جغرافیا و پایداری محیط، شماره ۳، تابستان ۱۳۹۱
صص. ۶۴-۴۵

واسنجی روش‌های برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_0) و محاسبه‌ی نیاز آبی گیاه (ET_C) زیتون در استان کرمانشاه

سید حسین میرموسوی*ـ استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان
حمید پناهی ـ استادیار دانشگاه علوم انتظامی تهران
حمید اکبری ـ کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی دانشگاه زنجان
یونس اکبرزاده ـ کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه زنجان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۱۰/۲۰ تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۰۲/۰۸

چکیده

برآورد نیاز آبی، از مهم‌ترین عوامل در مدیریت منابع آب و از ضروریات هر طرح آبیاری و زهکشی به‌شمار می‌رود. برای تعیین نیاز آبی، بایستی تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_0) را برآورد کرد. با توجه به اینکه روش‌های گوناگونی برای این منظور توصیه شده است، ولی انتخاب روش مناسب یکی از مشکلات تصمیم‌گیری در این مورد است. در این پژوهش از پنج ایستگاه منتخب در استان کرمانشاه با طول دوره‌ی آماری بین ۱۷ تا ۵۴ سال استفاده شده است. روش‌های محاسبه ET_0 به پنج روش فائو ـ پنمن ـ مانتیث، ترنت وایت، بلانی کریدل اصلاح شده، هارگریوز و پنمن اصلاح شده بر اساس داده‌های ماهانه و سالانه است. با بررسی مقادیر محاسبه شده برای تبخیر و تعرق پتانسیل و با توجه به توصیه‌های سازمان هواشناسی جهانی، از بین پنج روش فوق، مشخص شد که روش فائو ـ پنمن ـ مانتیث، برآورد دقیق‌تری برای ET_0 ارائه می‌کند. همچنین نتایج نشان داد که حداکثر میزان ET_0 ماهانه و سالانه، به‌ترتیب ۸/۵ و ۴۸/۹ میلی‌متر مربوط به ایستگاه روانسر و حداقل آن به‌ترتیب ۵/۸ و ۳۸/۴ میلی‌متر مربوط به ایستگاه کنگاور است و بیشترین نیاز آبی سالانه برای ایستگاه روانسر با مقدار ۹۲۳/۳ میلی‌متر به‌دست آمد.

کلیدواژه‌ها: تبخیر و تعرق پتانسیل، نیاز آبی، کرمانشاه، روش ترکیبی فائو- پنمن – مانتیث.

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۴۴۲۰۱۱۷
E-mail: hossein.mousavi047@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

عدم استفاده بهینه از آب آبیاری، محدودیت منابع و نیازهای فزاینده‌ی بشری به آب و غذا، ایجاب می‌کند تا مهندسان آبیاری با اِعمال شیوه‌های مدیریتی، به صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بازده آبیاری اقدام کنند. تبخیر و تعرق یکی از عوامل مهمی است که دانستن مقدار دقیق آن، برای برآورد آب مصرفی گیاه و طراحی سیستم‌های آبیاری ضروری است. تعیین دقیق مقدار آبی که برای تبخیر و تعرق مصرف می‌شود، از عوامل تعیین‌کننده‌ی برنامه‌ریزی برای رسیدن به محصول بیشتر است. در اغلب روش‌هایی که برای تعیین میزان تبخیر و تعرق ارائه شده‌اند، مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_0) تخمین زده می‌شود و با استفاده از آن، نیاز آبی گیاه مورد نظر محاسبه می‌شود.

برآورد مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل برای محاسبه‌ی نیاز آبی در راستای برنامه‌ریزی کشاورزی برای محصولات مختلف، از اهمیت زیادی برخوردار است. انتقال آب از سطح خاک به هوا را تبخیر و خارج شدن آن از گیاه را تعرق گویند. این دو پدیده هر دو ماهیت تبخیری داشته و تفکیک آنها از یکدیگر امکان‌پذیر نیست. مجموع تبخیر و تعرق در اصطلاح به‌نام تبخیر ـ تعرق در نظر گرفته می‌شود و آن را با نماد ET نشان می‌دهند. منظور از تعیین تبخیر ـ تعرق، مقدار آبی است که باید به یک پوشش زراعی داده شود تا در طول دوره‌ی رویش، صرف تبخیر و تعرق کرده و بدون اینکه با تنش آبی مواجه شود، رشد خود را تکمیل و حداکثر مقدار محصول را تولید کند (امامقلی‌زاده، ۱۳۸۵).

تبخیر و تعرق، پتانسیل یا بالقوه‌ی حداکثر مقدار آبی است که اگر بدون محدودیت وجود داشته باشد، می‌تواند توسط سطوح خاک و گیاه از آنها خارج شود (علیزاده، ۱۳۸۵). یکی از روش‌های بهبود مدیریتی مصرف آب در مزرعه، تخمین دقیق میزان آب مصرفی گیاه از طریق محاسبه‌ی مقادیر ET_0 است. روش‌های که برای محاسبه ET_0 پیشنهاد شده است، هرکدام از نظر داده‌های مورد لزوم نیازهای متفاوتی دارند (ادهمی مجرد، ۱۳۷۳). پس از آنکه تبخیر ـ تعرق پتانسیل محاسبه شد، ضریب گیاهی محصول K_C نیز محاسبه شده و با ضرب کردن آنها در یکدیگر مقدار نیاز آبی محصول به‌دست می‌آید.

در ارتباط با نقش متغیرهای اقلیمی و تأثیر آن در گیاهان زراعی، مطالعات زیادی انجام شده است. برای نمونه به بخشی از آنها اشاره می‌شود:

چاهون[1] و همکاران (۲۰۰۱) در اندازه‌گیری باران و برآورد بارش مؤثر برای محصولات دیم و آبی، بارندگی مؤثر را مقداری از بارندگی دانستند که در منطقه‌ی ریشه‌ی گیاه ذخیره می‌شود. آنان برای برآورد بارش مؤثر دو عامل را دخیل می‌دانند: عامل اول، مقدار کل بارندگی و عامل دوم، مقدار ذخیره شده‌ی رطوبت در منطقه‌ی

1. Chahoon

www.SID.ir

ریشه است. آنان در مطالعه‌ی خود برای برآورد بارش مؤثر از روش USDA[1] (سازمان کشاورزی ایالات متحده) و برای برآورد نیاز آبی و نیاز خالص آبیاری، از مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل و ضرایب رشد گیاهی استفاده کردند.

آیان و ایزا (۲۰۰۳)[2]، در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که درخت زیتون نسبت به تبخیر و تعرق کمتر از ۵ میلی‌متر در روز واکنشی نشان نمی‌دهد؛ ولی با افزایش مقدار تبخیر و تعرق، عکس‌العمل نشان خواهد داد، در این هنگام برای جبران کم‌آبی، نیاز به آبیاری است. در این پژوهش بر نقش مدیریت منابع آب در مزارع زیتون در فصولی که تبخیر و تعرق بالاست تأکید شده است.

چن و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعات خود در زمینه‌ی تعیین بهترین روش برای برآورد تبخیر تعرق پتانسیل در کشور تایوان، از روش‌هایی چون، پنمن ـ مانیتیث و فائو استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که روش پنمن ـ مانیتیث برآورد دقیق‌تری نسبت به روش‌های دیگر ارائه می‌دهد.

رائو و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای به مدل‌سازی تبخیر و تعرق پتانسیل در کارولینای شمالی آمریکا پرداختند. در این مطالعه از روش‌های فائو، مدل هامون[3] و مدل پریستلی ـ تیلور استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که مدل پریستلی ـ تیلور[4] نتایج بسیار دقیقی از میزان تبخیر و تعرق پتانسیل را ارائه می‌دهد.

فرشی و همکاران (۱۳۷۴) نیاز آبی گیاهان را در ایران با استفاده از عوامل هواشناسی مؤثر در تبخیر و تعرق پتانسیل و روش‌های تجربی مورد بررسی قرار داده و نتایج کار خود را بر اساس محاسبات رایانه‌ای به‌صورت جداولی برای گیاهان زراعی ارائه کردند.

نادری و همکاران (۱۳۷۸) در پژوهش خود به مقایسه‌ی روش‌های مختلف برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل با داده‌های لایسیمتر در مشهد با استفاده از داده‌های هواشناسی مقادیر ET_0 با چند روش معتبر اقدام کردند. مقایسه‌ی این روش‌ها با نتایج لایسیمتر نشان داد که روش‌های پنمن ـ مانتیث ـ فائو، جنسن ـ هیز و پنمن کیمبولی، برآورد دقیق‌تری برای ET_0 ارائه می‌کند.

فرهودی و شمسی‌پور (۱۳۷۹)، مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل را در ایستگاه‌های منتخب منطقه‌ی بلوچستان جنوبی با استفاده از روش‌های ترنت وایت ـ بلانی کریدل و تشتک تبخیر محاسبه کردند. بر اساس این پژوهش، بیشترین میزان تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه در ایستگاه قصر قند و کمترین آن مربوط به ایستگاه کهیر و طبس است.

علیزاده و همکاران (۸۰-۱۳۷۹) به بررسی دقت عملکرد تعرق پتانسیل با روش‌های هارگریوز ـ سامانی و

1. United States Department of Agriculture
2. Ian Nubrg and Isa Yunsa
3. Hamon
4. Priestley-Taylor

www.SID.ir

تشتک تبخیر در خراسان پرداختند که یافته‌های آنها نشان داد کـه روش تشـتک تبخیـر در بـرآورد تبخیـر و تعرق پتانسیل نتایج قابل قبولی ارائه می‌کند.

بداق جمالی و همکاران (۱۳۸۱) به بررسی نیاز خالص آبیاری در استان خراسان بر مبنای مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل به روش هارگریوز اقدام کردند و بـه ایـن نتیجـه رسـیدند کـه رابطـه‌ی مسـتقیمی بـین تولیـد محصول و شاخص تنش آب وجود دارد. آنان استان خراسان را از نظر نیاز خالص آبیاری پهنه‌بندی کردند.

علیزاده و همکاران (۱۳۸۳) در مطالعه‌ای به ارزیابی روش‌های برآورد تبخیـر و تعـرق در منـاطق خشـک ایران اقدام کردند. نتایج مقایسه‌ی روش‌های مختلـف بـرآورد تبخیـر و تعـرق گیـاه مرجـع بـا انـدازه‌گیـری از لایسمتر وزنی نشان داد که روش‌های پنمن ـ مانتیث، پنمن ـ فائو اصلاح شـده، دارای بهتـرین بـرآورد و روش جنسن ـ هیز دارای کمترین دقت است.

محمدیان و همکاران (۱۳۸۵) نیز در مطالعات خود به بررسی اثرات خشکی، دما، رطوبت و تبخیر و تعرق مرجع در منطقه‌ی مشهد و گرگان روی محصولات زراعی پرداختند. ایـن پـژوهش بـا اسـتفاده از روش فـائو ـ پنمن ـ مانتیث به بررسی نیاز آبی گیاهان منطقه پرداخته است و نتایج آن نشان داد که ایسـتگاه گلمکـان بـه شرایط مرجع بسیار نزدیک است.

روشن و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعات خود در زمینه‌ی ارزیابی مـدل مناسـب تبخیـر و تعـرق بـالقوه در ایران، از چهار روش تورنث وایت، جنسن ـ هیز، بلانی ـ کریدل و هارگریوز ـ سامانی استفاده کردنـد و بـه ایـن نتیجه رسیدند که روش بلانی ـ کریدل همخوانی بهتری با شرایط ایران دارد.

به‌طور کلی می‌توان گفت اهداف این پژوهش عبارتند از:

۱. تعیین بهترین روش برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل برای گیاه زیتون با توجه به شرایط اقلیمی اسـتان کرمانشاه.
۲. برآورد نیاز آبی و نیاز آبیاری زیتون در طول دوره‌ی رشد گیاه جهت مدیریت بهینه‌ی آبیاری گیاه.
۳. شناسایی پتانسیل‌های اقلیمی استان در زمینه‌ی کشت زیتون.
۴. ارائه‌ی راهکارها و پیشهادهای مناسب برای کشت زیتون و مدیریت بهینه‌ی آبیاری این گیاه.

مواد و روش‌ها

در این بررسی اطلاعات هواشناسی (روزانه و ماهانـه) ایسـتگاه‌هـای منتخـب سـینوپتیک اسـتان کرمانشـاه از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. این استان با گستره‌ای به مساحت ۲۵۲۵۹ کیلومتر مربع در غرب کشور قرار گرفته که بین ۳۳ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۷ دقیقه‌ی عرض شمالی و ۴۵درجـه و ۲۴ دقیقـه تـا ۴۸ درجه و ۳۰دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته و ارتفاع متوسـط آن از سـطح دریـا ۱۲۰۰

Archive of SID

www.SID.ir

متر است. مشخصات ایستگاه‌ها در جدول شماره‌ی ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب استان کرمانشاه

ردیف	نام‌ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)	طول دوره‌ی آماری
۱	کرمانشاه	۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه	۴۷ درجه و ۹ دقیقه	۱۳۱۸	۲۰۰۵- ۱۹۵۱
۴	کنگاور	۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه	۴۷ درجه و ۵۹ دقیقه	۱۴۶۸	۲۰۰۵- ۱۹۸۷
۵	اسلام‌آباد غرب	۳۴ درجه و ۷ دقیقه	۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه	۱۳۴۸	۲۰۰۵- ۱۹۸۷
۶	روانسر	۳۴ درجه و ۴۳ دقیقه	۴۶ درجه و ۳۹ دقیقه	۱۳۷۹	۲۰۰۵- ۱۹۸۸
۷	سرپل ذهاب	۳۴ درجه و ۲۷ دقیقه	۴۵ درجه و ۵۲ دقیقه	۵۴۵	۲۰۰۵- ۱۹۸۶

برای بازسازی نقایص آماری ایستگاه‌ها از روش تفاضل و نسبت‌ها و برای آزمون همگنی داده‌ها، از آزمون ناپارامتری RUNS در نرم‌افزار SPSS استفاده شده است. براساس نتایج این آزمون تمام داده‌ها در سطح ۰/۰۵ همگن بودند. سپس با استفاده از نرم‌افزار Crop water و روش‌های مرسوم تجربی بر مبنای آمار متوسط دما، حداقل و حداکثر دما (سلسیوس)، میانگین رطوبت نسبی (درصد)، میانگین سرعت باد (متر در ثانیه در ارتفاع ۲ متری)، تعداد ساعت‌های آفتابی بر اساس داده‌های روزانه، مقادیر تبخیر ـ تعرق پتانسیل با استفاده از پنج روش متداول فائو ـ پنمن ـ مانتیث، پنمن اصلاح شده، بلانی کریدل اصلاح شده، ترنت وایت و هارگریوز به‌دست آمد که این روش‌ها را اکثر محققان برای کشور ایران مورد استفاده قرار دادند. در ادامه نیاز آبی محصول زیتون محاسبه و بر اساس همین مقادیر، نقشه‌های هم تبخیر و تعرق پتانسیل و نیاز آبی سالانه به‌کمک نرم‌افزار Arc/GIS رسم شد.

روش فائو ـ پنمن ـ مانتیث

روش فائو ـ پنمن ـ مانتیث یکی از معتبرترین روش‌ها برای تخمین ET_o به‌شمار می‌رود و مورد توجه متخصصان قرار دارد. پژوهش‌های انجام گرفته در نقاط مختلف جهان، بیان‌کننده‌ی این نکته است که دقت مقادیر تبخیر و تعرق برآورد شده با معادله‌ی فائو ـ پنمن ـ مانتیث در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده لایسمتری از دیگر معادله‌های تخمین بهتر است (آلن[1] و همکاران، ۱۹۹۸). این معادله به‌منزله‌ی تنها روش استاندارد برای محاسبه‌ی تبخیر و تعرق گیاه مرجع و نیز برای ارزیابی دیگر روش‌ها پیشنهاد شده است (هارگریوز[2]، ۱۹۹۴).

معادله‌ی فائو ـ پنمن ـ مانتیث به‌شکل رابطه‌ی شماره‌ی ۱ است (علیزاده، ۱۳۸۵):

1. Allen
2. Hargreaves

Archive of SID

www.SID.ir

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + [890/(T+273)]U_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)}$$ رابطه‌ی ۱)

که در آن:

ET_o : تبخیر ـ تعرق گیاه مرجع (mm/day)؛

R_n: تابش خالص در سطح پوشش گیاهی $(MJm^{-2}d^{-1})$؛

T: متوسط دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (℃)؛

U_2: سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین ms^{-1}؛

$e_a - e_d$: کمبود فشار بخار در ارتفاع ۲ متری (kpa)؛

Δ : شیب منحنی فشار بخار (KPa^oC^{-1})؛

γ : ضریب رطوبتی (KPa^oC^{-1})؛

G : شار گرما به داخل خاک $(MJm^{-2}d^{-1})$.

از آنجا که آمار تابش خالص R_n کمتر در دسترس است، از آمار ساعات آفتابی استفاده شد.

روش پنمن اصلاح شده (فائو)

از زمان ارائه‌ی معادله‌ی اصلی پنمن در سال ۱۹۴۸، اصلاحات بسیاری روی آن انجام شده که غالب این اصلاحات مربوط به ثوابت مرتبط با باد است. یکی از این اصلاحات از سوی فائو (علیزاده و همکاران،۱۳۸۰-۱۳۷۹) انجام گرفته و به معادله‌ی پنمن اصلاح شده (فائو) مشهور است. این معادله به‌صورت رابطه‌ی شماره‌ی ۲ است (علیزاده، ۱۳۸۵):

$$ETo = C_P(WR_n + (1-W)(0.27)(1+U/100)(e_s - e_a))$$ رابطه‌ی ۲)

ET_o : تبخیر ـ تعرق گیاه مرجع بر حسب میلی‌متر در روز؛

C_P : فاکتور اصلاحی مربوط به حداکثر رطوبت نسبی، تابش خورشید، سرعت باد روزانه و همچنین نسبت سرعت باد روزانه به سرعت باد شبانه؛

R_n : تابش خالص بر حسب تبخیر معادل (میلی‌متر در روز)؛

U : سرعت باد ۲۴ ساعته در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین برحسب متر در ثانیه که از رابطه‌ی $U_{2m} = U_Z[2/Z]^{0.15}$ به‌دست می‌آید (علیزاده، ۱۳۸۴).

e_s : فشار بخار اشباع به‌دست آمده در دمای میانگین بر حسب هکتوپاسکال؛

e_a : میانگین فشار بخار واقعی که به‌صورت مقدار فشار بخار اشباع در میانگین روزانه‌ی دمای نقطه‌ی شبنم به‌دست آمده است (برحسب هکتو پاسکال)؛

Archive of SID

www.SID.ir

W : فاکتور وزنی بی‌بُعد که با رابطه‌ی شماره‌ی ۳ محاسبه می‌شود:

رابطه‌ی ۳) $$W = \left(\Delta / \left(\Delta + \gamma\right)\right)$$

Δ : شیب منحنی فشار بخار اشباع تابعی از درجه حرارت در نقطه‌ی مورد نظر، برحسب هکتوپاسکال بر درجه‌ی سانتی‌گراد؛

γ : ثابت رطوبت‌سنجی برحسب هکتوپاسکال بر درجه‌ی سانتی‌گراد.

روش بلانی کریدل اصلاح شده (فائو)

مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل به‌روش بلانی کریدل (فائو) از رابطه‌ی شماره‌ی ۴ محاسبه می‌شود (محمدی و همکاران، ۱۳۷۶).

رابطه‌ی ۴) $$ETo = A_B + B_B\left[P\left(0.46T + 8\right)\right]$$

ET_o : تبخیر ـ تعرق گیاه مرجع برحسب میلی‌متر در روز؛

$A_B - B_B$: ضرایب اصلاحی بر مبنای حداقل رطوبت نسبی و برآوردهای تابش خورشیدی و سرعت باد روزانه؛

P : درصد متوسط روزانه‌ی ساعات آفتابی به کل ساعات آفتابی سالانه در ماه معین؛

T : میانگین درجه حرارت هوا در دوره‌ی زمانی برحسب درجه‌ی سانتی‌گراد.

روش هارگریوز

از این روش می توان برای محاسبه‌ی مقادیر ET_o استفاده کرد. این معادله به‌شکل رابطه‌ی شماره‌ی ۵ است (فرشی و همکاران، ۱۳۸۲):

رابطه‌ی ۵) $$ETo = 0.0023 R_a \left(T + 17.8\right)\sqrt{TR}$$

ET_o : تبخیر ـ تعرق پتانسیل گیاه مرجع بر حسب میلی‌متر در روز؛

TR : تفاوت حداکثر و حداقل دما برحسب درجه سانتی‌گراد؛

R_a : تابش برون زمینی برحسب تبخیر معادل (میلی‌متر در روز)؛

T : متوسط درجه حرارت روزانه‌ی هوا در ماه مورد نظر برحسب درجه سانتی‌گراد.

Archive of SID

www.SID.ir

روش ترنت وایت

در روش ترنت وایت تبخیر ـ تعرق پتانسیل برای هریک از ماه‌های سال محاسبه شد.[۱]

تعیین نیاز آبی محصول زیتون

پس از محاسبه‌ی ET_o با یکی از روش‌های فوق، لازم است برای هر دوره‌ای که ET_o محاسبه شده است با ضرب کردن در ضریب گیاهی محصول (K_C) نیاز آبی (ET) را به‌دست آورد.

در این پژوهش محصول اقتصادی زیتون که چند سالی است در رأس برنامه‌های کشاورزی منطقه قرار گرفته است، به‌عنوان نمونه برای برآورد نیاز آبی انتخاب شد. زیتون یکی از درختان میوه همیشه سبز است که در مناطق اطراف دریای مدیترانه به خوبی رشد می‌کند و در مناطقی که شرایط اقلیمی مناسب داشته باشند، سازگاری خوبی نشان می‌دهد (قلی زاده، ۱۳۷۸).

در این پژوهش نیاز آبی درخت زیتون با استفاده نرم‌افزار Crop water بر اساس رابطه‌ی شماره‌ی ۶ محاسبه شده است:

رابطه‌ی ۶) $$ET = K_C ETo$$

ET : نیاز آبی (تبخیر- تعرق) به میلی‌متر

ET_o : تبخیر- تعرق پتانسیل به میلی‌متر

K_C : ضریب گیاهی محصول زیتون، بر حسب طول دوره رشد

ضریب گیاهی (K_C) ضریبی است که تبخیر و تعرق سطح مرجع را برای محاسبه تبخیر و تعرق زراعی یا باغی اصلاح می‌کند. در تمام روش‌هایی که در آنها ET_o یا تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه می‌شود، برای اینکه بتوان نتایج حاصله را به سطوح پوشش گیاهی مورد نظر تعمیم داد، باید مقادیر به‌دست آمده را در ضریب گیاهی ضرب کرد. K_C بستگی به عواملی مانند نوع گیاه، مرحله‌ی رشد و شرایط آب‌وهوایی دارد (علیزاده، ۱۳۸۵). در این پژوهش مقادیر K_C طول دوره‌ی رشد گیاه زیتون بر اساس جدول‌بندی فائو منظور شده است که در جدول شماره‌ی ۲ نشان داده ملاحظه می‌شود.

جدول ۲. طول دوره‌ی رشد (به روز) و ضریب گیاهی زیتون

ویژگی گیاه زیتون	مرحله‌ی ابتدایی رشد	مرحله‌ی رشد و تولید	مرحله‌ی میانی	مرحله‌ی نهایی	مجموع
طول دوره‌ی رشد (به روز)	۳۰	۹۰	۶۰	۹۰	۲۷۰
ضریب گیاهی	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۷۰	۰/۷۰	۲/۷۰

منبع: سازمان خواروبار جهانی (فائو)

۱. برای آگاهی از جزئیات روش به مرجع (امامقلی زاده، ۱۳۸۵) مراجعه شود.

Archive of SID
www.SID.ir

بارندگی مؤثر

با توجه به اینکه در یک کار پژوهشی می‌بایست همه‌ی جوانب آن مد نظر قرار گیرد، شاخص بارندگی مؤثر نیز، به‌عنوان عامل کشت که ارتباط بسیار نزدیکی با نیاز آبی دارد، در این پژوهش آورده شده است.

باران مؤثر به قسمتی از باران سالانه یا فصلی گفته می‌شود که در محل ریزش، به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم (بدون استفاده از پمپاژ و مانند آن)، برای تولید محصول مفید واقع می‌شود. اگر از مقدار بارندگی (p) که روی زمین صورت می‌گیرد، مقادیر نفوذ عمقی و رواناب آن کم شود، آنچه باقی می‌ماند باران مؤثر (p_e) است (امامقلی زاده، ۱۳۸۵).

رابطه‌ی ۷) $$Pe = P - \left(RO_p + DP_P\right)$$

p_e : بارندگی مؤثر؛

P : مقدار بارندگی؛

RO_{p} : مقدار نفوذ عمقی.

مقایسه‌ی روش‌های محاسبه‌ی تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع و انتخاب بهترین روش برای نیاز آبی

مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه‌ی محاسبه شده بر مبنای پنج روشی که بیان شد، در جدول شماره‌ی ۴ ارائه شده است. با نگاهی به ارقام این جدول معلوم می‌شود که بیشترین مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل متعلق به سه روش هارگریوز، پنمن اصلاح شده و بلانی کریدل اصلاح شده است. کمترین مقدار آن نیز متعلق به روش ترنت وایت و فائو- پنمن ـ مانتیث است. شاید منطقی باشد که مقادیر محاسبه شده به‌روش هارگریوز ـ پنمن اصلاح شده و بلانی کریدل که بیشترین مقادیر را داراست، ملاک عمل قرار گیرد؛ اما بر اساس نتایج پژوهش‌های انجام گرفته در سطح دنیا طی پانزده سال کاربرد، اشکالاتی را برای کارشناسان ایجاد کرده است که از آن جمله، تخمین بیش از اندازه، به‌خصوص در شرایط عدم وجود انتقال انرژی به‌صورت افقی، عدم کارایی ضریب اصلاحی به‌کار رفته در روش‌های فوق و نیاز به تعدیل عامل سرعت باد اشاره کرد (شهاب فر و همکاران، ۱۳۸۳).

بنابراین از آنجاکه پنج ایستگاه کرمانشاه، کنگاور، سرپل ذهاب، اسلام آباد غرب و روانسر از تمام عوامل مورد نیاز برای برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل به‌روش فائو ـ پنمن ـ مانتیث (شامل متوسط دما، میانگین حداقل و حداکثر دما، میانگین رطوبت نسبی، میانگین سرعت باد و تعداد ساعات روشنایی) برخوردار بود و از سوی دیگر، بنابر پیشنهاد محققان صاحب‌نظر و سایر مراجع معتبر علمی، این روش در برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل دارای رتبه‌ی اول و موقعیتی منحصربه‌فرد در سطح جهان است، بنابراین روش فائو ـ پنمن ـ مانتیث به‌عنوان بهترین روش انتخاب شد و بر اساس داده‌های به‌دست آمده از این روش، نیاز آبی محصول زیتون

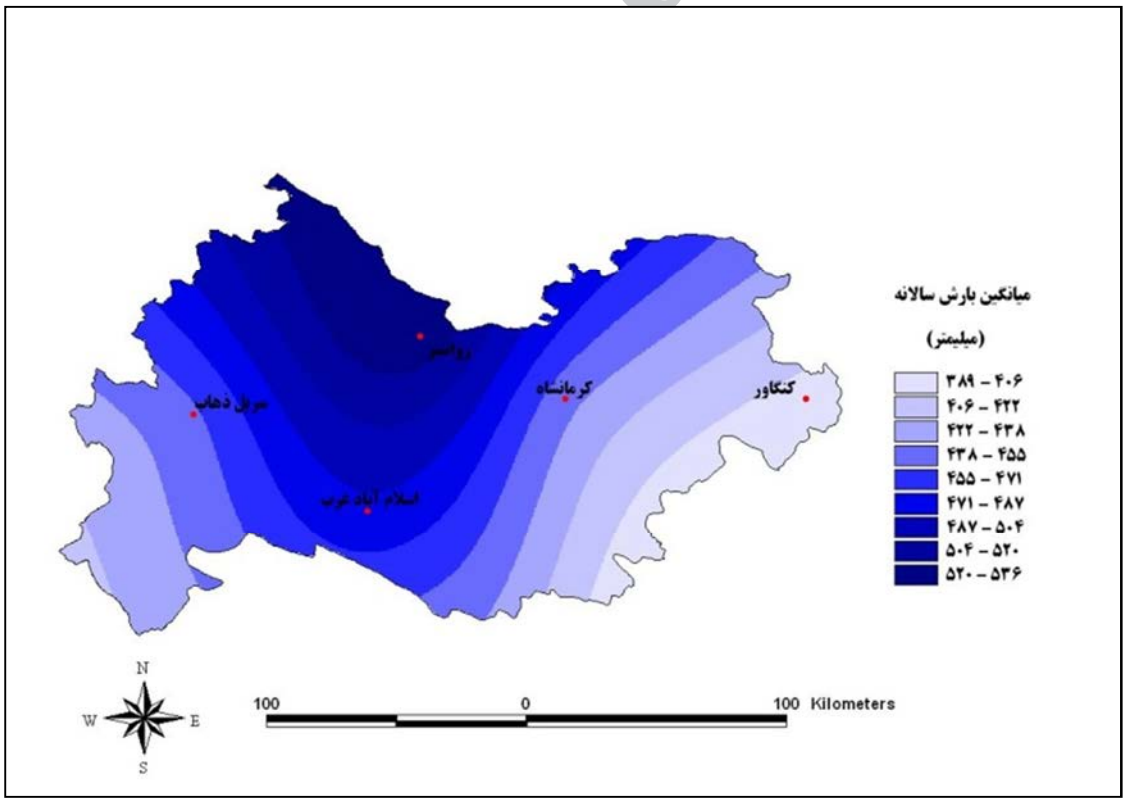
Archive of SID

www.SID.ir

محاسبه (جدول شماره‌ی ۶) و سپس نقشه‌های هم تبخیر ماهانه (شکل‌های ۴ و ۵) و نیاز آبی سالانه رسم شد (شکل شماره‌ی ۶). درنهایت با در نظر گرفتن میزان بارندگی سالانه، بارندگی مؤثر در هریک از ایستگاه برای مقایسه‌ی مقادیر ریزش بارش سالانه و نیاز آبی محصول زیتون برآورد شد (جدول شماره‌ی ۶).

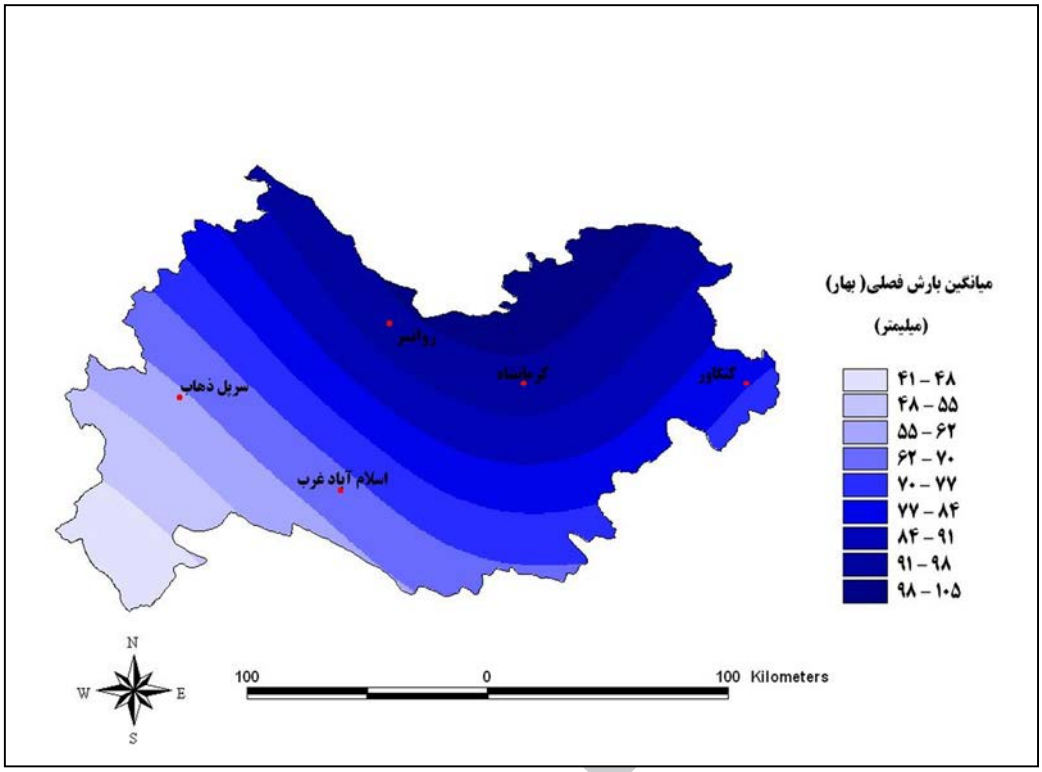
جدول ۳. میانگین بارش سالانه و فصلی (بهار و تابستان) استان کرمانشاه

ردیف	نام ایستگاه	میانگین بارش سالانه (mm)	میانگین بارش فصل بهار (mm)	میانگین بارش فصل تابستان (mm)
۱	کرمانشاه	۴۴۴/۹	۹۵/۷۸	۲/۴۵
۴	کنگاور	۴۰۰/۱	۷۷/۹	۴/۲
۵	اسلام‌آباد غرب	۴۸۳/۵	۶۷/۴	۱/۶۱
۶	روانسر	۵۳۰/۱	۹۶	۱/۴۲
۷	سرپل ذهاب	۴۵۳/۶	۶۱/۴۶	۰/۵۲

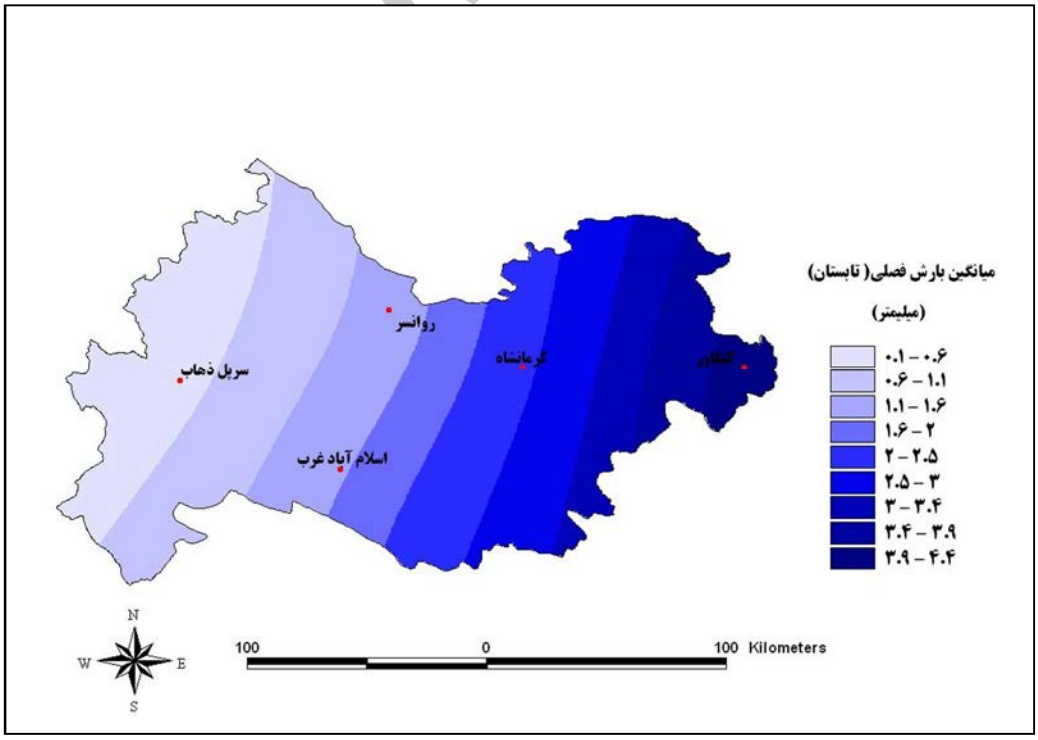


شکل ۱. میانگین بارش سالانه‌ی استان کرمانشاه

www.SID.ir



شکل ۲. میانگین بارش فصلی (بهار) استان کرمانشاه



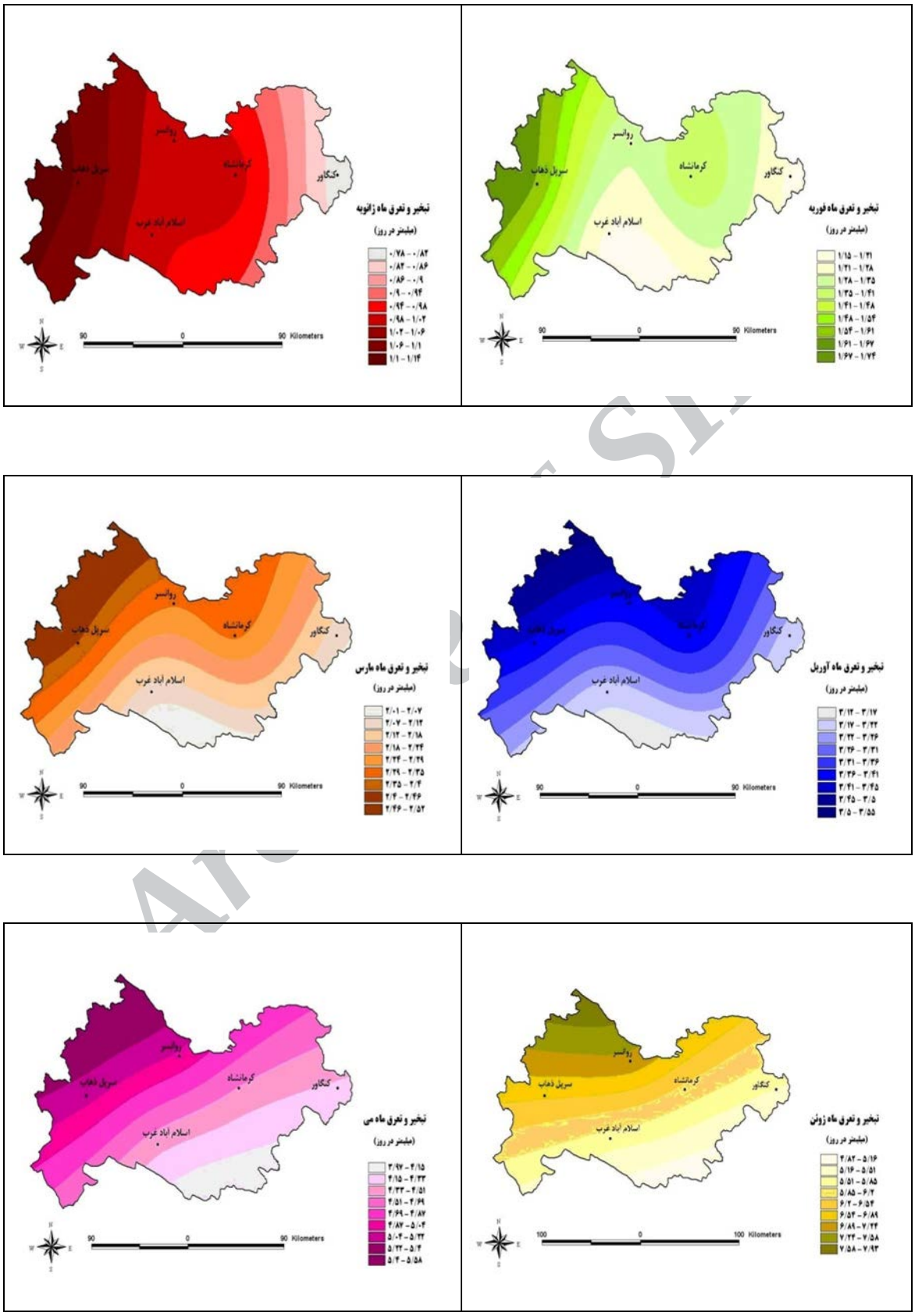
شکل ۳. میانگین بارش فصلی (تابستان) استان کرمانشاه

www.SID.ir

جدول ۴. مقادیر متوسط روزانه‌ی تبخیر و تعرق پتانسیل در هر ماه و میزان سالانه‌ی آن به میلی‌متر

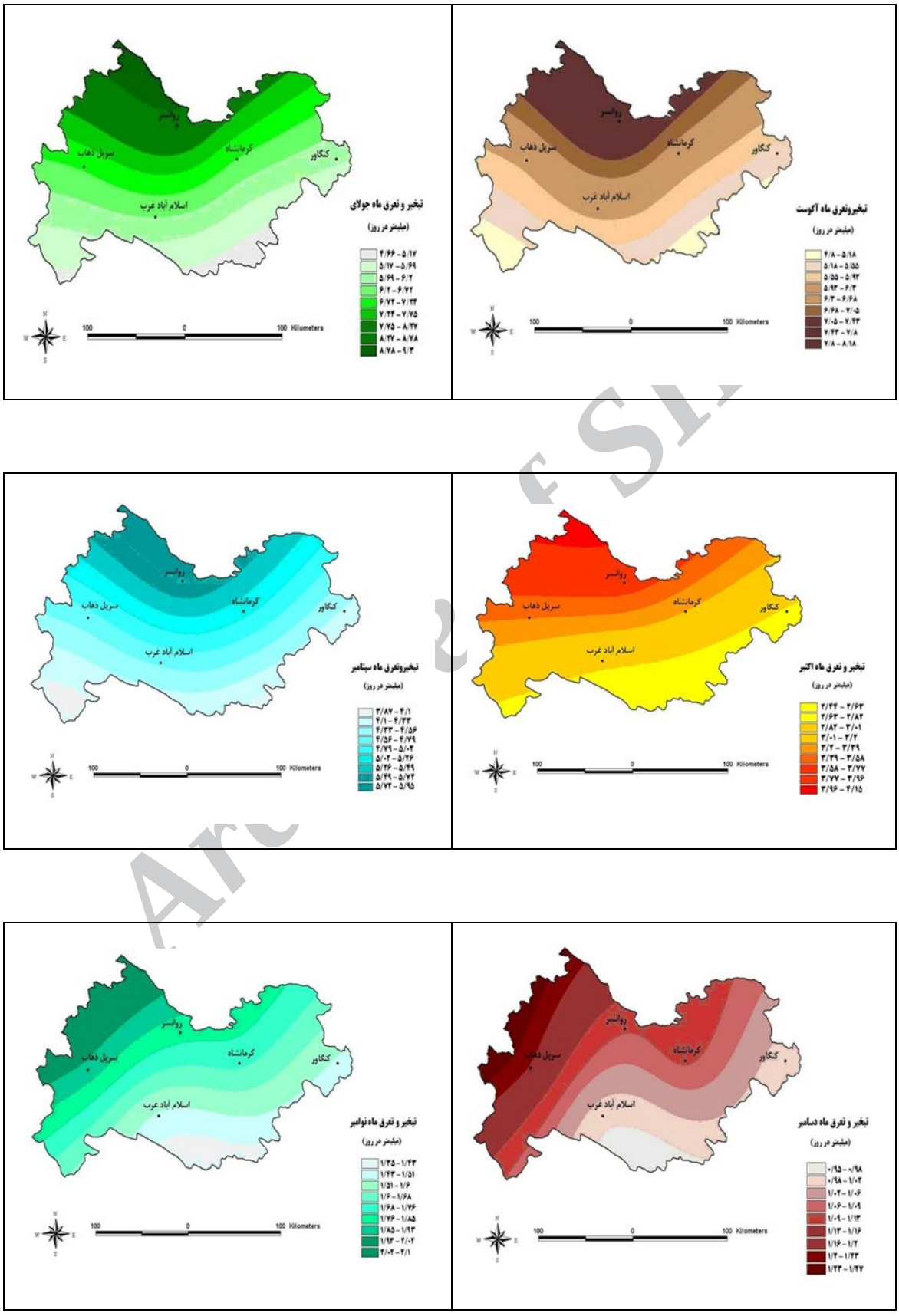
ایستگاه	روش	Jan	Feb.	mar	Apr	may	June	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Des	Annual
کرمانشاه	پنمن اصلاح شده	۱/۳	۲	۳/۳	۴/۶	۵/۹	۷/۹	۴/۵	۷/۹	۶/۳	۴/۱	۲/۲	۱/۳	۵۵/۲
	فائو – پنمن – مانتیث	۱	۱/۴	۲/۳	۳/۴	۴/۵	۶/۱	۶/۷	۶/۴	۵/۱	۳/۲	۱/۷	۱/۱	۴۳/۱
	بلانی کریدل (فائو)	۰/۷	۱/۳	۲	۳/۱	۸/۱	۸/۱	۸/۳	۸/۲	۶/۳	۲	۱/۸	۰/۷	۵۴/۴
	ترنت وایت	۰/۰۵	۰/۱۵	۰/۶	۱/۵	۲/۹	۴/۷	۶/۱	۵/۳	۳/۴	۱/۷	۰/۶	۰/۱۷	۲۷/۵
	هارگریوز	۱/۳	۱/۹	۲/۸	۴/۱	۵/۶	۷/۳	۷/۹	۷/۴	۵/۹	۳/۹	۲/۲	۱/۴	۵۱/۷
کنگاور	پنمن اصلاح شده	۱/۱	۱/۷	۲/۹	۴/۳	۴/۵	۶/۷	۷/۳	۶/۶	۵/۲	۳/۶	۱/۸	۱/۲	۴۸/۲
	فائو – پنمن – مانتیث	۰/۸	۱/۲	۲/۱	۳/۲	۴/۳	۵/۵	۵/۸	۵/۴	۴/۳	۲/۸	۱/۵	۱	۳۸/۴
	بلانی کریدل (فائو)	۰/۳	۱	۱/۸	۳/۲	۴/۸	۷/۲	۸/۱	۷/۴	۵/۸	۳/۴	۲	۰/۵	۴۵/۶
	ترنت وایت	۰	۱	۰/۶	۱/۶	۲/۸	۴/۳	۵/۵	۴/۸	۳	۱/۶	۰/۶۱	۰/۱۷	۲۵/۳
	هارگریوز	۱/۲	۱/۷	۲/۷	۴/۱	۵/۴	۷/۱	۷/۶	۷/۲	۵/۷	۳/۷	۲/۱	۱/۴	۵۰/۱
سرپل ذهاب	پنمن اصلاح شده	۱/۵	۲/۲	۳/۵	۴/۵	۶/۷	۸/۵	۸/۷	۷/۲	۶/۱	۴/۳	۲/۳	۱/۵	۵۷/۴
	فائو – پنمن – مانتیث	۱/۱	۱/۶	۲/۴	۲/۴	۵/۱	۶/۶	۶/۸	۶/۱	۴/۷	۳/۴	۱/۹	۱/۲	۴۴/۳
	بلانی کریدل (فائو)	۱/۳	۱/۹	۳	۴/۷	۶/۶	۹/۲	۱۰/۱	۷/۶	۷/۱	۴/۸	۲/۳	۱/۳	۵۹/۶
	ترنت وایت	۰/۲	۰/۳	۰/۷	۲	۴/۳	۷/۳	۹/۲	۷/۸	۴/۹	۲/۶	۰/۸	۰/۳	۴۰/۷
	هارگریوز	۱/۷	۲/۳	۳/۳	۴/۷	۶/۵	۷/۹	۸/۵	۸	۶/۴	۴/۴	۲/۶	۱/۷	۵۸
اسلام آباد غرب	پنمن اصلاح شده	۱/۱	۱/۶	۲/۷	۴/۱	۵/۶	۷/۳	۷/۸	۷/۴	۵/۷	۳/۵	۱/۸	۱/۱	۴۹/۶
	فائو – پنمن – مانتیث	۱	۱/۲	۲/۱	۲/۲	۴/۴	۵/۷	۶/۲	۶/۱	۴/۶	۲/۹	۱/۵	۱	۳۹/۸
	بلانی کریدل (فائو)	۰/۳	۰/۸	۲/۲	۳/۲	۵	۷/۳	۸/۴	۸/۳	۴/۱	۳/۶	۳/۱	۰/۵	۴۶/۸
	ترنت وایت	۰/۰۴	۰/۱	۰/۶	۱/۵	۲/۸	۴/۵	۵/۷	۵/۰۳	۳/۲	۱/۷	۰/۶	۰/۲	۲۶/۲
	هارگریوز	۱/۳	۱/۸	۲/۸	۴/۱	۵/۶	۷/۱	۷/۶	۷/۲	۵/۷	۳/۸	۲/۲	۱/۴	۵۱/۱
روانسر	پنمن اصلاح شده	۱/۲	۱/۹	۳/۳	۵/۵	۶/۶	۹/۲	۹/۶	۸/۸	۶/۲	۳/۹	۱/۲	۱/۴	۶۰/۵
	فائو – پنمن – مانتیث	۱	۱/۳	۲/۳	۳/۴	۵	۷/۱	۸/۵	۷/۸	۵/۷	۳/۷	۱/۸	۱/۱	۴۸/۹
	بلانی کریدل (فائو)	۰/۳	۰/۴	۱/۲	۲/۴	۳/۶	۵/۲	۶/۱	۵/۳	۳/۵	۲/۲	۰/۹	۰/۷	۳۱/۸
	ترنت وایت	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۵	۱/۵	۲/۹	۵/۱	۶/۷	۵/۸	۳/۵	۱/۸	۰/۶	۰/۱۷	۲۹
	هارگریوز	۱/۳	۱/۶	۲/۶	۳/۹	۵/۲	۶/۶	۷	۶/۷	۵/۴	۳/۶	۲	۱/۳	۴۷/۱

www.SID.ir



شکل ۴. نقشه‌ی هم تبخیر متوسط ماهانه در شش ماه اول سال (میلی‌متر در روز)

www.SID.ir



شکل ۵. نقشه‌ی هم تبخیر متوسط ماهانه در شش ماه دوم سال (میلی‌متر در روز)

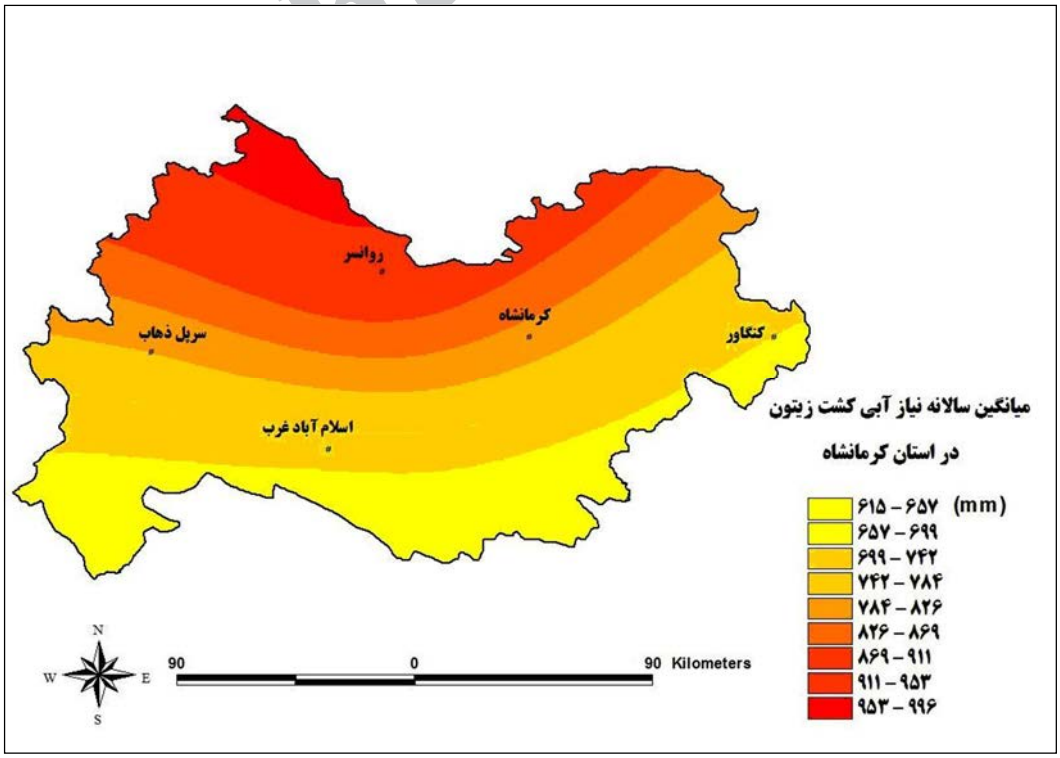
www.SID.ir

جدول ۵. مجموع ET_o در ماه‌های گرم (اول آوریل تا آخر اکتبر)

ردیف	نام‌ایستگاه	مجموع ET_o (mm)
۱	کرمانشاه	۳۵/۴
۴	کنگاور	۳۱/۳
۵	اسلام‌آباد غرب	۳۶/۱
۶	روانسر	۳۳/۱
۷	سرپل ذهاب	۴۱/۲

جدول ۶. شاخص‌های مؤثر در کشت زیتون در ایستگاه‌های منطقه

شاخص	کرمانشاه	کنگاور	اسلام آباد غرب	سرپل ذهاب	روانسر
بارندگی سالانه (mm)	۴۴۴/۹۶	۴۰۰/۱	۴۸۳/۵	۴۵۳/۶	۵۳۰/۱۷
نیاز آبی (mm)	۸۱۰/۵	۶۹۹/۷	۷۲۰/۱	۷۸۶/۳	۹۲۳/۳
بارندگی مؤثر(mm)	۲۰۸/۹	۱۹۴/۶	۲۲۳/۷	۲۱۲/۸	۲۳۵/۵
آب مورد نیاز آبیاری(mm)	۶۰۱/۶	۵۰۵/۱	۴۹۶/۴	۵۷۳/۵	۶۷۸/۸



شکل ۶. پراکندگی نیاز آبی سالانه‌ی درخت زیتون به میلی‌متر در استان کرمانشاه

www.SID.ir

یافته‌های پژوهش

مقوله‌ی غذا و تأمین آن در دنیا از موارد ضروری حیاتی شمرده می‌شود و با توجه به رشد سریع جمعیت و محدود بودن منابع آبی با کیفیت، انتظار می‌رود مهندسان آبیاری با اِعمال شیوه‌های مدیریتی و صرفه‌جویی در آب و همچنین استفاده از روش‌های آبیاری خودکار، بازدهی آبیاری را افزایش دهند. انجام این اقدامات بدون برآورد دقیق نیاز آبی امکان‌پذیر نخواهد بود.

تبخیر ـ تعرق پتانسیل در محاسبه‌ی نیاز آبی، یکی از عوامل مهم و مورد نیاز برای برنامه‌ریزان کشاورزی است. برآورد صحیح مقادیر تبخیر ـ تعرق پتانسیل، برنامه‌ریزانِ کشاورزی را قادر خواهد ساخت تا با مشخص کردن نیاز آبی و مقدار بارندگی مؤثر، برنامه‌ریزی‌های لازم را برای تأمین آب مورد نیاز (از طریق آبیاری منابع آبی مانند روخانه‌ها، چشمه‌ها، قنات و...) انجام دهند. از میان پنج روشی که در این مطالعه برای محاسبه‌ی مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل در ایستگاه‌های منتخبِ استان کرمانشاه استفاده شد، روش فائو ـ پنمن ـ مانتیث به‌عنوان روش مناسب انتخاب شد؛ زیرا کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی (ICID) و سازمان خواروبار جهانی (فائو)، این روش را تنها روش استاندارد برای محاسبه و ارزیابی ET_o دانسته و نسبت به سایر روش‌ها برتر می‌دانند (فرهودی و همکاران، ۱۳۷۹). همچنین در این روش از بسیاری از متغیرهای اقلیمی (تابش، دما، رطوبت و سرعت باد) استفاد می‌شود که باعث بالا رفتن درجه اعتماد و استفاده از آن در دامنه‌ی وسیعی از مناطق مختلف شده است (علیزاده، ۱۳۸۵).

یافته‌ها نشان داد که مقدار ET_o در استان کرمانشاه از ۰/۸ میلی‌متر در روز در ماه ژانویه تا ۸/۵ میلی‌متر در روز در ماه جولای متغیر است. مقادیر به‌دست آمده از تبخیر ـ تعرق پتانسیل و ترسیم آنها به‌صورت نقشه‌های هم تبخیر، به‌ویژه در ماه‌های گرم سال، نشان‌دهنده‌ی اختلاف مقادیر ET_o در سطح منطقه است. نتایج حاصل از بررسی نقشه های هم تبخیر در ماه‌های سرد سال نشان داد که خطوط هم تبخیر در این ماهها از هم فاصله می‌گیرند و جهت‌گیری مشخص ندارند که این موضوع حکایت از عدم اختلاف زیاد مقادیر تبخیر ـ تعرق پتانسیل در منطقه است.

بررسی نقشه‌ی پراکندگی نیاز آبی نشان می‌دهد که ایستگاه روانسر در شمال استان بیشترین و کنگاور در شرق استان کمترین نیاز آبی را برای محصول زیتون دارد. مقدار بارندگی سالانه برای بهره‌وری از درخت زیتون (روغن‌کشی، بهره‌دهی اقتصادی و بالا بردن سرمایه و درآمد کشاورزان) باید بین ۱۲۰۰- ۷۰۰ میلی‌متر باشد، به‌همین دلیل بارش مؤثر آن نیز محاسبه شد.

داده‌های به‌دست آمده از بارش مؤثر نشان می‌دهد که با این مقدار بارندگی، امکان کشت محصول زیتون با هدف روغن‌کشی و بهره‌دهی اقتصادی وجود ندارد و فقط به‌منظور مصارف داخلی استان می‌تواند به‌صورت دیم کشت شود، مگر اینکه با استفاده از منابع آبی دیگری چون چاه و قنات و ...، طی مراحل رشد آبیاری

Archive of SID

www.SID.ir

دوره‌ای انجام داده تا محصول با تنش آبی مواجه نشود. گفتنی است که برای ورود یک محصول در چرخه‌ی اقتصادی یک منطقه، تنها عامل بارش و برآورد نیاز آبی کافی نیست، بلکه به یک سری عوامل اقلیمی (دمای تراکمی، میزان رطوبت، ساعات روشنایی و...) و زمینی (شیب زمین، توپوگرافی منطقه، نوع و بافت خاک) هم نیازمند است.

بحث و نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج عمده‌ای که این مطالعه به آن دست یافته است به‌شرح زیر است:

۱. با توجه به اینکه انتخاب بهترین روش برای محاسبه‌ی میزان تبخیر و تعرق، مهم‌ترین عامل در تعیین میزان آبی و آبیاری گیاهان زراعی است، در این مطالعه با انجام روش‌های مختلف و مشهور، بهترین روش برای محاسبه‌ی این متغیر اقلیمی، روش فائو ـ پنمن ـ مانتیث تعیین شد.

۲. مقایسه‌ی میزان تبخیر و تعرق پتانسیل در ایستگاه‌های مختلف استان، نشاندهنده‌ی تفاوت‌های معنادارِ این متغیر در بخش‌های مختلف استان بود، به‌گونه‌ای که ایستگاه کنگاور با ۳۸/۴ میلی‌متر تبخیر و تعرق سالانه، کمترین و ایستگاه روانسر با ۴۸/۹ میلی‌متر بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند.

۳. محاسبه‌ی نیاز آبی درخت زیتون نیز تأثیر اختلاف زیاد را در تبخیر و تعرق بین ایستگاه‌ها به خوبی نشان داد. به‌طوری که ایستگاه کنگاور با ۶۹۹/۷ میلی‌متر کمترین و ایستگاه روانسر با ۹۲۳/۳ میلی‌متر بیشترین نیاز آبی را در استان دارند.

۴. محاسبه‌ی مقدار بارش مؤثر ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان کرمانشاه، به خوبی نشان می‌دهد اختلاف زیادی بین نیاز آبی درخت زیتون (۷۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر) با بارش مؤثر در ایستگاه‌های منطقه وجود دارد، به‌گونه‌ای که بیشترین بارش مؤثر در ایستگاه روانسر با ۲۳۵/۵ میلی‌متر و ایستگاه کنگاور با ۱۹۴/۶ میلی‌متر کمترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند.

۵. محاسبه‌ی نیاز آبی درخت زیتون در بخش‌های مختلف استان کرمانشاه، حاکی از آن است که ایستگاه اسلام‌آباد غرب با ۴۹۶/۴ میلی‌متر کمترین و ایستگاه روانسر با ۶۷۸/۸ میلی‌متر دارای بیشترین نیاز آبیاری هستند.

۶. با توجه به نتایج مطرح شده‌ی فوق، هیچ یک از ایستگاه‌های مطالعه شده‌ی استان کرمانشاه، از نظر مقدار آب مورد نیاز برای کشت درخت زیتون تأمین نیستند. کشت این درخت زمانی در استان امکان‌پذیر است که کسری آب از منابع دیگری غیر از بارش تأمین شود.

Archive of SID

www.SID.ir

۷. در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، ایستگاه‌های کنگاور و اسلام آباد غرب شرایط مناسب‌تری برای کشت دیم این درخت دارند؛ اما با کشت دیم، امکان تجاری‌سازی این محصول وجود ندارد و تنها می‌توان نیاز استان را برآورده کرد.

با توجه به موارد ذکر شده سه پیشنهاد برای کشت زیتون در استان کرمانشاه مطرح می‌شود:

۱. از آنجاکه بارش استان جواب‌گوی کشت محصول زیتون نیست، پیشنهاد می‌شود از طریق آبیاری، آب مورد نیاز گیاه تأمین شود.
۲. درخت زیتون با هدف بهره‌دهی داخلی به‌صورت دیم کشت شود.
۳. پیشنهاد می‌شود پیش از وارد کردن این گیاه به چرخه‌ی اقتصاد منطقه، عوامل دیگری چون اقلیمی، زمین، رطوبت نسبی، درجه حرارت، نوع خاک، شیب و ارتفاع منطقه را مورد نظر قرار گیرد.

منابع

ادهمی مجرد، محمد حسین. (۱۳۷۳). **بررسی اقلیم متناسب با رویشگاه زیتون**، سازمان کشاورزی گرگان و گنبد، انتشارات فجر رایانه.

امامقلی‌زاده مینایی، معصومه. (۱۳۸۵). **بررسی شرایط آب‌وهوایی شمال استان آذربایجان‌غربی به‌منظور کشت زیتون و پهنه‌بندی زراعی آن منطقه**، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.

بداق جمالی، جواد؛ شیر محمدی، رضا و کوهی، منصوره. (۱۳۸۱). **نیاز خالص آبیاری پنبه تحت تنش خشکی در استان خراسان**، مشهد: بولتن علمی پژوهشکده‌ی اقلیم شناسی مشهد.

روشن، غلامرضا؛ خوش‌اخلاق، فرامرز؛ کرمپور، مصطفی. (۱۳۹۰). **ارزیابی و اصلاح مدل مناسب تبخیر و تعرق بالقوه در ایران**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره‌ی ۷۸، صص. ۶۸-۴۹.

شهاب فر، علیرضا ، احترامیان ، کوروش، معتمدی ، محمد. (۱۳۸۳). **پیش‌بینی کوتاه‌مدت سرمازدگی محصولات کشاورزی با استفاده از رابطه‌ی دمای حداقل در شهر مشهد**، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل.

ضیاء تبار احمدی، میرخالق. (۱۳۷۴). **بررسی و مقایسه روش‌های برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل در استان مازندران**، مجله‌ی نیوار، شماره‌ی ۲۸، صص. ۵۴-۴۰.

علیزاده، امین. (۱۳۸۴). **رابطه‌ی آب و خاک و گیاه**، چاپ پنجم، مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).

علیزاده، امین. (۱۳۸۵). **اصول هیدرولوژی کاربردی**، چاپ بیستم، مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا(ع).

علیزاده، امین؛ کمالی، غلامعلی؛ خانجانی، محمد جواد؛ رهنمود، محمدرضا. (۱۳۸۳). **ارزیابی روش‌های برآورد تبخیر و تعرق در مناطق خشک ایران**، فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی، شماره‌ی ۷۳، صص.۱۰۵-۹۷.

Archive of SID

www.SID.ir

علیزاده، امین؛ میرشاهی، بابک؛ هاشمی نیا، مجید؛ ثنایی نـژاد، حسـین. (۱۳۸۰-۱۳۷۹). **بررسـی دقـت و عملکـرد تبخیر ـ تعرق پتانسیل محاسبه شده به‌روش‌های هارگریوز ـ سامانی و تشتک تبخیـر در ایسـتگاه سینوپتیک استان خراسان**، مجله‌ی فنی تخصصی نیوار، شماره ۴۳-۴۲، صص.۷۰-۵۱.

فرشی، علی اصغر و شریعتی، محمدرضا. (۱۳۷۸). **الگوی مصرف آب در کشاورزی، نیاز آبی گیاهان، الگوی کشت و راندمان آبیاری**، جلد شانزدهم، تهران: نشر آموزش کشاورزی.

فرشی، علی اصغر، شریفی، محمدرضا؛ جارالهی، رقیه؛ قائمی، محمدرضا؛ شهابی‌فر، مهدی؛ تولایی، میرمسـعود. (۱۳۷۴). **برآورد آب مورد نیاز گیاهان زراعی و باغی کشور**، جلد دوم، تهران: نشر آموزش کشاورزی.

فرشی، علی اصغر؛ خیرابی، جمشید؛ سیادت، حمید؛ میر لطفـی، مجیـد؛ دربنـدی، صـمد؛ سـلامت، علیرضـا؛ انتظـاری، محمدرضا و سادات میرئی، محمد حسین. (۱۳۸۲). مدیریت آب آبیاری در مزرعه، چـاپ اول، تهـران: انتشـارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

فرهودی، رحمتا...؛ شمسی پور، علی اکبر. (۱۳۷۹). **برآورد تبخیر ـ تعرق پتانسیل منطقه بلو چسـتان جنـوبی**، مجله‌ی پژو هش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۳۹، صص.۱۱۴-۱۰۵.

قلی‌زاده، محمد حسین. (۱۳۷۸). **بررسی پارامترهای اقلیمی مؤثر در کاشت زیتون در استان لرستان**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تربیت معلم.

محمدی، مهدی و قریشی، رضا. (۱۳۷۶). **شبیه‌سازی فاکتورهای رشد گیاهان زراعـی بـر اسـاس پارامترهـای اقلیمی**، مجله‌ی نیوار، شماره۷۶، صص.۳۲-۴۴.

محمدیان، آزاده؛ علیزاده، امین؛ نصیری محلاتی، مهدی. (۱۳۸۵). **بررسی تأثیر خشکی ایستگاه بر دما، رطوبـت و تبخیر ـ تعرق مرجع (ایستگاه سـینوپتیک مشـهد)**، مجلـه‌ی علـوم کشـاورزی و منـابع طبیعـی، سـال سیزدهم، شماره‌ی اول، صص.۴۳-۳۲.

نادری، نادر؛ علیزاده، امین؛ اینانلو، محمد و حق نیا، غلامحسین. (۱۳۷۸). مقایسه‌ی روش‌های مختلـف بـرآورد تبخیـر و تعرق پتانسیل با داده‌های لایسیمتر در مشهد، مجله‌ی نیوار، شماره‌ی ۴۱، صص. ۷۴-۵۱.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Reas, D. and Smith, M., (1998), **Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirement,** FAO Irrigation and Drainage Paper NO.56, Rome, Italy.

Chahon,j.,Yonts,D.andMelvin,S.,2001,**Estimating Effective Rainfall**, www.iavroubs. unl.edu /irrigation/g1099.htm.

Hargreaves, G.H. and Samani, Z.A, (1982), **Estimating Potential Evapotranspiration,** Journal of Irrigation and Drainage Division, Vol. 108, No. IR3, PP. 225-230.

Hargreaves, G.H., (1994), **Defining and Using Reference Evapotranspiration**, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 120, No. 6, PP. 1132-1139.

Ian, N. and Isa, Y., (2003), **Olive Water Use and Yield Monitoring the Relationship**, RIRDC Publication.

Archive of SID

www.SID.ir

Jin-Fa Chen, J.F., Yeh, H.F., Lee, Ch. H., and Lo, W. H., 2005, **Optimal Comparision of Emperical Equations For Estimating Potential Evapotranspiration in TAIWAN**, XXXI IAHR Congress, Seoul, Korea.

Rao L. Y., Sun, G., Ford, C. R., Vose, J. M., (2011), **Modeling Potential Evapotranspiration of Two Forested Watersheds in the Southern APPALACHIANS**, American Society of Agricultural and Biological Engineers, Vol. 54, No. 6, PP. 2067-2078.

Archive of SID

www.SID.ir