



دانشگاه گیلان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد شانزدهم، شماره سوم، ۱۳۸۸

www.gau.ac.ir/journals

بررسی تأثیر روش محاسبه، طول دوره حداکثر نیاز آبی و سطوح احتمال در بر آورد بهینه آب مورد نیاز گیاه (مطالعه موردی منطقه همدان)

مجید حیدری^۱، صفر معروفی^۲، *علی اکبر سبزی‌پور^۳

سیده شقایق میرمسعودی^۳ و فرشته قیامی^۳

^۱استادیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، ^۲دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه بوعلی سینا همدان،

^۳دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۹/۳

چکیده

پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد در صورتی که از مقادیر میانگین تبخیر و تعرق مرجع (ET_o) جهت تأمین نیاز آبی گیاه استفاده شود، نیاز آبی واقعی گیاه تأمین نخواهد شد که در این شرایط ممکن است گیاه با تنش آبی روبرو شده و یا بیش از نیاز آب دریافت کند. با توجه به تأثیر روش محاسبه تبخیر و تعرق، دور آبیاری و سطح احتمال وقوع بر نیاز آبی گیاه، محاسبه دقیق تأثیر عوامل بالا به‌عنوان یک موضوع پژوهشی، ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش با استفاده از آمار و اطلاعات ایستگاه سینوپتیک نوزه همدان مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع برای هر روز ژولینوسی از سال در طول دوره آماری (۲۰۰۶-۱۹۷۷) با ۵ روش بلانی-کریدل، پنمن (۱۹۶۳)، پنمن-فائو-۲۴، پنمن-ماتیت و فائو-پنمن-ماتیت محاسبه شد. سپس با به‌کارگیری ضریب گیاهی گندم برای منطقه مورد نظر مقادیر ET_c محصول گندم در طول دوره رشد به‌منظور بررسی اثر روش‌های بالا در میزان آب مورد نیاز گیاهان محاسبه گردید. در این رابطه تاریخ شروع و خاتمه دوره‌های حداکثر نیاز آبی گیاه با استفاده از روش میانگین متحرک استخراج و منحنی‌های میانگین تبخیر و تعرق روزانه برای دوره‌های

* مسئول مکاتبه: swsabzi@basu.ac.ir

۱ تا ۳۰ روزه حداکثر نیاز آبی با احتمال وقوع‌های متفاوت با توجه به تاریخ به‌دست آمده ترسیم گردید. نتایج به‌دست آمده از منحنی‌های استخراج شده نشان داد در صورتی که طراحی سیستم آبیاری بر اساس میانگین ETC گندم (طول دوره ۷ روزه) با احتمال وقوع ۵۰ درصد و با روش‌های بلانی-کریدل، فائو-پنمن-مانتیت، پنمن (۱۹۶۳)، پنمن-فائو-۲۴ و پنمن-مانتیت صورت پذیرد، ظرفیت سیستم جهت تأمین آب به‌ترتیب برای روش‌های بالا حدود ۱۲، ۱۰، ۱۸، ۱۴ و ۱۵ درصد کمتر از حالتی خواهد بود که احتمال وقوع ۷۵ درصد اعمال شده است. تجزیه و تحلیل مقادیر نیاز آبی گیاه در سطوح احتمالاتی بیشتر از ۵۰ درصد نیز بیانگر این است که با افزایش دوره‌های حداکثر نیاز آبی، مقدار میانگین نیاز آبی روزانه کاهش می‌یابد. هم‌چنین برای یک دوره خاص با افزایش سطح احتمالاتی، میزان میانگین نیاز آبی روزانه گیاه نیز افزایش پیدا می‌کند.

واژه‌های کلیدی: تبخیر و تعرق گیاه مرجع، میانگین متحرک، سطح احتمال وقوع، دوره حداکثر نیاز آبی، گندم

مقدمه

محدودیت منابع آب و رقابت بخش‌های مختلف در استفاده از این منابع از یک سو و افزایش سطح اراضی فاریاب از سوی دیگر، اهمیت بهره‌برداری بهینه از این منابع را صد چندان می‌سازد (شهبازی فر و همکاران، ۲۰۰۴). کشور ایران با متوسط بارندگی در حدود ۲۵۲ میلی‌متر جزو کشورهای خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌شود. بخش عمده مصرف آب، یعنی بیش از ۹۴ درصد در زمینه کشاورزی می‌باشد. بنابراین برای این‌که بتوان در آینده با مشکل کم‌آبی مبارزه نمود باید آب مورد نیاز بخش کشاورزی با راندمان بالا مصرف گردد (رونجا، ۲۰۰۰). مهم‌ترین بخش طراحی و بهره‌برداری از سیستم‌های تأمین‌کننده آب مورد نیاز کشاورزی تخمین نیاز آبی گیاه می‌باشد (یو و همکاران، ۲۰۰۸). تخمین بیش از حد آب مورد نیاز گیاه، ضمن هدر دادن آب آبیاری سبب ماندابی شدن اراضی، شستشوی مواد غذایی خاک و آلوده نمودن منابع آب زیرزمینی می‌شود. ضمن این‌که تخمین کمتر نیز باعث اعمال استرس رطوبتی به گیاه شده و در نتیجه کاهش محصول را در بر خواهد داشت (کوچک‌زاده و بهمنی، ۲۰۰۵). تمام برنامه‌ریزی‌های مدیریتی که در رابطه با محصولات مختلف صورت می‌گیرد، به درک درستی از اقلیم منطقه به‌خصوص بارندگی، مقدار تبخیر و دمای هوا بستگی

دارد (کار و ورا، ۲۰۰۵). مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه (ETc)^۱ از حاصل ضرب ضریب گیاهی (Kc)^۲ در تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ETo)^۳ به دست می آید (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). روش هایی که برای تخمین تبخیر و تعرق به کار برده می شود در دو گروه اصلی قرار می گیرد که عبارتند از: روش های مستقیم و روش های محاسبه ای (علیزاده، ۲۰۰۴b). روش های محاسبه ای مختلفی برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع پیشنهاد شده که هر یک از نظر داده های مورد احتیاج با یکدیگر متفاوت می باشند. با توجه به این نکته که طراحی سیستم های آبیاری بر اساس میزان تبخیر و تعرق برآورد شده می باشد، اگر در این طراحی از میانگین مقادیر تبخیر و تعرق گیاه مرجع ETo برای یک دوره چند ساله داده های هواشناسی استفاده شود، احتمال وقوع ETo استفاده شده حدود ۵۰ درصد خواهد بود (علیزاده، ۲۰۰۴b).

انتخاب سطح احتمال مناسب برای نیاز آبی گیاه بستگی به نوع گیاه، نوع خاک، شرایط زمین و نوع سامانه آبیاری دارد. برای گیاهان حساس به تنش آبی باید علاوه بر انتخاب دور آبیاری کوتاه، سطح احتمال وقوع بالایی را نیز در نظر گرفت. جنسن و همکاران (۱۹۹۰) برای گیاهان با ارزش و یا دارای عمق توسعه ریشه کم، استفاده از سطح احتمالاتی ۸۰ یا ۹۰ درصد را توصیه نموده اند. برای خاک هایی با بافت سبک که ظرفیت نگهداری رطوبت پایینی دارند نیز باید از دور آبیاری کوتاه با سطح احتمالاتی زیادتر نسبت به خاک هایی با بافت متوسط و سنگین استفاده کرد. در یک دوره معین باید از میانگین نیاز آبی روزانه با سطح احتمالاتی بالا استفاده نمود (نیکبخت و میرلطیفی، ۲۰۰۲).

برای سامانه های آبیاری که دارای دوره آبیاری کوتاه می باشند (مانند سامانه آبیاری قطره ای و بارانی)، در یک سطح احتمالاتی معین نمی توان از دوره متوسط گیری بالایی استفاده کرد. در این حالت سامانه قادر به تأمین نیاز آبی گیاه در طول دوره حداکثر نیاز آبی نبوده و گیاه دچار تنش آبی خواهد شد. بنابراین قبل از طراحی ظرفیت سامانه آبیاری، ضروری است تا مقادیر ETC روزانه با سطح احتمالاتی متفاوت برای دوره های حداکثر نیاز آبی استخراج گردد تا از روی آن ها با توجه به عوامل یاد شده مقدار ETC روزانه با سطح احتمالاتی مناسب انتخاب شود (کونیکا، ۱۹۸۹). مقادیر میانگین نیاز آبی روزانه گیاه محاسبه شده به شدت متأثر از طول دوره هایی است که برای محاسبه آن استفاده

1. Crop Evapotranspiration (ETc)
2. Crop Coefficient
3. Evapotranspiration (ETo)

می‌گردد (نیکبخت و میرلطیفی، ۲۰۰۲). با توجه به دوره‌های مختلف رشد گیاهان لازم است قبل از طراحی سامانه‌های آبیاری مقادیر میانگین نیاز آبی روزانه گیاه برای دوره‌های ۱ الی ۳۰ روزه حداکثر نیاز آبی استخراج شود (نیکبخت و همکاران، ۲۰۰۷). مقادیر میانگین نیاز آبی روزانه گیاه در یک دوره در مقایسه با مقادیر حداکثر مشاهده شده آن در همان دوره در طول تمامی دوره‌های مورد مطالعه کمتر است (کونیکا، ۱۹۸۹؛ جنسن و همکاران، ۱۹۹۰؛ نیکسون و همکاران، ۱۹۷۲؛ پرویت و همکاران، ۱۹۷۲؛ رایت و جنسن، ۱۹۷۲). پرویت و همکاران (۱۹۷۲) برای منطقه کالیفرنیا مرکزی و نیکسون و همکاران (۱۹۷۲) در منطقه ساحلی دره‌های کالیفرنیا با استفاده از داده‌های اعداد تبخیر و تعرق روزانه اندازه‌گیری شده از لایسیمتر وزنی، منحنی‌های توزیع ETo روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت را استخراج کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که سطح احتمال وقوع تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر میزان ETo روزانه محاسبه شده دارد، به طوری که با افزایش سطح احتمال وقوع، مقدار ETo روزانه افزایش پیدا می‌کند. همچنین با استفاده از منحنی‌های توزیع ETo روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت، دوره‌های ۱، ۳، ۵ تا ۳۰ روزه که بیشترین مقدار نیاز آبی گیاه در هر یک از این دوره‌ها وجود دارد را استخراج کردند. سپس با استفاده از EToهای ثبت شده از طریق لایسیمتر وزنی برای سال‌های مورد نظر و تاریخ دوره‌های به دست آمده در مرحله قبلی، مقادیر میانگین ETo روزانه را برای دوره‌های ۱ الی ۳۰ روزه حداکثر نیاز آبی محاسبه نموده و با استفاده از ارقام به دست آمده، منحنی‌های توزیع میانگین روزانه برای دوره‌های ۱ تا ۳۰ روزه حداکثر نیاز آبی را ترسیم کردند. رایت و جنسن (۱۹۷۲) ETo روزانه را در منطقه کیمبرلی واقع در جنوب ایالت آیداهو آمریکا با استفاده از معادله پنمن براساس داده‌های هواشناسی سال‌های ۱۹۶۵ تا ۱۹۶۹ برآورد نموده و سپس منحنی‌های توزیع ETo روزانه با سطوح احتمال متفاوت را استخراج نمودند و در نهایت تاریخ زمان حداکثر تبخیر و تعرق مرجع با طول دوره‌های مختلف مانند ۱، ۳، ۵ تا ۳۰ روزه را برای منطقه ساحلی کالیفرنیا و کیمبرلی استخراج نمودند. در این منطقه به دلیل تغییرات آب و هوایی در طول سال و همچنین تغییرات تبخیر و تعرق محاسبه شده با استفاده از داده‌های هواشناسی، منحنی‌های توزیع میانگین ETo روزانه برای دوره‌های ۱ تا ۳۰ روزه حداکثر نیاز آبی با سطوح احتمال وقوع متفاوت کاملاً متقارن نبودند. در ایران نیکبخت و میرلطیفی (۲۰۰۲) در پژوهشی برای منطقه مهرآباد تهران، مقادیر میانگین ETo روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت، برای دوره‌های حداکثر نیاز آبی را محاسبه و با استفاده از ارقام به دست آمده از منحنی‌های توزیع میانگین ETo روزانه برای دوره‌های ۱ تا ۳۰ روزه حداکثر نیاز آبی

را رسم نمودند (مقادیر ETo از روش‌های پنمن ماتیت، هارگریوز-سامانی و پنمن-رایت محاسبه شدند). با توجه به این تحقیق، در منطقه یاد شده منحنی‌های توزیع میانگین ETo روزانه برای دوره‌های ۱ تا ۳۰ روزه حداکثر نیاز آبی با سطوح احتمال وقوع متفاوت، کاملاً متقارن به‌دست آمد. نیکبخت و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی مقادیر تبخیر و تعرق واقعی گیاه را در سطوح احتمالاتی مختلف در مراغه محاسبه نمودند. نتایج آن‌ها به‌خوبی نشان‌دهنده تأثیر دوره میانگین‌گیری و سطح احتمالاتی بر مقدار میانگین ETo روزانه است. همچنین مقادیر میانگین ETo روزانه با سطح احتمال وقوع‌های متفاوت اختلاف قابل ملاحظه‌ای با هم دارند. شریفان (۲۰۰۷) در منطقه هاشم‌آباد گرگان نیز با محاسبه مقادیر میانگین نیاز آبی روزانه برای ۵ محصول شاخص منطقه به نتایج مشابهی رسید. این حالت به‌علت طولانی بودن دوره آماری استفاده شده می‌باشد. با توجه به تأثیر احتمال وقوع و طول دوره حداکثر تبخیر و تعرق گیاه مرجع بر مقدار میانگین ETo روزانه، در طراحی سیستم‌های آبیاری باید طول دوره حداکثر تبخیر و تعرق مرجع را متناسب با دوره آبیاری انتخاب نمود. بنابراین با توجه به تأثیر روش محاسبه تبخیر و تعرق، دور آبیاری و سطح احتمال وقوع بر نیاز آبی گیاه، محاسبه دقیق تأثیر عوامل بالا به‌عنوان یک موضوع تحقیقی، ضروری به‌نظر می‌رسد. به همین منظور در پژوهش حاضر تبخیر و تعرق مرجع روزانه برای یک دوره ۳۰ ساله برآورد گردید و منحنی‌های توزیع میانگین نیاز آبی روزانه گیاه در سطوح احتمال وقوع متفاوت ارائه شد. برای برآورد ETo از ۵ روش مختلف استفاده گردید تا تأثیر مؤلفه‌های هواشناسی و روش محاسبه ETo در تشخیص سطوح احتمال مناسب نیز ارزیابی گردد.

برتری این پژوهش نسبت به بررسی‌های صورت گرفته پیشین در این است که علاوه بر کاربرد روش‌های متعدد و استفاده از نرم‌افزار REF-ET در برآورد مقادیر ETo روزانه، مقادیر ETo نیز در تجزیه و تحلیل‌ها دخالت داده می‌شود تا هرچه بیشتر در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی در حوزه کشاورزی مفید واقع شود. همچنین بررسی‌های مشابه در ایستگاه همدان صورت نگرفته است.

مواد و روش‌ها

معمولی‌ترین توزیعی که متغیرهای تصادفی با آن مطابقت دارند، توزیع نرمال می‌باشد (به نقل از نیکبخت و میرلطیفی، ۲۰۰۲). از آنجا که داده‌های هواشناسی از نظر آماری کاملاً تصادفی می‌باشند، بنابراین شکل منحنی فراوانی داده‌های هواشناسی در درازمدت برای میانگین‌های دوره‌ای (۱، ۳، ۵، ۷،

۱۰، ۲۰ و ۳۰ روزه) از توزیع نرمال پیروی می‌کند (کونیکا، ۱۹۸۹). از آنجایی که اساس تئوری‌های آماری، برای تحلیل دقیق چنین متغیرهایی دست کم نیاز به ۳۰ مقدار از ۱ متغیر دارد (دیور و پیک، ۱۹۸۶). بنابراین در این بررسی نیاز به حداقل ۳۰ سال آمار هواشناسی می‌باشد. در این پژوهش از آمار و اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک نوژه همدان (طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۶۷۹/۷ متری از سطح دریا) با ۸ قرائت روزانه در دوره درازمدت ۳۰ ساله (۲۰۰۶-۱۹۷۷) استفاده شد. دمای حداقل و حداکثر، رطوبت نسبی ماکزیمم و می‌نیمم، بارندگی، نقطه شبنم و سرعت باد، فشار هوا و فشار بخار هوا پارامترهای هواشناسی بودند که در محاسبه ET_0 روزانه در این پژوهش از آن استفاده گردید؛ اقلیم منطقه به روش یونسکو^۱، سرد و نیمه‌خشک تشخیص داده شد. سپس مقادیر ET_0 روزانه با استفاده از داده‌های هواشناسی به‌منظور استخراج منحنی‌های توزیع ET_0 روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت با استفاده از نرم‌افزار REF-ET (آلن و همکاران، ۱۹۹۸) محاسبه گردید. روش‌های پنمن (۱۹۶۳)، پنمن-فائو ۲۴ (دورنباس و پرویت، ۱۹۷۵؛ دورنباس و پرویت، ۱۹۷۷)، پنمن-مانتیت (مانتیت، ۱۹۶۵) و بلانی-کریدل (بلانی و کریدل، ۱۹۵۰) به‌عنوان روش‌های منتخب در منطقه همدان (ناصری و همکاران، ۱۹۹۹؛ زارع‌ایبانه و همکاران، ۲۰۰۷) و همچنین روش فائو-پنمن-مانتیت به‌عنوان روش پیشنهادی فائو (روش مرجع) (آلن و همکاران، ۱۹۹۸)، به‌منظور مقایسه در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. معادله‌های روش‌های مختلف محاسبه ET_0 و همچنین پارامترهای به‌کار رفته در این معادله‌ها در ادامه ارائه شده است.

معادله پنمن (۱۹۶۳):

$$ET_0 = \frac{\Delta R_n + \gamma(e_s - e_a)(2.6(1 + 0.536U_2))}{\lambda\rho(\Delta + \gamma)} \quad (1)$$

معادله پنمن-فائو ۲۴:

$$ET_0 = -0.3 + \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_g}{\lambda \rho} (1 - \alpha)(2.6(1 + 0.536U_2)) \quad (2)$$

معادله پنمن-مانتیت:

$$ET_0 = \frac{\Delta R_n + \gamma(e_s - e_a)w}{\lambda\rho(\Delta + \gamma(1 + \frac{r_s}{r_a}))} \quad w = (1500/r_a) \quad r_a = (208/U_2) \quad (3)$$

معادله فائو - پنمن - مانتیث:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_a + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (4)$$

معادله بلانی و کریدل:

$$ET_0 = P(0.46T_a + 8.13) \quad (5)$$

در کلیه رابطه‌های بالا، ET_0 تبخیر و تعرق گیاه مرجع (mm day^{-1})، T_a دمای هوا ($^{\circ}\text{C}$)، U_2 سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (m s^{-1})، R_n تابش خالص خورشیدی ($\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$)، $(e_s - e_a)$ کمبود فشار بخار اشباع هوا (kPa)، G شار حرارتی خاک ($\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$)، Δ شیب منحنی فشار بخار اشباع با دما ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)، γ ثابت سایکرومتری ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)، ρ چگالی آب (1000 kg L^{-1})، λ گرمای نهان تبخیر آب (MJ kg^{-1})، R_g تابش طول موج کوتاه ($\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$)، α آلیبدوی سطحی، r_s مقاومت سطحی گیاه مرجع (69 s m^{-1})، r_a مقاومت آئرودینامیکی (s m^{-1}) و P می‌باشد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

همچنین مقادیر ETC در طول دوره رشد با ضرب ضریب گیاهی گندم منطقه مورد مطالعه در مقادیر تبخیر و تعرق گیاه مرجع به دست آمد. سپس داده‌های میانگین نیاز آبی روزانه مربوط به هر روز ژولینوسی^۱ برای ۳۰ سال دوره آماری مورد استفاده در این پژوهش از بقیه روزها تفکیک گردید. در این حالت برای هر روز ژولینوسی ۳۰ عدد وجود خواهد داشت (نیکبخت و میرلطیفی، ۲۰۰۲). در مرحله بعد با استفاده از توزیعی که متغیرهای پیوسته با آن مطابقت دارند (توزیع نرمال^۲) مقادیر احتمالاتی مختلف ET_0 محاسبه گردید (رضایی، ۲۰۰۰). برای محاسبه مقدار متغیر تصادفی با احتمال وقوع مورد نظر از رابطه ۶ استفاده شد.

$$X = \bar{X} + K.S \quad (6)$$

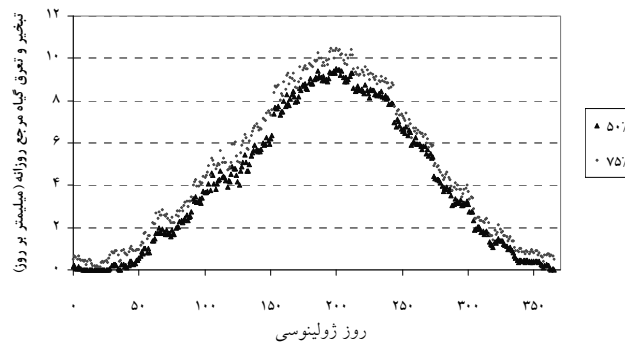
که در آن X مقدار متغیر تصادفی با احتمال وقوع مورد نظر، \bar{X} میانگین نمونه، S انحراف معیار نمونه و K ضریب فراوانی می‌باشد. مقدار K به احتمال وقوع متغیر بستگی دارد و در جدول‌های آماری مربوط به توزیع نرمال موجود می‌باشد (علیزاده، ۲۰۰۴a). برای هر روز ژولینوسی مقادیر \bar{X} ، S و نیاز

1. Julian Date
2. Normal Distribution

آبی محاسبه شد. با استفاده از رابطه ۶، مقادیر ETo برای کلیه روزهای سال در سطوح احتمال وقوع ۱، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد برآورد گردید. با استفاده از ارقام به دست آمده، نمودار مقادیر میانگین نیاز آبی روزانه گیاه با سطح احتمال وقوع‌های متفاوت در مقابل روز از سال رسم شد. جهت بررسی تأثیر طول دوره بر میانگین نیاز آبی روزانه گیاه، لازم است ابتدا تاریخ وقوع دوره حداکثر تبخیر و تعرق مرجع برای دوره‌های مختلف (۱، ۳ تا ۳۰ روزه) تعیین گردد. برای تعیین تاریخ وقوع هر یک از دوره‌های حداکثر تبخیر و تعرق مرجع با طول دوره‌های مختلف، از مقادیر میانگین نیاز آبی روزانه گیاه با سطح احتمال وقوع ۹۹ درصد که روش تعیین آن قبلاً یاد گردید، استفاده شد و مقادیر میانگین‌های متحرک^۱ از میانگین نیاز آبی روزانه گیاه برای دوره‌های مختلف حداکثر نیاز آبی (۱، ۳ تا ۳۰ روزه) با استفاده از این مقدار (سطح احتمال ۹۹ درصد) برای ۳۶۵ روز سال محاسبه شد. مقادیر میانگین‌های متحرک محاسبه شده برای دوره‌های بالا به ترتیب نزولی مرتب، و با توجه به مقدار ماکزیمم میانگین متحرک برای هر یک از طول دوره‌ها روز شروع و خاتمه دوره حداکثر تبخیر و تعرق مرجع برای هر یک از طول دوره میانگین‌گیری مشخص گردید. سپس مقدار میانگین نیاز آبی روزانه گیاه برای هر یک از دوره‌های حداکثر تبخیر و تعرق با طول دوره‌های مختلف که روز شروع و خاتمه آن در مرحله قبل مشخص شده بود، برای هر سال از ۳۰ سال آمار مورد استفاده محاسبه شد. بنابراین برای هر یک از دوره‌های حداکثر تبخیر و تعرق مرجع با طول دوره‌های مختلف، ۳۰ مقدار میانگین نیاز آبی روزانه گیاه که هر یک از آنها متعلق به یک سال بود به دست آمد. با استفاده از رابطه ۱ مقادیر میانگین نیاز آبی روزانه گیاه با سطح احتمال وقوع ۱، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد برای هر یک از دوره‌های زمانی با طول متفاوت حداکثر تبخیر و تعرق مرجع محاسبه گردید. سپس با استفاده از ارقام به دست آمده، نمودار مقادیر میانگین نیاز آبی روزانه گیاه با سطح احتمال وقوع‌های متفاوت در مقابل روز از سال رسم شد.

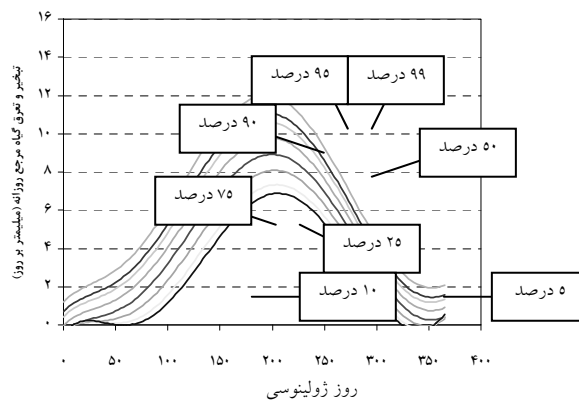
نتایج و بحث

شکل ۱ نمودار ETo حاصل برای روش بلانی- کریدل را در دو سطح احتمال وقوع ۷۵ و ۵۰ درصد (به عنوان نمونه) نشان می‌دهد. نمودارهای مشابه شکل ۱ برای ۵ روش دیگر نیز استخراج گردید.



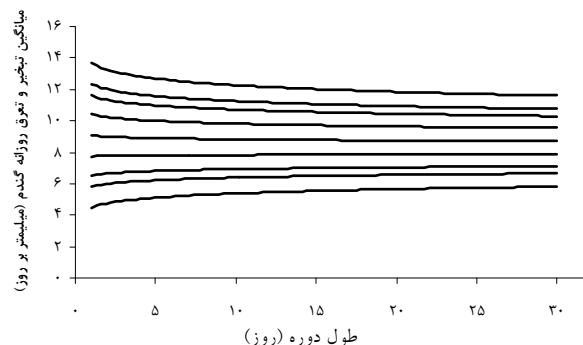
شکل ۱- منحنی توزیع ETo روزانه در سطح احتمال‌های ۵۰ و ۷۵ درصد با کاربرد روش بلانی و کریدل.

شکل ۲ نمودار مقادیر ETo روزانه با سطح احتمال وقوع‌های متفاوت در مقابل روز از سال شکل ۱ را که بر آن‌ها بهترین منحنی (چند جمله‌ای با درجه ۶) برازش داده شده است، نشان می‌دهد.



شکل ۲- منحنی‌های توزیع ETo (روش بلانی- کریدل) روزانه با سطوح احتمال مختلف پس از برازش بهترین منحنی بر آن‌ها.

نمودار میانگین ETC روزانه برای دوره‌های ۱ تا ۳۰ روزه حداکثر تبخیر و تعرق مرجع با سطوح احتمال وقوع متفاوت براساس روش بلانی کریدل در شکل ۳ مشاهده می‌شود. نمودارهای مشابه شکل ۳ برای مقادیر ETo و سایر روش‌ها نیز استخراج گردید (نیکبخت و میرلطیفی، ۲۰۰۲).



شکل ۳- میانگین ET_c (گیاه گندم) روزانه (روش بلانی و کریدل) با سطوح احتمال وقوع مختلف (برازش با تابع توزیع احتمال نرمال) برای دوره‌های حداکثر نیاز آبی برای منطقه همدان.

مقادیر میانگین ET_o روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت برای دوره‌های حداکثر نیاز آبی با طول دوره ۷ روزه برای روش‌های مختلف در جدول ۱ نشان داده شده و مقادیر این جدول از طریق نمودارهای استخراج شده برای روش‌های یاد شده به دست آمده است. با توجه به این جدول مقادیر ET_o روزانه به شدت از سطح احتمال وقوع تأثیر می‌پذیرد به طوری که با افزایش سطح احتمال وقوع بر مقدار تبخیر و تعرق افزوده می‌شود (مطابق با نتایج تحقیقات پرویت و همکاران، ۱۹۷۲؛ رایت و جنسن، ۱۹۷۲؛ نیکسون و همکاران، ۱۹۷۲؛ نیکبخت و میرلطیفی، ۲۰۰۲؛ نیکبخت و همکاران، ۲۰۰۷؛ شریفان، ۲۰۰۷). همچنین مقادیر میانگین ET_o روزانه (محاسبه شده با روش بلانی-کریدل) با سطوح احتمال وقوع متفاوت برای دوره‌های حداکثر نیاز آبی ایستگاه همدان در جدول ۲ ارائه شده است. به منظور مشخص نمودن میزان تفاوت در مقادیر میانگین نیاز آبی روزانه گیاه در سطوح احتمال مختلف، جدول‌های ۳ و ۴ براساس نتایج جدول ۱ استخراج شد. کمترین و بیشترین مقادیر اختلاف تبخیر و تعرق بین سطوح احتمالاتی مختلف برای مقادیر ET_o به ترتیب در روش پنمن (۱۹۶۳) و فائو-پنمن-مانتیت برای مقادیر ET_c در روش‌های پنمن (۱۹۶۳) و فائو-پنمن-مانتیت مشاهده شد و روش فائو-پنمن-مانتیت در اکثر سطوح احتمال بیشترین برآورد میزان اختلاف را داشت.

جدول ۱- مقادیر ETo روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت در زمان حداکثر تبخیر و تعرق مرجع (طول دوره ۷ روز).

مقدار ETo روزانه (mm/day)					احتمال وقوع (درصد)
روش محاسبه ETo					
P-M	P-F 24	P(1963)	F-P-M	B-C	
۷/۳	۸/۱	۷/۵	۷/۹	۸/۳	۲۵
۸/۰	۸/۷	۸/۲	۸/۷	۹/۳	۵۰
۸/۷	۹/۴	۸/۶	۹/۵	۱۰/۳	۷۵
۹/۴	۱۰/۰	۹/۱	۱۰/۳	۱۱/۲	۹۰
۹/۷	۱۰/۴	۹/۴	۱۱/۷	۱۱/۷	۹۵
۱۰/۵	۱۱/۱	۹/۹	۱۱/۶	۱۲/۷	۹۹

در جدول ۱ منظور از B-C: روش بلانی کریدل، F-P-M: روش فائو- پنمن- مانیتث، P(1963): روش پنمن ۱۹۶۳، P-F 24: روش پنمن- فائو ۲۴ و P-M: روش پنمن- مانیتث می‌باشد.

جدول ۲- مقادیر میانگین ETo روزانه (روش بلانی- کریدل) با سطوح احتمال وقوع متفاوت برای دوره‌های حداکثر نیاز آبی.

احتمال (درصد)									طول دوره (روز)
۹۹	۹۵	۹۰	۷۵	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۱	
۱۲/۷	۱۱/۷	۱۱/۲	۱۰/۳	۹/۳	۸/۳	۷/۵	۶/۹	۶/۰	۳
۱۲/۱	۱۱/۳	۱۰/۹	۱۰/۲	۹/۴	۸/۶	۷/۸	۷/۴	۶/۶	۵
۱۱/۹	۱۱/۲	۱۰/۸	۱۰/۱	۹/۴	۸/۶	۸/۰	۷/۶	۶/۸	۷
۱۱/۸	۱۱/۱	۱۰/۷	۱۰/۰	۹/۳	۸/۶	۸/۰	۷/۶	۶/۸	۱۰
۱۱/۶۰	۱۰/۹	۱۰/۵	۹/۹	۹/۲	۸/۶	۷/۹	۷/۶	۶/۹	۱۵
۱۱/۵	۱۰/۸	۱۰/۵	۹/۹	۹/۲	۸/۶	۸/۰	۷/۶	۶/۹	۲۰
۱۱/۳	۱۰/۷	۱۰/۳	۹/۸	۹/۲	۸/۶	۸/۰	۷/۷	۷/۱	۲۵
۱۱/۱	۱۰/۶	۱۰/۳	۹/۷	۹/۲	۸/۶	۸/۱	۷/۸	۷/۲	۳۰

جدول ۳- اختلاف مقادیر ET_o روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت در زمان حداکثر تبخیر و تعرق (طول دوره ۷ روزه).

اختلاف ET_o (درصد)					اختلاف ET_o (mm/day)					احتمال وقوع
روش محاسبه ET_o					روش محاسبه ET_o					
P-M	P-F 24	P(1963)	F-P-M	B-C	P-M	P-F 24	P(1963)	F-P-M	B-C	(درصد)
۱۲	۱۰	۹	۱۳	۱۱	۱/۰	۱/۰	۰/۸	۱/۲	۱/۱	۷۵ و ۹۵
۳۲	۱۹	۱۶	۲۳	۱۹	۱/۷	۱/۷	۱/۳	۲/۰	۱/۸	۵۰ و ۹۵
۱۷	۱۵	۱۳	۱۸	۱۵	۱/۳	۱/۳	۱/۰	۱/۶	۱/۴	۵۰ و ۹۰
۹	۸	۷	۱۰	۸	۰/۷	۰/۷	۰/۵	۰/۸	۰/۷	۵۰ و ۷۵
۷	۷	۵	۸	۷	۰/۶	۰/۶	۰/۵	۰/۸	۰/۷	۷۵ و ۹۰

در جدول ۳ منظور از B-C: روش بلانی کریدل، F-P-M: روش فائو- پنمن- مانیتث، P(1963): روش پنمن ۱۹۶۳، P-24: روش پنمن- فائو ۲۴ و P-M: روش پنمن- مانیتث می باشد.

جدول ۴- اختلاف مقادیر ET_c (گیاه گندم) روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت در زمان حداکثر تبخیر و تعرق (طول دوره ۷ روزه).

اختلاف ET_c (درصد)					اختلاف ET_c (mm/day)					احتمال وقوع
روش محاسبه ET_c					روش محاسبه ET_c					
P-M	P-F 24	P(1963)	F-P-M	B-C	P-M	P-F 24	P(1963)	F-P-M	B-C	(درصد)
۱۸	۱۷	۲۲	۱۳	۱۵	۱/۵	۱/۷	۱/۸	۱/۲	۱/۵	۷۵ و ۹۵
۳۶	۳۳	۴۵	۲۳	۲۹	۲/۵	۲/۸	۳/۱	۱/۹	۲/۵	۵۰ و ۹۵
۲۸	۲۶	۳۵	۱۸	۲۲	۲	۲/۲	۲/۴	۱/۵	۱/۹	۵۰ و ۹۰
۱۵	۱۴	۱۸	۱۰	۱۲	۱	۱/۲	۱/۳	۰/۸	۱	۵۰ و ۷۵
۱۱	۱۱	۱۴	۸	۹	۰/۹	۱	۱/۲	۰/۷	۰/۹	۷۵ و ۹۰

در جدول ۴ منظور از B-C: روش بلانی و کریدل، F-P-M: روش فائو- پنمن- مانیتث، P(1963): روش پنمن ۱۹۶۳، P-F 24: روش پنمن- فائو ۲۴ و P-M: روش پنمن- مانیتث می باشد.

مقادیر اختلاف میانگین نیاز آبی گیاه در سطوح احتمال وقوع های مختلف برای یک روش خاص به خوبی نمایانگر تفاوت ظرفیت سیستم جهت تأمین آب می باشد. برای مثال در صورتی که طراحی سیستم آبیاری بر اساس میانگین ET_o با روش بلانی- کریدل و فائو- پنمن- مانیتث

صورت پذیرد (احتمال وقوع ۵۰ درصد)، ظرفیت سیستم جهت تأمین آب به ترتیب حدود ۸ و ۱۲ درصد کمتر از حالتی خواهد بود که احتمال وقوع ۷۵ درصد اعمال شده است که این مقدار برای مقادیر ETC به ۱۲ و ۱۰ درصد افزایش می‌یابد. همچنین در صورتی که از روش پنمن-مانتیش استفاده شود این اختلاف برای مقادیر ETO برابر ۹ درصد خواهد بود. در حالی که طبق بررسی‌های نیکبخت و میرلطیفی (۲۰۰۲) در منطقه مهرآباد تهران این مقدار برابر ۱۱ درصد به دست آمد. از طرفی مقدار میانگین ETC روزانه گندم در سطح احتمال ۷۵ درصد (طول دوره ۱۰ روزه) در منطقه مورد مطالعه ۹ میلی‌متر بر روز بوده که این مقدار طبق بررسی‌های نیکبخت و همکاران (۲۰۰۷) در منطقه مراغه حدود ۳ میلی‌متر بر روز کمتر است. بنابراین اقلیم منطقه و در نتیجه روش محاسبه ETO (به جهت تأثیر متفاوت مؤلفه‌های هواشناسی) و تفاوت مقدار ETO، در سطوح مختلف احتمال تأثیر می‌گذارد. با توجه با این نکته که شرایط اقلیمی هر منطقه بر روی برآورد صحیح تبخیر و تعرق تأثیر دارد و به کارگیری این پارامتر (ETO) در طراحی‌های مهندسی می‌تواند از بروز تنش آبی در گیاه تحت آبیاری یا از تلف شدن آب توسط سیستم آبیاری جلوگیری به عمل آورد و از سوی دیگر می‌توان از نتایج این پژوهش برای سایر نقاط استان همدان که دارای شرایط اقلیمی مشابهی هستند استفاده نمود. با توجه به این نکته که طراحی سیستم‌های آبیاری براساس تبخیر و تعرق مرجع گیاه در زمان حداکثر تبخیر و تعرق مرجع صورت می‌پذیرد، اقدام به استخراج تاریخ شروع و خاتمه زمان حداکثر تبخیر و تعرق با طول دوره‌های مختلف نمودیم. تاریخ‌های وقوع دوره‌های حداکثر تبخیر و تعرق مرجع با طول دوره‌های مختلف در جدول ۵ نشان داده شده است. نکته مهم این است که با توجه به تاریخ‌های نوشته شده در این جدول در هیچ‌یک از دوره‌های حداکثر نیاز آبی، کلیه روزهای دوره به‌طور الزامی در محدوده یک ماه خاص نبوده و امکان دارد برخی از روزهای آن در یک ماه و بقیه روزهای آن در ماه دیگر رخ دهد (نیکبخت و همکاران، ۲۰۰۷).

جدول ۵- تاریخ‌های وقوع دوره‌های حداکثر ETo (۵ روش مورد مطالعه) با طول دوره‌های مختلف در ایستگاه همدان.

طول دوره (روز)	روز شروع دوره (روز/ ماه)					روز خاتمه دوره (روز/ ماه)				
	روش محاسبه ETo					روش محاسبه ETo				
	P-M	P-F 24	P(1963)	F-P-M	B-C	P-M	P-F 24	P(1963)	F-P-M	B-C
۱	۳۰	۱۲	۱۹	۱۰	۱۵	۳۰	۱۲	۱۹	۱۰	۱۵
۳	۱۶	۱۶	۲۰	۱	۱۶	۱۴	۱۴	۱۸	۳۰	۱۴
۵	۱۸	۱۹	۲۲	۱۱ اوت	۱۹	۱۴	۱۵	۱۸	۷	۱۵
۷	۲۰	۱۹	۲۰	۱۹	۲۰	۱۴	۱۳	۱۴	۱۳	۱۴
۱۰	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳
۱۵	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۸	۹	۹	۹	۹	۱۴
۲۰	۳۱	۳۰	۳۱	۱	۳۱	۱۲	۳۰	۱۲	۱۳	۱۲
۲۵	۲	۲۳	۳۱	۳	۳۱	۹	۲۹	۷	۱۰	۷
۳۰	۱	۲۸	۳۱	۱۰ اوت	۳۱	۳	۱	۲	۱۲	۲

در جدول ۵ منظور از B-C: روش بلانی کرایدل، F-P-M: روش فائو- پنمن- مانیتث، P(1963): روش پنمن ۱۹۶۳، P-F 24: روش پنمن- فائو ۲۴ و P-M: روش پنمن- مانیتث می‌باشد.

تجزیه و تحلیل مقادیر میانگین ETo روزانه با سطوح احتمالاتی مختلف برای دوره‌های حداکثر نیاز آبی دوره‌های ۵ و ۱۰ روزه حداکثر نیاز آبی برای نشان دادن روند تغییرات ETo روزانه با احتمالات مختلف در ۵ روش مورد مطالعه انتخاب شده است. مطابق جدول ۶، برای سطوح احتمالاتی بیشتر از ۵۰ درصد با افزایش دوره آبیاری مقدار میانگین ETo روزانه کاهش می‌یابد و این به دلیل

مجید حیدری و همکاران

استفاده از متوسط‌گیری حسابی می‌باشد. مطابق این جدول برای یک دوره آبیاری خاص با افزایش احتمال، میزان ETo روزانه افزایش می‌یابد. تجزیه و تحلیل مقادیر تبخیر و تعرق گیاه گندم (جدول ۷) نیز نتایج بالا را تأیید می‌نماید.

جدول ۶- مقادیر میانگین ETo روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت برای دوره‌های ۵ و ۱۰ روزه.

طول دوره (۱۰ روزه)					طول دوره (۵ روزه)					سطح	
روش محاسبه ETo					روش محاسبه ETo					احتمال	
وقوع	P-M	P-F 24	P(1963)	F-P-M	B-C	P-M	P-F 24	P(1963)	F-P-M	B-C	(درصد)
۵۰	۸/۰	۸/۸	۸/۱	۸/۷	۹/۳	۷/۹	۸/۸	۸/۱	۸/۲	۹/۴	۵۰
۷۵	۸/۷	۹/۴	۸/۶	۹/۵	۱۰/۰	۸/۷	۹/۵	۸/۸	۹/۲	۱۰/۲	۷۵
۹۰	۹/۳	۹/۹	۹/۰	۱۰/۲	۱۰/۷	۹/۴	۱۰/۲	۹/۳	۱۰/۲	۱۰/۹	۹۰
۹۵	۹/۷	۱۰/۳	۹/۳	۱۰/۶	۱۱/۱	۹/۹	۱۰/۶	۹/۷	۱۰/۷	۱۱/۳	۹۵
۹۹	۱۰/۴	۱۰/۹	۹/۸	۱۱/۴	۱۱/۸	۱۰/۷	۱۱/۳	۱۰/۳	۱۱/۸	۱۲/۱	۹۹

جدول ۷- مقادیر میانگین ETC (گیاه گندم) روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت برای دوره‌های ۷ و ۱۰ روزه.

طول دوره (۱۰ روزه)					طول دوره (۷ روزه)					سطح	
روش محاسبه ETC					روش محاسبه ETC					احتمال	
وقوع	P-M	P-F 24	P(1963)	F-P-M	B-C	P-M	P-F 24	P(1963)	F-P-M	B-C	(درصد)
۵۰	۷/۱	۸/۵	۷/۲	۸/۴	۹/۲	۸	۷/۹	۷	۸/۴	۸/۶	۵۰
۷۵	۸/۲	۹/۷	۸/۳	۹/۲	۱۰/۱	۸/۹	۹/۵	۸/۲	۹/۲	۹/۷	۷۵
۹۰	۹/۱	۱۰/۷	۹/۳	۹/۸	۱۰/۹	۹/۷	۱۱	۹/۴	۹/۹	۱۰/۶	۹۰
۹۵	۹/۶	۱۱/۴	۹/۹	۱۰/۲	۱۱/۳	۱۰/۱	۱۱/۸	۱۰/۱	۱۰/۳	۱۱/۱	۹۵
۹۹	۱۰/۷	۱۲/۵	۱۱	۱۰/۹	۱۲/۲	۱۱	۱۳/۴	۱۱/۱۴	۱۱/۱	۱۲/۱	۹۹

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تعدد روش‌های محاسباتی ETo، امکان مقایسه نتایج را در هر یک از روش‌ها فراهم می‌آورد. همچنین مقادیر نیاز آبی گیاه در سطوح احتمال مختلف به زارع امکان انتخاب گزینه مناسب با دور آبیاری مورد نظر، با توجه به ریسک پذیرفته شده را می‌دهد. طبیعی است که با افزایش سطح احتمال

دامنه ریسک کاهش و آب مورد نیاز جهت آبیاری افزایش می‌یابد. همچنین نتایج به‌دست آمده از منحنی‌های استخراج شده نشان داد در صورتی که طراحی سیستم آبیاری بر اساس میانگین ETC گندم (طول دوره ۷ روزه) در احتمال وقوع ۵۰ درصد با روش بلانی-کریدل، فائو-پنمن-مانتیث، پنمن (۱۹۶۳)، پنمن-فائو-۲۴ و پنمن-مانتیث صورت پذیرد ظرفیت سیستم جهت تأمین آب به‌ترتیب برای روش‌های مختلف حدود ۱۲، ۱۰، ۱۸، ۱۴ و ۱۵ درصد کمتر از حالتی خواهد بود که احتمال وقوع ۷۵ درصد اعمال شده است. با توجه به متفاوت بودن نتایج چنین تحقیقاتی در اقلیم‌ها و گیاهان مختلف، انجام چنین بررسی‌هایی در مناطق مختلف کشور و همچنین بر روی گیاهان مختلف توصیه می‌شود.

منابع

1. Alizadeh, A. 2004a. Irrigation Systems Design. 5th Edition (revised). Astan Ghods Razavi. Press, 583p. (In Persian)
2. Alizadeh, A. 2004b. Applied Hydrology. 16th Edition (revised). Astan Ghods Razavi. Press, (In Persian)
3. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, L., and Smith, M. 1998. Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, Rome, Italy.
4. Allen, R.G. 2000. Manual REF-ET Version Windows 2.0 Available online at www.kimberly.idaho.edu
5. Blaney, H.F., and Criddle, W.D. 1950. Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. Technical Paper no. 95, US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington. DC.
6. Cuenca, R.H. 1989. Irrigation System Design: An Engineering Approach. Englewood Cliffs, Press New Jersey, Prentice-Hall. 552p.
7. Devore, J., and Peck, R. 1986. Statistics, The exploration and analysis of data. St. Paul, Minnesota, West Press. Company. Pp: 626-641.
8. Doorenbos, J., and Pruitt. 1975, 1977. Guidelines for predicting crop water requirement, Irrigation and drainage paper 24 (Second Edition), Food and Agriculture organization of the united nations, Rome, Pp: 156-179.
9. Jensen, M.E., Burman, R.D., and Allen, R.G. 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirement. ASCE Manual, USA, 70: 332p.
10. Kar, G., and Vera, H.N. 2005. Climatic water balance, probable rainfall, rice crop water requirements and cold periods in AER 12.0 in India. Agricultural Water Management, 72:15-32.
11. Kouchakzadeh, M., and Bahmani, A. 2005. Assessment of artificial neural networks revenue in reducing required parameters for estimation of reference evapotranspiration. J. Agri. Sci. Islamic Azad University. 4: 87-97. (In Persian)

12. Monteith, J.L. 1965. Evaporation and environment, the state and movement of water in living organisms, XIXth symposium, Cambridge University Press, Swansea.
13. Naseri, A.A., Mohseni Movahed, A., Kashkooli, H.A., Ehsani, M.R., and Zare Abyaneh, H. 1999. Evaluation of different estimation ETo methods in Hamedan. *J. Agri. Res.*, 1:39-47.
14. Nikbakht, J., Mohammadi, K., and Ehteshami, M. 2007. Estimation of crop evapotranspiration in different probability levels: Case study in Maragheh, East Azerbaijan. *J. Agri. Sci. Islamic Azad University*. 1: 95-105. (In Persian)
15. Nikbakht, J., and Mirlatifi, S.M. 2002. Effect of ETo computing method, probability level and length of pick water requirement period on daily reference evapotranspiration. *J. Water and Soil Sci.* 16:2. 89-230. (In Persian)
16. Nixon, P.R., Lawless, G.P., and Richardson, G.V. 1972. Coastal California evapotranspiration frequencies. *Proceeding of the American Society of Civil Engineers, J. the Irrig. and Drain. Division*, 98:185-191.
17. Penman, H.L. 1963. *Vegetations and Hydrology*. Tech. Comm. No. 53, Commonwealth Burea of Soils, Harpenden, England, 125p.
18. Pruitt, W.O., Von Oettigen, S., and Morgan, D.L. 1972. Coastal California evapotranspiration frequencies. *Proceeding of the American Society of Civil Engineers, J. the Irrig. and Drain. Division*, 98: 177-84.
19. Revenga, C. 2000. Will there be enough water?, Available online at www.genie.uohawa.ca/nfrentte/cvg4122/content.html.
20. Rezaei, A.M. 2000. *Concepts of Statistics and Information (Revised)*, the First Edition, Mashhad Publication, Mashhad, 188p. (In Persian)
21. Shahabifar, M., Kouchakzadeh, M., Mohammadzadeh, M., and Mirlatifi, S.M. 2004. Determination of sugar beet water requirement in Tehran province using Geo-statistics methods. *J. Scientific Information Database (SID)*. 20:2.133-147. (In Persian)
22. Sharifan, H. 2007. Evaluation of maximum water requirement in the different return period. *Iranian J. the Irrig. and Drain.* 1:2. 87-93. (In Persian)
23. Wright, J.L., and Jensen, M.E. 1972. Peak Water requirements in Southern Idaho. *Proceeding of the American Society of Civil Engineers, J. Irrig. and Drain. Division*, 98: 193-201.
24. Yoo, S.H., Choi, J.Y., and Jang, M.W. 2008. Estimation of design water requirement using FAO Penman-Monteith and optimal probability distribution function in South Korea. *Agri. Water Manag.*, 95:845-85.
25. Zare Abyaneh, H., Ghasemi, A., and Ahmadi, M. 2007. Comparison of estimated evapotranspiration values using different ETo methods with lysimeter data in Hamedan, Ninth Conference on Irrigation and Lowering Evaporation, Kerman. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 16(3), 2009
www.gau.ac.ir/journals

Investigation of impact of plant water requirement calculation method, length of maximum water requirement period and probability level on optimal estimation of crop water requirement (Case Study: Hamedan)

**M. Heydari¹, S. Marofi², *A.A. Sabziparvar²,
S.Sh. Mirmasoudi³ and F. Ghiyami³**

¹Assistant Prof. Dept. of Watershed and Irrigation, Bu-Ali Sina University, Hamedan,

²Associate Prof., Dept. of Watershed and Irrigation, Bu-Ali Sina University, Hamedan,

³M.Sc. students, Dept. of Watershed and Irrigation, Bu-Ali Sina University, Hamedan

Abstract

The recent researches indicate that irrigating with mean values of crop reference evapotranspiration (ET₀) level will only provide about 50% of plant water demand. In such cases, irrigation level may not provide optimum water for plant and plant may face with water stress or water excess. With respect to the impact of ET₀ estimation methods, irrigation schedule period, and optimal probability level on plant water requirement, accurate evaluation of each case seems necessary to be studied. Using climatologies (1977-2006) of daily meteorological data, the daily ET₀ is estimated by means of five commonly used evapotranspiration methods (Blaney-Criddle, Penman, Penman-FAO24, Penman-Montieth and Penman-Montieth FAO-56). To evaluate the influence of each ET₀ models on actual plant water requirement, the daily evapotranspiration values were determined for wheat (ET_c) during the period of study (1977-2006). The dates of starting and ending of maximum water requirement (MWR) were determined by means of moving average approach. Using the extracted dates, mean daily ET₀ values were plotted for different periods from one day to 30-days of MWR and different probability levels. The results indicated that if we apply the mean daily ET_c values in designing irrigation systems (7-day period), at 50% probability level and Blaney-Criddle, Penman-Montieth FAO-56, Penman, Penman-FAO24 and Penman-Montieth ET₀ methods, the water capacity of irrigation system will respectively be 12%, 10%, 18%, 14%, and 15% less than the corresponding values of 75% probability level. The statistical analysis of daily (ET_c) data also showed that by increasing the MWR period, the estimated mean daily evapotranspiration would decrease. In addition, for a specific period, using higher probability level causes more crop water requirement values.

Keywords: Reference evapotranspiration, Moving average, Probability level, Maximum water requirement period, Wheat

* Corresponding Author; Email: swsabzi@basu.ac.ir