدرولیکی خاک به عنوان روابط بین هدایت هیدرولیکی، رطوبت خاک و بار فشاری آب خاک تعریف می‌شوند. در SWAP توابع تحلیلی ارائه شده توسط معادله ون-گنوختن برای تعریف منحنی مشخصه استفاده می‌شوند. شرایط مرزی لایه سطحی نیز با استفاده از شار تبخیر و تعرق ($ET_p (mmd^{-1})$)، میزان آب آبیاری ($I (mmd^{-1})$) و بارندگی ($P (mmd^{-1})$) تعیین می‌شود. تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_p) از روش پنمن - مانتیث با استفاده از

داده‌های روزانه هواشناسی تشعشع، دمای هوا، رطوبت نسبی و سرعت باد در ارتفاع 2 متری و همچنین مشخصات گیاهی از قبیل حداقل مقاومت گیاه، آلیبدوی سطحی و ارتفاع گیاه محاسبه می‌شود [17].

تعداد 3 مزرعه گندم به نام‌های فاروب‌رومان، حاجی‌آباد و سلیمانی با مشورت کارشناسان خبره محلی به عنوان نماینده کل سطح دشت، به منظور جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز مدل SWAP انتخاب گردیدند (شکل 1). این مزارع در بخش‌های مختلف دشت شامل مزرعه فاروب‌رومان در بخش مرکزی، سلیمانی در بخش میان‌جلگه و حاجی‌آباد در بخش زبرخان واقع شده‌اند. برای تامین داده‌های هواشناسی شامل تشعشع خورشیدی، بارندگی، درجه حرارت حداقل، درجه حرارت حداکثر، رطوبت نسبی و سرعت باد در ارتفاع 2 متری، از اطلاعات روزانه ایستگاه سینوپتیک نیشابور برای فصل زراعی 88-1387 استفاده شد. به منظور تهیه اطلاعات زراعی مورد نیاز مدل در طول فصل رشد، تاریخ آبیاری، میزان و شوری آب آبیاری، عمق توسعه ریشه، شاخص سطح برگ و ارتفاع گیاه در مزارع انتخابی اندازه‌گیری شدند. همچنین در انتهای فصل رشد، تاریخ برداشت و میزان عملکرد محصول اندازه‌گیری و ثبت گردید. عمق آبیاری با استفاده از حاصل ضرب دبی آب در زمان آبیاری و تقسیم آن بر مساحت مزرعه تعیین شد. روش آبیاری استفاده شده در مزرعه فاروب‌رومان شیاری، در مزرعه حاجی‌آباد کرتی و در مزرعه سلیمانی نواری (روی خطوط تراز) بود.

برای به دست آوردن پارامترهای هیدرولیکی خاک از بسته نرم‌افزاری RETC استفاده شد. به طوری که مشخصات هر لایه خاک مانند بافت خاک، وزن مخصوص ظاهری و درصد رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی (FC) به عنوان ورودی به مدل داده شد و پارامترهای معادله ون-گنوختن شامل رطوبت باقی مانده θ_{res} ، درصد رطوبت اشباع خاک θ_{sat} ، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک $K_{sat} (cm d^{-1})$ و پارامترهای $\alpha (cm^{-1})$ ، $\lambda (-)$ ، $n (-)$ به عنوان خروجی به دست آمد [16]. رطوبت خاک به طور مستقیم از اعماق 0-10، 10-20، 20-30، 30-40، 40-50، 50-60، 60-70، 70-80 و 80-90 سانتی متری در طول فصل رشد در کلیه مزارع آزمایشی با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج از نوع TRIME-FM در فواصل زمانی یک تا دو هفته اندازه‌گیری شد. داده‌های اندازه‌گیری شده به دو دسته تقسیم گردید. دسته اول برای واسنجی مدل و دسته دوم برای صحت‌سنجی مدل مورد استفاده قرار گرفت.

3-2- محاسبه شاخص‌های بهره‌وری آب

در سیستم‌های تولیدی کشاورزی، بهره‌وری آب از تقسیم محصول تولیدی در واحد مقدار آب مصرف شده به دست می‌آید [11]. از طرفی، بهره‌وری آب را می‌توان از روش‌های مختلف با معادلات متفاوت تعریف کنیم. به عنوان مثال محصول تولیدی را می‌توان ماده خشک یا بیوماس کل و مقدار آب مصرف شده را می‌توان تعرق، تبخیر-تعرق، آبیاری و تبخیر-تعرق به اضافه نفوذ عمقی در نظر گرفت [12]. قابلیت انعطاف تعاریف بهره‌وری آب، شاخص‌های مفیدی برای ارزیابی سودمندی آب فراهم می‌کند و از روی این شاخص‌ها می‌توان تشخیص داد که کی و چه موقع می‌توان در مصرف آب صرفه‌جویی کرد. شاخص‌های محاسبه شده در این تحقیق به صورت زیر هستند:

$$WP_T = \frac{Y(kgha^{-1})}{T(mm)} \quad (1)$$

$$WP_{ET} = \frac{Y(kgha^{-1})}{ET(mm)} \quad (2)$$

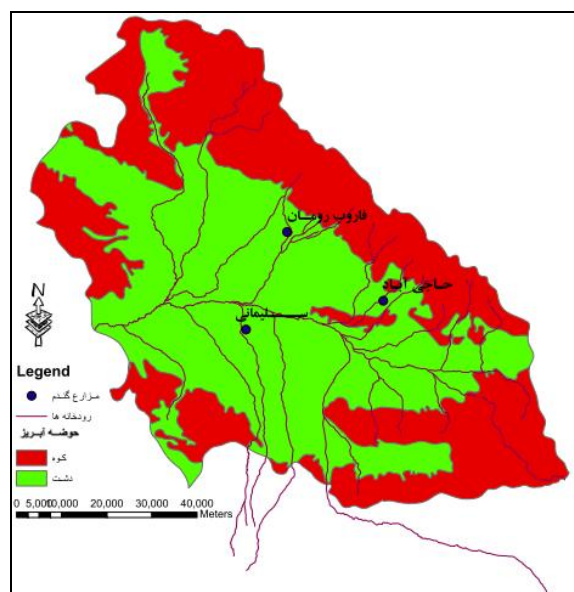
$$WP_{ETQ} = \frac{Y(kgha^{-1})}{ETQ(mm)} \quad (3)$$

$$WP_{Irr} = \frac{Y(kgha^{-1})}{I(mm)} \quad (4)$$

در معادلات بالا Y عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار، T میزان تعرق گیاه، ET تبخیر-تعرق واقعی گیاه، ETQ مجموع تبخیر-تعرق واقعی و نفوذ عمقی و I میزان آب آبیاری می باشد که یک میلیمتر معادل با $10m^3ha^{-1}$ است.

4-2- ارزیابی و واسنجی مدل

برای استفاده از مدل های شبیه سازی تحلیل حساسیت، واسنجی و صحت سنجی مدل ضروری می باشد. در این پژوهش برای انجام این مراحل از بخش های مربوط به انتقال آب و رشد محصول استفاده شد. آنالیز حساسیت مدل به روش پیشنهادی لین و همکاران انجام شد [9]. برای تحلیل حساسیت مدل نسبت به پارامترهای هیدرولیکی خاک، داده های خروجی مدل RETC در لایه های مختلف و همچنین در مزارع منتخب به عنوان مبنا در نظر گرفته شد. در هر نوبت یکی از داده های ورودی مقداری تغییر داده شد (برای هر مولفه دو تغییر مثبت و منفی به میزان 50 درصد انجام گرفت) و بقیه داده ها ثابت نگه داشته شدند و مدل با استفاده از شرایط جدید اجرا گردید. نتایج به دست آمده در دو حالت مذکور با نتایج به دست آمده در حالت مبنا مقایسه و پارامترهای حساس مدل تعیین شد.



شکل (1) - محدوده دشت نیشابور و مزارع انتخابی در بخش های مختلف آن

برای واسنجی عملکرد گندم با مقادیر مختلف آبیاری، از مدل ساده رشد گیاهی SWAP استفاده شد. بدین ترتیب که از کلیه پارامترهای اندازه گیری شده در مزارع مختلف شامل تاریخ‌های آبیاری، میزان و شوری آب آبیاری، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، عمق توسعه ریشه و تاریخ برداشت محصول استفاده شد. با استفاده از اطلاعات مزارع مختلف، داده‌های ورودی مورد نیاز تهیه و واسنجی به صورت زیر انجام شد: 1- اجرای مدل و تعیین عملکرد شبیه‌سازی شده در شرایط مختلف مزارع آزمایشی، 2- مقایسه عملکرد اندازه گیری شده با عملکرد شبیه‌سازی شده در همان شرایط، 3- در صورت عدم تطابق عملکرد شبیه‌سازی شده با عملکرد اندازه گیری شده، با تغییر ضریب حساسیت گیاه به عملکرد محصول (K_y) مراحل فوق تکرار گردید تا نتایج عملکرد شبیه‌سازی شده بر عملکرد اندازه گیری شده کاملاً منطبق گردد، 4- از مدل واسنجی شده برای بررسی تأثیر برنامه‌ریزی‌های مختلف آبیاری بر عملکرد محصول استفاده شد.

3- نتایج و بحث

3-1- بهره‌وری آب در شرایط مدیریت زارع

شاخص‌های بهره‌وری آب با استفاده از اجزای بیلان آب شبیه‌سازی شده توسط مدل SWAP مانند آبیاری، تعرق واقعی، تبخیر و تعرق گیاهی، نفوذ عمقی، رطوبت ذخیره شده در نیم‌رخ خاک و عملکرد اندازه گیری شده در مزرعه محاسبه گردید. جدول (1) مقادیر شاخص‌های بهره‌وری آب در مزارع مختلف دشت نیشابور را نشان می‌دهد. مقدار WP_T بین 0/85 تا 1/67 متغیر می‌باشد. متوسط مقدار WP_T ، 1/28 محاسبه گردید. وظیفه‌دوست و همکاران [17] مقدار WP_T برای گندم در منطقه بر خوار اصفهان را 1/18 کیلوگرم بر متر مکعب برآورد کرد که مشابه با رقم به دست آمده در این تحقیق می‌باشد.

متوسط شاخص‌های WP_{ET} ، WP_{ETQ} و WP_{Irr} در مزارع تحت مطالعه به ترتیب 0/99، 0/6 و 0/88 کیلوگرم بر متر مکعب محاسبه گردید. مقدار بالای تبخیر در ابتدای دوره رشد گیاه به دلیل روش‌های آبیاری سنتی در مزارع مورد مطالعه باعث کاهش 28 درصدی WP_{ET} نسبت به WP_T شد. با بهبود عملیات کشاورزی مانند مالچ پاشی خاک یا آبیاری زیرسطحی می‌توان WP_{ET} را بهبود بخشید. علاوه بر آن مهمترین دلیل کاهش WP_{Irr} و WP_{ETQ} نسبت به WP_{ET} مقدار بالای نفوذ عمقی به دلیل آبیاری‌های سنگین خصوصاً در مزرعه فاروب رومان می‌باشد. زارت و باستانیسن [18] بر پایه اطلاعات و آزمایش مزرعه‌ای در 82 نقطه مختلف دنیا در 25 سال گذشته، مقدار WP_{ET} را 1/08 کیلوگرم بر متر مکعب برآورد کردند. مقدار متوسط WP_{ET} برای گندم در دشت نیشابور 0/99 محاسبه گردید. سینگ و همکاران [13] مقادیر شاخص‌های WP_T ، WP_{ET} و WP_{ETQ} را برای محصول گندم در منطقه Sirsa هند به ترتیب 1/88، 1/39 و 1/04 کیلوگرم بر متر مکعب محاسبه نمودند. این مقادیر در مقایسه با شاخص‌های محاسبه شده در این تحقیق بیشتر هستند که می‌تواند به دلیل افزایش تبخیر و تعرق گیاهی و نفوذ عمقی در این مطالعه نسبت به تحقیق انجام شده در هند باشد. دلیل دیگر احتمالاً به علت مقادیر عملکرد بیشتر گندم در منطقه Sirsa است، به طوری که متوسط عملکرد گندم در منطقه Sirsa 5/4 تن در هکتار و در منطقه نیشابور 4/7 تن در هکتار می‌باشد.

جدول (1)- شاخص‌های بهره‌وری آب در مزارع مورد مطالعه در شرایط مدیریت زارع ($kg m^{-3}$)

مزارع			شاخص‌های بهره‌وری آب
سلیمانی	حاجی آباد	فاروب رومان	

0/85	1/34	1/67	WP_T
0/66	1/05	1/28	WP_{ET}
0/43	0/79	0/58	WP_{ETQ}
0/71	1/3	0/65	WP_{Irr}

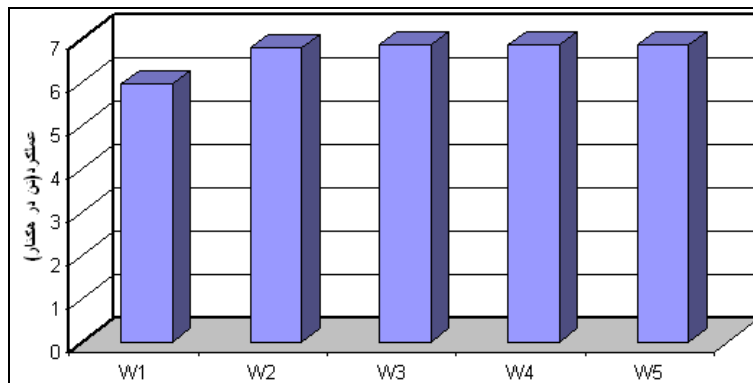
نتایج حاصل از مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که بهبود مدیریت آب، گام مهم و موثر در مصرف بهینه آب و افزایش بازده و کارایی مصرف آب آبیاری (WP_{Irr}) و تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. زارت و باستانس [18] کارایی مصرف آب گندم را در دنیا بین 1/7 - 0/6 و به طور متوسط 1/09 کیلوگرم بر متر مکعب برآورد کردند و نتیجه این تحقیق نشان داد که شاخص کارایی مصرف آب به مقدار زیادی می‌تواند در صورت کاهش مقدار آب آبیاری و اعمال کم آبیاری افزایش یابد. حیدری و همکاران [4] در تحقیقی با هدف تعیین مقدار کارایی مصرف آب محصولات کشاورزی عمده مناطق کشور (کرمان، همدان، مغان، گلستان و خوزستان) و در شرایط مدیریت زراعی کشاورزان را اجرا نمودند. براساس نتایج آنها متوسط شاخص کارایی مصرف آب گندم 0/75 کیلوگرم بر متر مکعب اندازه گیری گردید. حیدری و حقایقی مقدم [3] براساس نتایج دو پروژه ملی انجام شده در زمینه تعیین بازدهی (راندمان) آبیاری در کشور توسط کارشناسان موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کارایی مصرف آب آبیاری محصولات زراعی مختلف در روش‌های آبیاری سطحی با مدیریت زارعین را محاسبه نمودند. نتایج بررسی مذکور نشان داد که روش و مدیریت آبیاری تاثیر بسزایی در افزایش کارایی مصرف آب آبیاری داشته و قسمت عمده مسایل و مشکلات بازدهی آبیاری و کارایی مصرف آب در کشور مربوط به مسایل مدیریت آبیاری است که بهبود و اصلاح آنها نیاز به سرمایه‌گذاری چندانی نداشته و بلکه به یک اهتمام و برنامه‌ریزی مدیریتی صحیح نیاز دارد. ایشان کارایی مصرف آب آبیاری گندم را در استان خراسان به طور متوسط 0/57 کیلوگرم بر متر مکعب محاسبه نمودند. در این تحقیق مقدار کارایی مصرف آب آبیاری برای محصول گندم در دشت نیشابور به طور متوسط 0/88 کیلوگرم بر متر مکعب برآورد گردید. این رقم در مقایسه با ارقام ذکر شده در تحقیقات قبلی به دلیل پیشرفت‌های به عمل آمده در طول دهه اخیر در بخش‌های مختلف و به‌ویژه توسعه تحقیقات کشاورزی ارتقاء یافته به طوری که مقدار این شاخص در کشور 17% و در استان خراسان رضوی 54% افزایش را نشان می‌دهد.

3-2- سناریوهای برنامه‌ریزی آبیاری و کم آبیاری

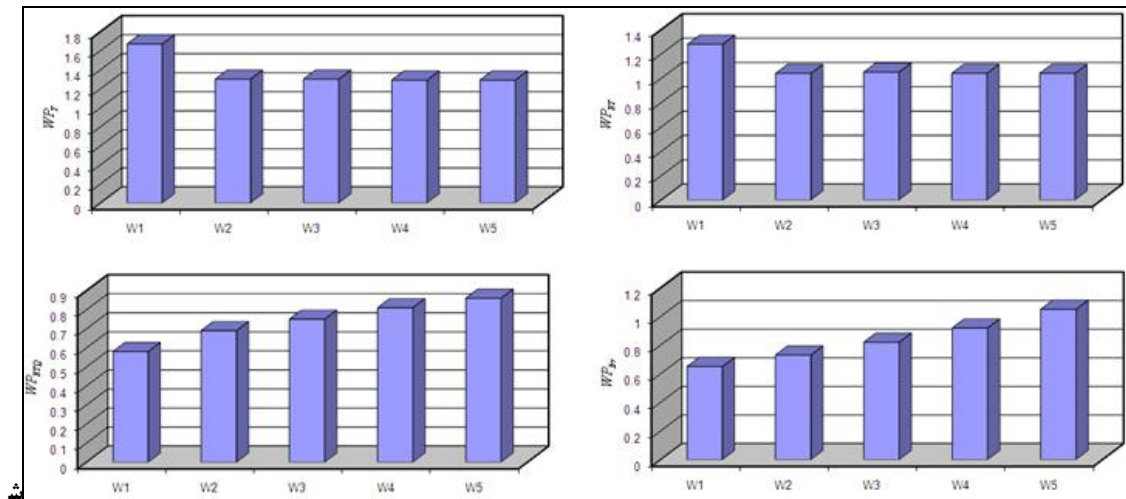
براساس اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای در سال زراعی 88-1387، میزان آب کاربردی و همچنین تاریخ‌های آبیاری در مزارع حاجی‌آباد و سلیمانی در حد بهینه و مناسب می‌باشد و اعمال سناریوی برنامه‌ریزی آبیاری توسط مدل بر عملکرد محصول گندم تاثیر معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان آب مصرفی در مزرعه فاروب‌رومان بود که در نوبت اول 230 میلی‌متر و در سایر نوبت‌ها (6 نوبت) حدود 115 میلی‌متر برآورد گردیده است. نفوذ عمقی و رواناب سطحی حاصل از این میزان آب کاربردی در مزرعه فاروب‌رومان نشان داد که زمان انجام آبیاری در این مزرعه به دلیل وقوع بارندگی در فصل رشد گیاه مناسب نبوده و با انجام آبیاری در زمان مناسب (برنامه‌ریزی پیشنهادی مدل) نفوذ عمقی و رواناب سطحی به ترتیب به میزان 42 و 40 درصد کاهش و عملکرد محصول به میزان 14 درصد افزایش می‌یابد.

در شکل (2) میزان عملکرد محصول در شرایط مزرعه کشاورز ($W1$) و سناریوهای در نظر گرفته شده توسط مدل ($W2$): سناریو برنامه ریزی آبیاری توسط مدل، $W3$ ، $W4$ و $W5$ به ترتیب سناریو کم آبیاری به میزان 10، 20 و 30 درصد کاهش عمق آب آبیاری نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد عمق آب کاربردی با توجه به خصوصیات خاک مزرعه و همچنین خصوصیات زارعی گندم بیشتر از مقدار مورد نیاز می باشد. نتایج شبیه سازی انجام شده توسط مدل SWAP تحت سناریوهای مختلف آبیاری نشان داد که کاهش عمق آب کاربردی تا 30 درصد تاثیر معنی داری بر عملکرد نداشت. اگر چه کاهش عمق آبیاری سبب کاهش نفوذ عمقی و رواناب سطحی در سطح مزرعه گردید که در درازمدت ممکن است باعث تجمع املاح و شوری خاک گردد. بنابراین در مقدار کاهش عمق آبیاری بایستی محتاطانه عمل کرد. با توجه به نظام آبیاری سنتی و توزیع گردشی آب بین کشاورزان و حبابه داران، کاهش عمق آبیاری چندان معقول و عملیاتی به نظر نمی رسد و بهترین گزینه قابل توصیه در شرایط فعلی، برنامه ریزی صحیح آبیاری یعنی انجام آبیاری به مقدار و در زمان مناسب است.

در شکل (3) روابط بین شاخص های بهره وری آب در شرایط مدیریت کشاورز و سناریوهای مختلف، در مزرعه فاروب رومان نشان داده شده است. همان گونه که در شکل (3) نشان داده شده است شاخص های بهره وری آب (WP_T) و WP_{ET} مستقل از سناریوهای برنامه ریزی آبیاری و کم آبیاری بوده و اعمال این سناریوها تاثیری بر این شاخص ها نشان نمی دهد. این نتایج توسط محققین دیگر از جمله وظیفه دوست و همکاران [17] نیز تأیید شده است. کم آبیاری باعث افزایش چشمگیری در شاخص های WP_{ETQ} و WP_{Irr} به دلیل کاهش نفوذ عمقی می گردد. به عنوان مثال با اعمال برنامه ریزی صحیح آبیاری و کم آبیاری به میزان 30٪، شاخص های WP_{ETQ} و WP_{Irr} به ترتیب حدود 48 و 61 درصد افزایش می یابند.



شکل (2) - مقدار عملکرد در شرایط مدیریت کشاورز و سناریوهای مختلف در مزرعه فاروب رومان



شکل (3)- روابط بین شاخص‌های بهره‌وری آب در شرایط مدیریت زارع و سناریوهای مختلف در مزرعه فاروب رومان (W1: شرایط مدیریت کشاورز، W2: سناریو برنامه‌ریزی آبیاری، W3، W4 و W5 به ترتیب 10، 20 و 30 درصد کم آبیاری)

4- نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد بهبود مدیریت و بهره‌وری آب از طریق برنامه‌ریزی صحیح آبیاری امکان‌پذیر می‌باشد. همچنین در برخی از مزارع دشت با اعمال مدیریت کم آبیاری، ضمن کاهش 30 درصدی از عمق آب آبیاری، عملکرد محصول به میزان 14 درصد و شاخص‌های WP_{ETQ} و WP_{ITR} به ترتیب حدود 48 و 61 درصد ارتقاء می‌یابد. کم آبیاری تأثیر چندانی بر شاخص‌های WP_T و WP_{ET} ندارد. با توجه به اینکه در دشت نیشابور سطح آب زیرزمینی عمیق می‌باشد، تأثیر نفوذ عمقی در تغذیه آب‌های زیرزمینی ممکن سال‌ها به طول انجامد. لذا پیشنهاد می‌شود با تسطیح دقیق اراضی کشاورزی، استفاده از روش‌های آبیاری سطحی مکانیزه و یا بهره‌گیری از روش‌های آبیاری تحت فشار، تلفات نفوذ عمقی و رواناب سطحی را در سطح مزرعه تا حد امکان کاهش داد و در نتیجه بهره‌وری آب را بهبود بخشید. با توجه به نظام آبیاری سنتی و توزیع گردشی آب بین کشاورزان و حقایبه‌داران، توصیه می‌شود برای بهبود بهره‌وری آب، شیوه‌های برنامه‌ریزی صحیح آبیاری، بهبود مدیریت آب در مزرعه و همچنین مدیریت کود و سایر نهاده‌های کشاورزی از طریق کلاسهای ترویجی به کشاورزان آموزش داده شود. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی این مدل برای سایر گیاهان اصلی دشت نیشابور مانند ذرت علوفه‌ای، جو، چغندر قند، پنبه و گوجه‌فرنگی نیز واسنجی و صحت یابی گردد و نتایج حاصله به صورت نشریات ترویجی در اختیار کشاورزان قرار گیرد.

5- مراجع

- [1] احسانی، م. و ه. خالدی. 1382. بهره‌وری آب کشاورزی. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی، 110 صفحه
- [2] ایزدی، ع.، ک. داوری، ا. علیزاده، ب. قهرمان، و س.ا. حقایقی مقدم. 1386. پیش‌بینی سطح ایستابی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: دشت نیشابور). مجله آبیاری و زهکشی ایران، 1(2)، ص 59-71.
- [3] حیدری، ن. و س.ا. حقایقی مقدم. 1380. کارایی مصرف آب آبیاری محصولات عمده مناطق مختلف کشور. گزارش ارائه شده به معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج.



- [4] حیدری، ن.، ع. کشاورز، و ح. دهقانی سانچ. 1384. مدیریت مصرف بهینه آب کشاورزی در ایران با در نظر گرفتن خشکی و خشکسالی. مجموعه مقالات دومین همایش روش‌های پیشگیری از اتلاف منابع ملی، 25-26 خرداد 1384، فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران، تهران.
- [5] حیدری، ن. 1388. برنامه راهبردی بهبود بهره‌وری آب کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
- [6] فرج زاده، م.، س. ولایتی و آ. حسینی. 1384. تحلیل بحران آب در دشت نیشابور با رویکرد برنامه‌ریزی محیطی. طرح پژوهشی کمیته تحقیقات، شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان رضوی
- [7] Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, 56, Rome, Italy, 300 p.
- [8] Droogers, P., M. Akbari, M. Torabi and P. Droogers. 2000. Exploring field scale salinity using simulation modeling, example for Rudasht area, Esfahan Province, Iran. IAERI-IWMI Research Reports 2. 16pp.
- [9] Lane, J. W., and Ferrira, V.A. 1990. Sensitivity in CREAMS: A field scale model for chemical runoff and erosion from agricultural management systems. Ed. W. g. knisel, 113-158. Vol. A. model Documentation. USDA Conservation Res. Report No. 26. Washington D.C.
- [10] Mandare A.B. , S.K. Ambast ,N.K. Tyagi , J. Singh. 2008. On-farm water management in saline groundwater area under scarce canal water supply condition in the Northwest India. Agricultural Water Management, 95: 516-526.
- [11] Molden, D., 1997. Accounting for water use and productivity. SWIM Paper 1. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka. 16 pp.
- [12] Molden, D., Murray-Rust, H., Sakthivadivel, R., Makin, I., 2001. A water productivity framework for understsnding and action. Workshop on water productivity, Wadduwa, SriLanka, November 12-13.
- [13] Singh, R., Van Dam, J.C., Feddes, R.A. 2006. Water Productivity analysis of irrigated crops in Sirsa district, India. Agricultural Water Management, 82: 253-278.
- [14] Utset, A., Farre, L, Martinez-Cob, A., and Cavero, J. 2004. Comparing Penman-Monteith and Priestley-Taylor approaches as reference-evapotranspiration inputs for modeling maize water- use under Mediterranean conditions. Agricultural Water Management, Volum 66, Issue 3: 205-219.
- [15] Van Dam, J.C., Huygen, J., Wesseling, J.G., Feddes, R.A., Kabat, P., VanWalsum, P.E.V., Groenendijk, P., and Van Diepen, C.A. 1997. Theory of SWAP version 2.0. Technical Document 45. Wageningen Agricultural University and DLO Winand Staring Center.
- [16] Van Genuchten. M., J. and S.R.Yates. 1991. The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils. US Enviromental Protection Agency, pp:85.
- [17] Vazifedoust, M., Van Dam, J.C., Feddes, R.A and Feizi, M. 2008. Increasing water productivity of irrigated crops under limited water supply at field scale. Agricultural Water Management, 95: 89-102.
- [18] Zwart, S.J., Bastiaanssen, W.G.M., 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. Agricultural Water Management, 69(2), 115-133.