Archive of SID

تأثیر روش محاسبه ETo ، احتمال وقوع و طول دوره حداکثر مصرف آب بر تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع

جعفر نیکبخت و سیدمجید میرلطیفی[1*]

چکیده

در این تحقیق منحنی‌های توزیع تبخیر-تعرق مرجع (ET_0) روزانه در سطوح احتمال وقوع متفاوت برای منطقه تهران به صورت روزانه برای مدت ۳۰ سال استخراج گردید. با استفاده از منحنی‌های استخراج شده اختلاف مقادیر ET_0 روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت (۵۰٪ ، ۷۵٪، ۹۰٪ و ...) محاسبه گردید. در صورت استفاده از روش پنمن ـ مانتیث برای محاسبه ET_0 حداکثر ET_0 روزانه با سطح احتمال وقوع ۵۰ و ۷۵ درصد به ترتیب ۷/۵ و ۸/۳ میلیمتر در روز برآورد گردید. مقادیر مذکور با یکدیگر ۱۱ درصد اختلاف دارند. جهت بررسی اثر فاکتورهای اقلیمی و روش محاسبه ET_0 بر اختلاف مقادیر ET_0 در سطوح احتمال وقوع متفاوت، علاوه بر روش پنمن ـ مانتیث (P-M)، ET_0 روزانه با استفاده از دو روش دیگر هارگریوز ـ سامانی (H-S) و پنمن ـ رایت (P-W) نیز محاسبه شد. مقادیر حداکثر ET_0 روزانه با سطح احتمال وقوع ۵۰٪ بر اساس روش‌های هارگریوز- سامانی، پنمن ـ رایت و پنمن ـ مانتیث به ترتیب ۶/۶ و ۸/۴ و ۷/۵ میلیمتر در روز بدست آمد. اختلاف ET_0 روزانه برآورد شده در سطوح احتمال وقوع ۵۰٪ و ۷۵٪ با روشهای هارگریوزـ سامانی، پنمن ـ رایت و پنمن ـ مانتیث به ترتیب ۶، ۱۰ و ۱۱ درصد بدست آمد که بیانگر تأثیر متفاوت هر یک از فاکتورهای اقلیمی و روش محاسبه بر تبخیر-تعرق مرجع می‌باشد. همچنین اثر طول دوره اوج مصرف آب، که بر اساس آن میانگین حداکثر ET_0 روزانه محاسبه می‌شود، بر مقدار میانگین حداکثر ET_0 روزانه مورد بررسی قرار گرفت. زمان وقوع دوره ۳ روزه حداکثر تبخیر-تعرق مرجع برای روشهای هارگریوزـ سامانی، از ۱۲ الی ۱۴ ژولای، پنمن ـ رایت از ۲۱ تا ۲۳ ژوئن و برای پنمن ـ مانتیث از ۲۳ تا ۲۵ ژوئن بدست آمد. میانگین ET_0 روزانه به صورت میانگین ET_0 در دوره‌های ۳ روزه، ۵ روزه... و ۳۰ روزه در زمان حداکثر تبخیر-تعرق مرجع محاسبه شد. نتایج بدست آمده دلالت بر این نکته دارد که در صورتیکه طول دوره میانگین یابی ET_0 روزانه از ۲۰ روز بیشتر در نظر گرفته شود, مقدار میانگین ET_0 روزانه محاسبه شده تغییری نخواهد کرد. میانگین ET_0 روزانه با سطح احتمال وقوع ۷۵٪ برای دوره ۳ روزه حداکثر تبخیر-تعرق مرجع، با روشهای هارگریوزـ سامانی، پنمن ـ رایت و پنمن ـ مانتیث به ترتیب ۷/۱، ۹/۵ و ۸/۵ میلیمتر در روز بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر، تعرق پتانسیل گیاه مرجع، فراوانی توزیع تبخیر-تعرق، احتمال وقوع تبخیر-تعرق

---

[1] به ترتیب دانشجوی دوره دکتری آبیاری و زهکشی و استادیار گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه تربیت مدرس

* وصول: ۷۹/۱۱/۲۴ و تصویب: ۸۱/۱۱/۲۴

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

با افزایش جمعیت و نیاز شدید به تأمین مواد غذایی و محدودیت اراضی قابل کشت و منابع آب قابل دسترس برای آبیاری، ضرورت تبدیل سیستم‌های آبیاری سنتی به سیستم‌های نوین آبیاری که عموماً دارای راندمان آبیاری مطلوبتری می‌باشند، غیر قابل انکار می‌باشد. پایه و اساس طراحی ظرفیت سیستم‌های آبیاری، تبخیر-تعرق می‌باشد. نیاز شدید و مداوم به داده‌های تبخیر-تعرق موجب ابداع روشهای متعددی برای برآورد آن شده است. انتخاب یک روش برآورد تبخیر-تعرق مناسب با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، موجب برآورد مقدار دقیق و صحیح تبخیر-تعرق در آن منطقه می‌گردد. این امر موجب جلوگیری از به وجود آمدن تنش آبی در گیاه تحت آبیاری و یا تلف شدن آب می‌گردد.

اگر در طراحی سیستم‌های آبیاری از میانگین مقادیر ET_0، که بر اساس یک دوره چند ساله داده‌های هواشناسی برآورد گردیده استفاده شود، احتمال وقوع ET_0 استفاده شده ۵۰٪ خواهد بود. در صورتی که یک سیستم آبیاری بر این اساس طراحی شود، در یک دوره ۱۰۰ ساله تنها می‌تواند نیاز آبی مزرعه را در ۵۰ سال تأمین نماید و در ۵۰ سال دیگر نیاز آبی مزرعه بیش از توانائی سیستم برای تأمین آب خواهد بود. البته توصیه شده است که برای طراحی ظرفیت سیستم های آبیاری, ET_0 با احتمال وقوع ۷۵ درصد استفاده گردد (علیزاده، ۱۳۷۲).

طول دوره‌هائیکه برای محاسبه میانگین ET_0 روزانه استفاده می‌شود، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر مقادیر میانگین ET_0 روزانه محاسبه شده خواهد داشت. عموماً مقدار میانگین ET_0 روزانه بصورت دوره‌های زمانی روزانه، ۱۰ روزه و یا ماهانه محاسبه می‌شود. با افزایش طول دوره محاسبه میانگین ET_0، مقدار میانگین ET_0 روزانه در یک دوره در مقایسه با مقدار حداکثر ET_0 روزانه مشاهده شده در همان دوره کمتر می‌گردد (Cvenca، ۱۹۸۹؛ Nixon و همکاران، ۱۹۷۲؛ Pruitt و همکاران، ۱۹۷۲؛ Jensen و Wright، ۱۹۷۲).

Pruitt و همکاران (۱۹۷۲)، برای منطقه Central California با استفاده از مقادیر تبخیر-تعرق روزانه ثبت شده از لایسیمتر وزنی بین سالهای ۱۹۵۹ تا ۱۹۶۹ و Nixon و همکاران (۱۹۷۲)، برای منطقه Coastal California با استفاده از مقادیر ET_0های روزانه بدست آمده از داده‌های لایسیمتر وزنی-هیدرولیکی که بین سالهای ۱۹۶۵ تا ۱۹۷۰ ثبت شده بود، منحنی‌های توزیع ET_0 روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت را استخراج کردند (جدول ۱). Wright و همکاران (۱۹۷۲) ET_0 روزانه را در منطقه Kimberly واقع در جنوب ایالت آیداهو امریکا با استفاده از معادله پنمن بر اساس داده‌های هواشناسی سالهای ۱۹۶۵ تا ۱۹۶۹ برآورد نموده و سپس منحنی‌های توزیع ET_0 روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت را استخراج نمودند (جدول ۱). مقادیر جدول ۱ بر اساس منحنی‌های استخراجی برای مناطق فوق‌الذکر تنظیم گردیده است. خلاصه نتایج تحقیقات مذکور (جدول ۱) مؤید این نکته است که سطح احتمال وقوع تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر مقدار ET_0 دارد.

کاربرد منحنی‌های توزیع ET_0 روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت در طراحی سیستم‌های آبیاری می‌باشد. Jensen و همکاران (۱۹۹۰)، مواردی را که می‌بایستی در طراحی سیستم‌های آبیاری در نظر گرفته شود این چنین گزارش نمودند: "تبخیر-تعرق مورد انتظار در یک سطح احتمال وقوع معین در زمان حداکثر نیاز آبی (ETp)p[1] ضریب گیاهی در طی دوره فصل کشت و حداکثر مصرف آب (Kc)، طول دوره حداکثر مصرف آب، ظرفیت ذخیره آب قابل استفاده در خاک، حساسیت گیاه به کمبودهای آب ناشی از تقاضای زیاد آب و کاهش آن در خاک، روش آبیاری و راندمان آن".

انتخاب سطح احتمال وقوع برای محاسبه ET_0، که طراحی سیستم آبیاری بر آن استوار می‌باشد، به عواملی از قبیل نوع گیاه، نوع و عمق بافت خاک مزرعه و ریسک‌پذیری زارع بستگی دارد. برای گیاهان با ارزش و حساس به تنش آبی و همچنین برای خاکهای با بافت سبک که ظرفیت نگهداری رطوبت آنها کم بوده و لهذا دوره آبیاری کوتاه می‌باشد، از ET_0 با سطح احتمال وقوع بیشتر و برای گیاهان کم ارزش و مقاوم به تنش آبی، از ET_0 با سطح احتمال وقوع کمتر استفاده به عمل می‌آید (Pruitt و همکاران، ۱۹۷۲). Jensen و همکاران (۱۹۹۰)، برای گیاهان با ارزش و یا دارای عمق توسعه ریشه کم، استفاده از منحنی‌های ET_0 با سطح احتمال وقوع ۸۰٪ یا ۹۰٪ را توصیه

[1] Peak Probability Evapotranspiration

www.SID.ir

Archive of SID

نمودند. در صورتی که یک سیستم آبیاری براساس ET_0 با سطح احتمال وقوع ۸۰٪ طراحی شود، زارع مواجه با ۲۰٪ ریسک خواهد بود. در این حالت، زارع در طول ۱۰ سال کشت و زرع، دو سال کمتر از مقدار مورد نظر محصول برداشت خواهد کرد (Cuenca، ۱۹۸۹).

تعیین زمان وقوع دوره حداکثر نیاز آبی یکی دیگر از ملزومات محاسبه میانگین ET_0 روزانه که طراحی سیستم آبیاری بر آن مبتنی است، می‌باشد. Pruitt و همکاران (۱۹۷۲) با استفاده از منحنی‌های توزیع ET_0 روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت، تاریخ دوره‌های ۱ روزه، ۳ روزه، ۵ روزه... و ۳۰ روزه را که تبخیر-تعرق مرجع در این دوره‌ها حداکثر می‌باشد، برای منطقه Central California گزارش نمودند. آنها مقدار میانگین ET_0 روزانه را برای هر یک از دوره‌های ۱ روزه، ۳ روزه، ۵ روزه... و ۳۰ روزه حداکثر تبخیر-تعرق مرجع محاسبه نمودند (جدول ۱). Nixon و همکاران (۱۹۷۲) و Wright و همکاران (۱۹۷۲) با استفاده از منحنی‌های توزیع ET_0 روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت، مبادرت به تعیین تاریخ زمان حداکثر تبخیر-تعرق مرجع با طول دوره‌های مختلف مانند ۱ روزه، ۳ روزه، ۵ روزه...و ۳۰ روزه برای مناطق Coastal California و Kimberly نمودند. جدول ۲ مقادیر میانگین ET_0 روزانه را برای دوره ۳ روزه حداکثر تبخیر-تعرق مرجع با سطوح احتمال وقوع متفاوت نشان می‌دهد.

با توجه به تأثیر احتمال وقوع و طول دوره حداکثر تبخیر-تعرق مرجع بر مقدار میانگین ET_0 روزانه، در طراحی سیستم‌های آبیاری می‌بایستی طول دوره حداکثر تبخیر-تعرق مرجع را متناسب با دوره آبیاری انتخاب نمود. در تحقیق حاضر سعی گردید براساس برآورد تبخیر-تعرق مرجع روزانه در یک دوره ۳۰ ساله با سه روش، منحنی‌های توزیع ET_0 روزانه در سطوح احتمال وقوع متفاوت ارائه شود. برای برآورد ET_0 از سه روش مختلف استفاده گردید تا تأثیر مؤلفه‌های هواشناسی و روش محاسبه ET_0 بر موضوع مورد مطالعه بررسی شود. بدین لحاظ از معادله هارگریوز- سامانی که ET_0 را تنها با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده دما و مقادیر تخمینی تشعشعات آفتاب محاسبه می‌نماید و معادلات ترکیبی پنمن - مانتیث و پنمن - رایت که تعداد بیشتری مؤلفه‌های هواشناسی در آنها لحاظ شده است استفاده شد. سپس زمان وقوع دوره حداکثر تبخیر-تعرق مرجع با طول دوره‌های مختلف تعیین گردید. مقادیر میانگین ET_0 روزانه در دوره‌های حداکثر تبخیر-تعرق مرجع جهت استفاده در طراحی سیستم‌های آبیاری محاسبه گردید.

مواد و روشها

معمولی‌ترین توزیعی که متغیرهای تصادفی (random) با آن مطابقت دارند، توزیع نرمال (normal distribution) می‌باشد (علیزاده، ١٣٧٤). بر اساس تئوریهای آماری، برای تحلیل دقیق چنین متغیرهایی حداقل نیاز به ۳۰ مقدار از یک متغیر می‌باشد (Devore و Peck، ١٩٨٦). منحنی فراوانی تبخیر-تعرق روزانه در دوره‌های زمانی طولانی دارای شکل نرمال می‌باشد (Wright و Jensen، ۱۹۷۲؛ Nixon و همکاران، ۱۹۷۲). بنابراین برای محاسبه ET_0 جهت استفاده در رسم نمودارهای ET_0 روزانه با سطوح احتمال وقوع مختلف، نیاز به حداقل ۳۰ سال آمار هواشناسی می‌باشد. از ۳۰ سال داده‌های ایستگاه هواشناسی مهرآباد (سالهای ١٩٦٦ الی ۱۹۷۸ و ۱۹۸۲ الی ۱۹۸۸) که هر سه ساعت یکبار ثبت می‌شود جهت انجام این تحقیق استفاده گردید. مقادیر روزانه داده‌ها از ۸ قرائت انجام شده در هر روز محاسبه شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ـ مقادیر ET_0 روزانه در سطوح احتمال وقوع مختلف
(Nixon و همکاران، ۱۹۷۲؛ Pruitt و همکاران، ۱۹۷۲؛ Wright و Jensen، ۱۹۷۲)

	مقادیر ET_0 با سطوح احتمال وقوع متفاوت mm/day				اختلاف (٪)			
منطقه	٪۵۰	٪۷۵	٪۹۰	٪۹۵	۵۰٪ و ۷۵ ٪	۵۰٪ و ۹۰٪	۵۰٪ و ۹۵٪	۷۵٪ و ۹۵٪
Central California	٦/٨	٧/٦	٨/١	٨/٨	١٠/٥	١٦/١	٢٢/٧	١٣/٦
Coastal California	٤/١	٤/٦	٥/٢	٥/٧	١٠/٩	٢١/٢	٢٨/١	١٩/٣
Kimberly	٨/٢	٩/٢	٩/٨	١٠/٨	١٠/٩	١٦/٣	٢٤/١	١٤/٨

جدول ۲ـ مقادیر میانگین ET روزانه برای دوره ۳ روزه حداکثر تبخیر-تعرق مرجع با سطوح احتمال وقوع مختلف
(Nixon و همکاران، ۱۹۷۲؛ Pruitt و همکاران، ۱۹۷۲؛ Wright و Jensen، ۱۹۷۲)

	مقادیر ET_0 با سطوح احتمال وقوع متفاوت mm/day				اختلاف (٪)			
منطقه	٪۵۰	٪۷۵	٪۹۰	٪۹۵	۵۰٪ و ۷۵ ٪	۵۰٪ و ۹۰٪	۵۰٪ و ۹۵٪	۷۵٪ و ۹۵٪
Central California	٦/١	٦/٦	٧/٦	٨/١	٧/٦	١٩/٧	٢٤/٧	١٨/٥
Coastal California	٤/١	٤/٦	٥/١	٥/٣	١٠/٦	١٩/٦	٢٢/٦	١٣/٢
Kimberly	٨/٢	٨/٨	٩/٢	٩/٤	٦/٨	١٠/٩	١٢/٨	٦/٤

برای استخراج منحنی‌های توزیع ET_0 روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت، لازم است که ابتدا ET_0 روزانه با استفاده از داده‌های هواشناسی محاسبه گردد. مقادیر ET_0 روزانه با استفاده از روشهای پنمن ـ مانتیث P-M (Allen و همکاران، ۱۹۹۸) پنمن ـ رایت P-W (Jensen و همکاران، ۱۹۹۰) و هارگریوز –سامانی H-S، (Samani – Hargeaves، ۱۹۸۵) محاسبه گردید. بعد از محاسبه ET_0 روزانه، داده‌های ET_0 روزانه مربوط به هر روز ژولینوسی (Julian day) برای ۳۰ سال دوره آماری مورد استفاده در این تحقیق از بقیه روزها تفکیک گردید. در این حالت برای هر روز ژولینوسی ۳۰ عدد وجود خواهد داشت. برای محاسبه مقدار متغیر تصادفی با احتمال وقوع مورد نظر از رابطه (۱) استفاده گردید.

$$x = \overline{x} + k.S \qquad (1)$$

در رابطه (۱)، x : مقدار متغیرتصادفی با احتمال وقوع مورد نظر، $\overline{x}$: میانگین نمونه، S : انحراف معیار نمونه، k : ضریب فراوانی می‌باشد. مقدار k به احتمال وقوع متغیر بستگی دارد و در جداول آماری مربوط به توزیع نرمال موجود می‌باشد (علیزاده، ۱۳۷٤).

برای هر روز ژولینوسی مقادیر $\overline{x}$ ، S و مقادیر ET_0 محاسبه گردید. با استفاده از رابطه (۱)، مقادیر ET_0 برای کلیه روزهای سال در سطوح احتمال وقوع ۱٪، ۵٪، ۱۰٪، ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪، ۹۰٪، ۹۵٪ و ۹۹٪ برآورد گردید. با استفاده از ارقام حاصله، نمودار مقادیر ET_0 روزانه با سطح احتمال وقوعهای متفاوت در مقابل روز از سال رسم گردید. شکل ۱ نمودار حاصل برای روش P-M را در دو سطح احتمال وقوع ۵۰٪ و ۷۵٪ (به عنوان نمونه) نشان می‌دهد. نمودارهای مشابه شکل ۱ برای روش‌های P-W و H-S استخراج گردید. شکل ۲ نمودار مقادیر ET_0 روزانه با سطح احتمال وقوعهای متفاوت در مقابل روز از سال (شکل ۱) را که بر آنها بهترین منحنی (چند جمله‌ای با درجه ٦)، برازش داده شده است، نشان می‌دهد. جهت بررسی تأثیر طول دوره محاسبه میانگین ET_0 روزانه بر مقدار ET_0 محاسبه شده، لازم است ابتدا تاریخ وقوع دوره‌های حداکثر تبخیر-تعرق مرجع برای کلیه دوره های مورد نظر با طول دوره‌های مختلف (مانند ۱, ۳, ... ۳۰ روزه) تعیین گردد. برای تعیین تاریخ وقوع هر یک از دوره‌های حداکثر تبخیر-تعرق مرجع با طول دوره‌های مختلف از مقادیر ET_0 روزانه با سطح احتمال وقوع ۹۹٪، که روش تعیین آن قبلاً ذکر گردید، استفاده شد. برای تعیین تاریخ وقوع دوره‌های حداکثر تبخیر-تعرق مرجع، مقادیر میانگینهای متحرک (Moving Average) ET_0 روزانه برای دوره‌های ۱ روزه، ۳ روزه، ۵ روزه، ۷ روزه، ۱۰ روزه، ۱۵ روزه، ۲۰ روزه و ۳۰ روزه با استفاده از مقادیر ET_0 روزانه با سطح احتمال وقوع ۹۹٪ برای ۳٦۵

www.SID.ir

Archive of SID

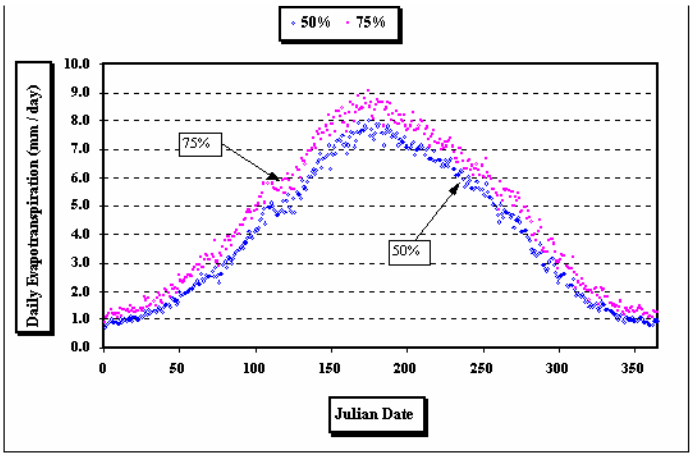
روز سال محاسبه شد. مقادیر میانگین‌های متحرک محاسبه شده برای دوره‌های فوق به ترتیب نزولی مرتب گردید. با توجه به مقدار ماکزیمم میانگین متحرک برای هر یک از طول دوره‌ها (۱ روزه، ۳ روزه،... و ۳۰ روزه)، روز شروع و خاتمه دوره حداکثر تبخیر-تعرق مرجع برای هر یک از طول دوره میانگین‌یابی مشخص گردید. سپس مقدار میانگین ET_0 روزانه برای هر یک از دوره‌های حداکثر تبخیر-تعرق مرجع با طول دوره‌های مختلف که روز شروع و روز خاتمه آن در مرحله قبل مشخص شده بود، برای هر سال از ۳۰ سال آمار مورد استفاده محاسبه گردید. بنابراین برای هر یک از دوره‌های حداکثر تبخیر-تعرق مرجع با طول دوره‌های مختلف، ۳۰ مقدار میانگین ET_0 روزانه، که هر یک از آنها متعلق به یک سال بود، بدست آمد. با استفاده از رابطه (۱) مقادیر میانگین ET_0 روزانه با سطوح احتمال وقوع ۱٪، ۵٪، ۱۰٪، ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪، ۹۰٪، ۹۵٪ و ۹۹٪ برای هر یک از طول دوره‌های (۱، ۳، ۵، ... و ۳۰ روزه) حداکثر تبخیر-تعرق مرجع محاسبه گردید. نمودار میانگین ET_0 روزانه برای دوره‌های یک الی ۳۰ روزه حداکثر تبخیر-تعرق مرجع با سطوح احتمال وقوع متفاوت بر اساس روش P-M در شکل ۳ نشان داده شده است.

نمودارهای مشابه شکل ۳ برای روش‌های P-W و H-S نیز استخراج گردید.

نتایج و بحث

جدول ۳ مقادیر ET_0 روزانه با سطح احتمال وقوع متفاوت را نشان می‌دهد. مقادیر جدول ۳ با استفاده از نمودارهای استخراج شده برای روش‌های P-M، P-W و H-S بدست آمده است.

با توجه به جدول ۳، افزایش سطح احتمال وقوع تأثیر زیادی بر مقادیر ET_0 روزانه دارد. با افزایش سطح احتمال وقوع مقدار تبخیر-تعرق افزایش پیدا می‌کند. جدول ٤ بر اساس نتایج مندرج در جدول ۳، جهت مشخص نمودن میزان تفاوت در مقادیر ET_0 روزانه در سطوح احتمال وقوع متفاوت تنظیم گشته است. مقادیر ET_0 به روش P-W همواره از P-M بیشتر بدست آمد، لیکن برآوردهای روش H-S همواره در حد قابل توجهی از دو روش دیگر کمتر است. علت برآورد کمتر معادله H-S می‌تواند نوع پوشش غیر گیاهی اطراف ایستگاه مهرآباد باشد که سبب می‌شود از رطوبت هوا کاسته شده و مقدار



شکل ۱- منحنی‌های توزیع ET_0 (P-M) روزانه در دو سطح احتمال وقوع ۵۰٪ و ۷۵٪ برای منطقه تهران

جدول ۳ـ مقادیر ET0 روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت در زمان حداکثر تبخیر-تعرق مرجع (طول دوره برابر یک روز)

سطح احتمال وقوع (٪)	مقدار ET_0 روزانه (mm/day)		
	روش محاسبه ET_0		
	P-M	P-W	H-S
۲۵	٦/۷	۷/٦	٦/۳
۵۰	۷/۵	۸/٤	٦/٦
۷۵	۸/۳	۹/۲	۷/۰
۹۰	۹/۱	۱۰/۰	۷/۳

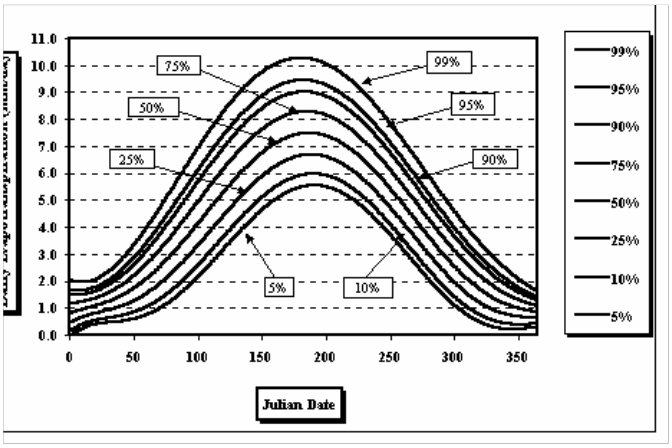
جدول ٤ـ اختلاف مقادیر ET_0 روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت در زمان حداکثر تبخیر-تعرق مرجع (طول دوره برابر یک روز)

سطح احتمال وقوع	اختلاف ET_0 (mm/day)	اختلاف ET_0(%)

www.SID.ir

Archive of SID

(%)	روش محاسبه ET_0			روش محاسبه ET_0		
	P-M	P-W	H-S	P-M	P-W	H-S
۵۰ و۷۵	۰/۸	۰/۸	۰/٤	۱۱	۱۰	٦
۵۰ و۹۰	۱/٦	۱/٦	۰/۷	۲۱	۱۹	۱۱
۵۰ و ۹۵	۲	۲	۰/۹	۲۷	۲٤	۱٤
۷۵ و ۹۰	۰/۸	۰/۸	۰/۳	۱۰	۹	٤
۷۵ و ۹۵	۱/۲	۱/۲	۰/۵	۱٤	۱۳	۷



شکل ۲- منحنی‌های توزیع ET_0 (P-M) روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت برای منطقه تهران پس از برازش بهترین منحنی بر آنها

و مقدار قابل توجهی گرمای محسوس ایجاد گردد. براساس یافته‌های Samani (۲۰۰۰) تحت شرایط گرم و خشک و وجود advection معادله H-S تبخیر-تعرق مرجع را کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌نماید. مقایسه مقدار تفاوت ET_0 در احتمال وقوعهای ۵۰٪ و ۷۵٪ (جدول ٤) مبین این واقعیت است که در صورتیکه طراحی سیستم آبیاری بر اساس میانگین جبری ET_0 با روش پنمن صورت پذیرد (احتمال وقوع ۵۰٪)، ظرفیت سیستم جهت تأمین آب حدود ۱۰ الی ۱۱ درصد کمتر از حالتی خواهد بود که احتمال وقوع ۷۵٪ اعمال شده است. البته تفاوت برآوردهای ET_0 توسط معادله H-S در سطوح احتمال ۵۰٪ و ۷۵٪ ، ٦٪ بدست آمد. بنابراین روش محاسبه ET_0 (به جهت تأثیر متفاوت مؤلفه‌های هواشناسی) بر تفاوت مقدار ET_0 در سطوح مختلف احتمال وقوع تأثیر می‌گذارد. طراحی سیستم‌های آبیاری بر اساس تبخیر-تعرق مرجع گیاه در زمان حداکثر تبخیر-تعرق مرجع صورت می‌پذیرد. جدول ۵ تاریخ شروع و خاتمه زمان حداکثر تبخیر-تعرق را در صورتیکه طول دوره حداکثر تبخیر-تعرق مرجع مختلف در نظر گرفته شود، نشان می‌دهد. نکته قابل توجه اینکه در صورتیکه طول دوره اوج مصرف آب ۳۰ روزه در نظر گرفته شود، ممکن است این دوره ۳۰ روزه منطبق بر هیچ یک از ماههای سال نباشد، بنابراین همواره می‌بایستی با عنایت به طول دوره اوج مصرف مورد نیاز اقدام به تعیین تاریخ شروع و پایان آن دوره نمود. نکته قابل توجه دیگر اینکه زمان وقوع حداکثر مصرف آب برای روش‌های ترکیبی P-W و P-M نسبتاً یکسان بدست آمد. اما برای روش H-S همواره حدود ۳ هفته بعد از دو روش ترکیبی بدست آمد. داده‌های دراز مدت دلالت بر آن دارد که زمان وقوع دمای حداکثر روزانه در طول سال در یک منطقه معمولاً حدود یک ماه بعد از زمان وقوع حداکثر شدت تشعشعات آفتاب، که تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر تبخیر-تعرق گیاهان دارد، حادث می‌شود (Rosenberg و همکاران، ۱۹۸۳). این تأخیر زمانی می‌تواند یکی از علل تفاوت زمان وقوع دوره حداکثر مصرف آب که با استفاده از روشهای ترکیبی و H-S بدست آمد باشد. براساس تاریخ دوره‌های حداکثر تبخیر-تعرق مرجع (جدول ۵)، مقادیر میانگین ET_0 روزانه برای دوره‌های مذکور در هر سال با استفاده از برآوردهای ET_0 روزانه در طول ۳۰ سال آمار موجود محاسبه گردید. جدول ٦ نشان دهنده مقادیر میانگین ET_0 روزانه برای دوره‌های ۳ و ۵ روزه حداکثر تبخیر-تعرق مرجع با سطوح احتمال وقوع متفاوت می‌باشد. جدول ۷ بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ٦ جهت مشخص نمودن میزان اختلاف در مقادیر ET_0 میانگین روزانه برای دوره ۵ روزه تنظیم گردیده است. شکل ۳ تأثیر توامان احتمال وقوع و طول دوره حداکثر

www.SID.ir

Archive of SID

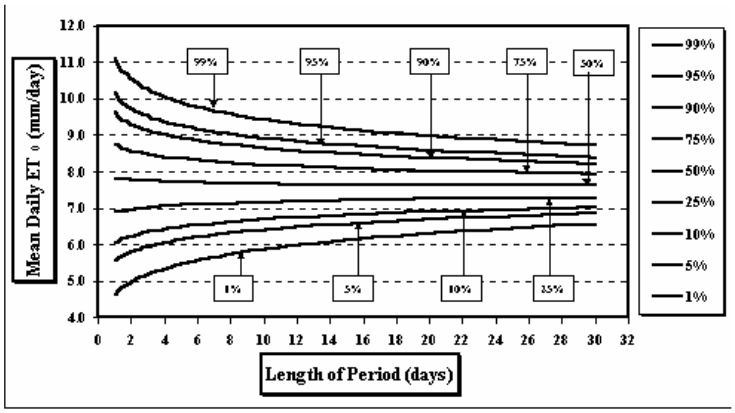
تبخیر-تعرق مرجع را بر میانگین ET_0 روزانه نشان می‌دهد.

پیشنهادها

نتایج دلالت بر تأثیر قابل توجه سطوح احتمال وقوع، طول دوره حداکثر مصرف آب و روش مورد استفاده جهت برآورد ET_0 بر مقدار میانگین ET_0 روزانه دارد. بنابراین در طراحی سیستم‌های آبیاری می‌بایستی اقدام به انتخاب سطح احتمال وقوع و طول دوره حداکثر تبخیر-تعرق مرجع بر اساس روش آبیاری, نوع خاک و گیاه مزرعه نمود. دور آبیاری متأثر از روش آبیاری مانند قطره‌ای، بارانی و سطحی می‌باشد. سپس زمان وقوع دوره حداکثر مصرف آب قابل محاسبه می‌باشد. پس از تعیین زمان اوج مصرف آب، میانگین ET_0 روزانه با سطح احتمال وقوع مورد نیاز برآورد می‌شود.

جدول ۵ـ تاریخ‌های وقوع دوره‌های حداکثر تبخیر-تعرق مرجع با طول دوره‌های مختلف

طول دوره (روز)	روز شروع دوره (روز / ماه)			روز خاتمه دوره (روز / ماه)		
	روش محاسبه ET_0			روش محاسبه ET_0		
	P-M	P-W	H-S	P-M	P-W	H-S
۱	۲۳ ژوئن	۲۳ ژوئن	۱۲ ژولای	۲۳ ژوئن	۲۳ ژوئن	۱۲ ژولای
۳	۲۳ ژوئن	۲۱ ژوئن	۱۲ ژولای	۲۵ ژوئن	۲۳ ژوئن	۱٤ ژولای
۵	۲۱ ژوئن	۲۱ ژوئن	۱۱ ژولای	۲۵ ژوئن	۲۵ ژوئن	۱۵ ژولای
۷	۱۹ ژوئن	۱۹ ژوئن	۹ ژولای	۲۵ ژوئن	۲۵ ژوئن	۱۵ ژولای
۱۰	۱٦ ژوئن	۱٦ ژوئن	٦ ژولای	۲۵ ژوئن	۲۵ ژوئن	۱۵ ژولای
۱۵	۱۱ ژوئن	۱۱ ژوئن	۲۸ ژوئن	۲۵ ژوئن	۲۵ ژوئن	۱۲ ژولای
۲۰	۱۳ ژوئن	۱۳ ژوئن	۲۸ ژوئن	۲ ژولای	۲ ژولای	۱۷ ژولای
۲۵	۱۲ ژوئن	۱۲ ژوئن	۲۲ ژوئن	٦ ژولای	٦ ژولای	۱٦ ژولای
۳۰	۳ ژوئن	۳ ژوئن	۱۷ ژوئن	۲ ژولای	۲ ژولای	۱٦ ژولای



شکل ۳- نمودار توزیع ET_0 (P-M) میانگین روزانه برای دوره‌های ۱ الی ۳۰ روزه حداکثر تبخیر-تعرق مرجع با سطوح احتمال وقوع متفاوت

جدول ٦ـ مقادیر میانگین ET_0 روزانه دوره‌های ۳ روزه و ۵ روزه با سطوح احتمال وقوع متفاوت

سطح احتمال وقوع(%)	دوره ۳ روزه			دوره ۵ روزه		
	روش محاسبه ET_0			روش محاسبه ET_0		
	P-M	P-W	H-S	P-M	P-W	H-S
۵۰	۷/۸	۸/۸	٦/۷	۷/۷	۸/۸	٦/۷
۷۵	۸/۵	۹/۵	۷/۱	۸/٤	۹/٤	۷/۱
۹۰	۹/۱	۱۰/۱	۷/٤	۸/۹	۹/۹	۷/۳
۹۵	۹/۵	۱۰/۵	۷/٦	۹/۳	۱۰/۲	۷/۵

جدول ۷ـ اختلاف مقادیر میانگین ET_0 روزانه برای دوره ۵ روزه حداکثر تبخیر-تعرق مرجع و با سطوح احتمال وقوع متفاوت

www.SID.ir

Archive of SID

سطح احتمال وقوع (%)	اختلاف ET_0 (mm/day)			اختلاف ET_0 (%)		
	روش محاسبه ET_0			روش محاسبه ET_0		
	P-M	P-W	H-S	P-M	P-W	H-S
۵۰ و۷۵	۰/۷	۰/٦	۰/٤	۹	۷	٦
۵۰ و۹۰	۱/۲	۱/۱	۰/٦	۱٦	۱۳	۹
۵۰ و ۹۵	۱/٦	۱/٤	۰/۸	۲۱	۱٦	۱۲
۷۵ و ۹۰	۰/۵	۰/۵	۰/۲	٦	۵	۳
۷۵ و ۹۵	۰/۹	۰/۸	۰/٤	۱۱	۹	٦

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همکاری سازمان هواشناسی کشور که داده‌های مورد نیاز را در اختیار قرار دادند، سپاسگزاری می‌شود.

فهرست منابع

۱. علیزاده، ا (۱۳۷۲). اصول طراحی سیستم‌های آبیاری. چاپ اول، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

۲. علیزاده، ا (۱۳۷٤). اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ پنجم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

3. Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and drainage Paper, NO. 56, Rome, Italy.
4. Cuenca, R.C. 1989. Irrigation System Design, An Engineering Approach. Prentice Hall, New Jercy, U.S.A.
5. Devore, J. and R. Peck. 1986. Statistics, The exploration and analysis of data. St. Paul, Minnesota, West Pub. Company.
6. Hargreaves, G.H. and Z.A. Samani. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Engineering in Agriculture, 1 (2): 96 – 99.
7. Jensen, M.E., R.D. Burman, and R.G. Allen. 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirement. ASCE Manual, No. 70, U.S.A.
8. Nixon, P.R., G.P. Lawless, and G.V. Richardson. 1972. Coastal California evapotranspiration frequencies. Proceeding of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Irrigation and Drainage Division, (IR2): 185-91.
9. Pruitt, W.O., S. Von Oettigen, and D.L. Morgan. 1972. Central California evapotranspiration frequencies. Proceeding of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Irrigation and Drainage Division, (IR2): 177-84.
10. Rosenberg, N.J., B.L. Blad, and S.B. Verma. 1983. Microclimate the Biological Environment. Second Edition, John Wiley & Sons, New York, U.S.A.
11. Samani, Z. 2000. Estimating solar radiation and evapotranspiration using minimum climatological data. Journal of the Irrigation and Drainage Engineering, 126(4): 265-67.
12. Wright, J.L. and M.E. Jensen. 1972. Peak Water requirements in Southern Idaho. Proceeding of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Irrigation and Drainage Division, 98(IR2): 193-201.

www.SID.ir

Archive of SID

Effects of ET_0 Computing Method, Probability Level, and Length of Peak Water Requirement Period on Daily Reference Evapotranspiration

J. Nikbakht and S. M. MirLatifi[1]

Abstract

The frequency distribution of estimated daily reference evapotranspiration (ET_0) is provided from 30 years of daily climatological data collected at Mehrabad Airport weather station. Due to random nature of climatic factors changes in long- terms, ET_0 was estimated by three methods of Hargreaves-Samani (H-S), Penman-Wright (P-W), and Penman-Monteith (P-M). To quantify the effects of the length of averaging periods on ET_0, average daily ET_0 was computed during peak-periods for averaging periods of 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, and 30-days. The peak daily ET_0 at 50% probability level was found to be 6.6, 8.4, and 7.5 mm/day by H-S, P-W, and P-M methods, respectively. With the same order, differences in ET_0 values at 50% and 75% probability levels were 6%, 10% and 11%. The differences between ET_0 values obtained at various levels of probabilities by H-S method were less than corresponding differences by the other two combination methods. Results indicate that averaging periods longer than 20-days do not have any effect on the value of ET_0 during peak water requirement periods. However, increasing the averaging period from 1 to 20-days would result in the reduction of ET_0 at probability levels exceeding 50%. Therefore, in the design of the capacity of irrigation systems, both the desired level of probability and the length of the peak water requirement period should be taken into consideration, since these two factors have a significant effect on the value of computed ET_0. The ET model used for the computation of ET_0 also has considerable effect on the values of ET_0 estimated.

Keywords: Reference evapotranspiration, Evapotranspiration frequency distribution, Probability of occurrence of evapotranspiration

[1] Ph.D. Student and Assist. Prof. of Irrigation and Drainage Dept. at Tarbiat Modarres Univ., respectively

www.SID.ir