View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Directory of Open Access Journals

نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۲۷ شماره ۱/ بهار ۱۳۹۶

بررسی وضعیت رطوبتی و تولید گیاهان زراعی در اقلیمهای مختلف ایران

سعید شرفی[۱*]، محمود رمرودی[۲]، مهدی نصیری محلاتی[۳]، محمد گلوی[۲]، غلام علی کمالی[۴]

تاریخ دریافت: ۹٤/۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۲۳

۱- دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشگاه زابل
۲- به ترتیب دانشیار و استاد، دانشگاه زابل
۳- استاد، دانشگاه فردوسی مشهد
٤- سازمان هواشناسی کل کشور
*مسئول مکاتبه: Email: sharafi.saeed@gmail.com

چکیده

خشکسالی در دوره‌های زمانی مختلفی رخ می‌دهد، که طول دوره، شدت و گستردگی آن از سالی به سال دیگر متفاوت است. بنابراین مدیریت صحیح در کنترل و کاهش خسارات ناشی از خشکسالی بسیار مهم است. هدف این مقاله جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات استاندارد شده درباره نقش سیستم‌های پیش‌آگاهی با استفاده از شاخص‌های خشکی فائو ٥٦ و یونسکو در زراعت برخی گیاهان مهم زراعی ایران شامل؛ غلات (گندم، جو، ذرت و برنج)، حبوبات (لوبیا، نخود، عدس و یونجه) و گیاهان صنعتی (آفتابگردان، سویا، کلزا، چغندرقند، سیب‌زمینی و پنبه) در مناطق اقلیمی کشور است. در این مطالعه از دوره آماری حداقل ۳۰ ساله (از ۱۹٦۱ تا ۲۰۱۰) استفاده گردید. میانگین بارش سالانه (میلی‌متر در سال) و تبخیر و تعرق مرجع (میلی‌متر در سال) در ایستگاه‌های با اقلیم خیلی خشک به‌ترتیب ۷٦/٥٦ و ۳۰۰۱/۰۳ میلی‌متر در سال بود، این مقادیر برای ایستگاه‌های با اقلیم خشک ۱۹٥/٤۱ و ۲۲٤۹/٤٤، ایستگاه‌های نیمه خشک ۳٤۳/۹ و ۱۳٥۱/٦۲، ایستگاه‌های نیمه مرطوب ٥۸۳/۸ و ۱۱٥۳/٤ و برای ایستگاه‌های مرطوب ۱۲۷۲/۱٦ و ۹٤۹/۹۱ میلی‌متر در سال بود. بیشترین و کمترین بارندگی سالانه به ترتیب در ایستگاه‌های رشت (۱۳۳۷/٥ میلی‌متر در سال) و زابل (٥۷/۷ میلی‌متر در سال) رخ می‌دهد. بیشترین و کمترین تبخیر و تعرق مرجع به‌ترتیب در ایستگاه‌های چابهار (۳۹۰۹/۱٥ میلی‌متر در سال) و بندر انزلی (۸۹۰/٦ میلی‌متر در سال) رخ می‌دهد. بنابراین حدود ۱۳/٦۳ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه شرایط مناسبی جهت تولید محصولات زراعی دارند و ۸٦/۳۷ درصد در وضعیت بحرانی و ناپایدار قرار دارند.

واژه های کلیدی: ایران، پایش خشکسالی، تبخیر، تعرق، شاخص خشکی

Assessment of Moisture Status and Crop Production in Different Climate of Iran

Saeed Sharafi[1*], Mahmud Ramrodi[2], Mehdi Nasiri Mahalati[3], Mohammad Galavi[2], Gholam Ali Kamali[4]

Received: December 2, 2015 Accepted: February 11, 2017
1-PhD Student, University of Zabol, Iran.
2-Assoc. Prof., University of Zabol, Iran.
3-Prof., Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
4-Meteorology Organization of Iran.
*Corresponding Author: E-mail: sharafi.saeed@gmail.com

Abstract

Drought varies with regard to the time of occurrence, duration, intensity, and extent of the area affected from year to year. The objective of this study was therefore to gather and analyze standardized information on Role of Early Warning Systems by FAO_{56} and UNESCO models for cereals (wheat, barley, corn and rice), leguminous (bean, chickpea, lentil and alfalfa) and industrial crops (soybean, sunflower, canola, sugare beat, potato and cotton) in Iran environmental zones. To gather information on perceived risks and foreseen impacts of climatic factors on crops production, we designed a set of qualitative and quantitative data from agrometeorological and agriculture organizations in 44 stations in Iran (1961-2010). Annual average rainfall ($mm.y^{-1}$) and ET_o ($mm.y^{-1}$) in stations with very dry climate are 76.56 and 3001.03, respectively, these rates for stations with dry climate are 195.41 $mm.y^{-1}$ and 2249.44 $mm.y^{-1}$, for stations with semi dry climate is 343.9 $mm.y^{-1}$ and 1351.62 $mm.y^{-1}$, for stations with semi humid climate is 583.8 $mm.y^{-1}$ and 1153.4 $mm.y^{-1}$ and for stations with humid climate is 1272.16 $mm.y^{-1}$ and 949.91 $mm.y^{-1}$. The maximum and minimum of Annual average rainfall happened in Rasht (1337.5 $mm.y^{-1}$) and Zabol (57.7 $mm.y^{-1}$) stations, and the maximum and minimum for Annual average ET_o happened in Chabahar (3909.15 $mm.y^{-1}$) and Anzali harbor (890.6 $mm.y^{-1}$), respectively. Therefore, 13.63 percent of stations have suitable conditions for crop productions and 86.37 percent are in critical and unsustainable conditions.

Keywords: Aridity Index, Drought Monitoring, Evaporation, Iran, Transpiration

مقدمه

اجرای توسعه پایدار هر منطقه نیازمند برنامه‌ریزی دقیق بر اساس استعدادها و محدودیت‌های منابع است و اقلیم هر منطقه از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده توان توسعه محل می‌باشد. در این بین خشکسالی می‌تواند به‌عنوان یک پدیده نسبی بررسی گردد که از کمبود بارندگی منشا گرفته و در مناطق کم باران رخ می‌دهد (دونای و زاکو ۱۹۸۷). اگرچه خشکسالی‌ها در سطح وسیع قابل پیش‌بینی دقیق نیستند ولیکن زمان، مدت و شدت و

گستره وقوع آن قابل پیش‌بینی است. هر کشوری نیاز دارد اطلاعات اقلیمی در راستای توسعه کشاورزی پایدار جمع‌آوری و طبقه‌بندی نماید؛ بنابراین سیاست‌گذاران می‌توانند نقشه راه را برای آینده کشور خود ترسیم نمایند. در بخش کشاورزی آن‌ها نیازمند داشتن اطلاعات دقیق درباره مقادیر تبخیر و تعرق، خشکسالی (تعیین شاخص خشکی) و انتخاب گیاهان بوم‌سازگار برای هر منطقه هستند. در آینده، بسیاری از کشورها اثرات منفی ناشی از پدیده گرمایش جهانی را احساس خواهند نمود؛ افزایش دما و به طبع آن افزایش تبخیر و تعرق و کاهش بارندگی‌ها تغییرات اقلیمی شدیدی را در پی خواهد داشت (شورای غیر دولتی تغییر اقلیم ۲۰۰۷). همچنین اسزالای و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که در اثر پدیده خشک‌سالی، بطور متوسط ۳٦ درصد تولیدات کشاورزی از بین می‌رود. این خسارت جدای از خسارت‌های ناشی از سیل، تگرگ و یخبندان می‌باشد. بنابر مطالب گفته شده در کشورهای آسیب‌پذیر، باید به دنبال راه چاره‌ای برای این پدیده بود (اسوبودا ۲۰۰۰).

یکی از راه‌های کاهش بحران آب در کشاورزی به واسطه پایین بودن راندمان مصرف آن و استفاده بیش از حد منابع موجود، مدیریت آب در تامین نیاز آبی گیاهان زراعی است. در این زمینه تبخیر و تعرق شاخص تعیین‌کننده‌ای در فرایند رشد است که معادل آب مورد نیاز گیاهان زراعی قلمداد می‌شود. به همین خاطر تخمین دقیق آن با توجه به شرایط آب و هوایی هر منطقه و گیاه صورت می‌گیرد. جایگاه و نقش عوامل جوی و فیزیولوژی گیاه در فرایند تبخیر و تعرق سبب پیچیدگی این فرایند و ارایه روش‌های بسیاری برای تخمین آن شده است (کوچک‌زاده و بهمن ۲۰۰٤). گرچه لایسیمتر تنها روش مستقیم برآورد تبخیر و تعرق است، ولیکن هزینه سنگین نصب و نگهداری، استفاده از آن را مشکل ساخته است. تا کنون بیش از ۵۰ روش تخمین تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_o) در قالب روش‌های ترکیبی، آئرودینامیک و تجربی ارایه شده است، که اغلب با توجه به داده‌های هواشناسی نتایج متفاوتی دارند (گریسمر و همکاران ۲۰۰۲). روش مناسب تعیین ET_o در هر منطقه بستگی به شرایط اقلیمی، داده‌های مورد نیاز و هزینه-های مربوط به آن دارد (سبزی‌پرور و همکاران ۱۳۸۷). سالیه و سندیل (۱۹۸۳) روش جنسن هیز و هارگریوز را برای کالیبره کردن روابط تجربی در مناطقی با اقلیم خشک مثل عربستان سعودی مناسب دانستند. در مطالعه‌ای دیگر، روش جنسن‌هیز و هارگریوز برای اقلیم-های خشک و نیمه خشک پیشنهاد گردید (ایرماک و همکاران ۲۰۰۳). دهقانی و همکاران (۲۰۰٤) مدل پنمن-مانتیث و پنمن را برای یک نمونه اقلیمی نیمه خشک در ایران معرفی کردند. در تحقیقی تبخیر و تعرق روزانه گیاه مرجع از روش‌های هارگریوز، ماکینگ، تورک و پاپاداکیس برای اقلیم‌های مختلف ایران بر اساس اقلیم نمای کاپون محاسبه و با روش استاندارد پنمن مانتیث فائو مقایسه شد (کوچک‌زاده و نیک‌بخت ۲۰۰٤). نتایج آنان نشان داد که روش هارگریوز در اقلیم‌های خشک بیابانی، نیمه‌خشک و مدیترانه‌ای؛ روش تورک در اقلیم-های فراخشک، مرطوب و نیمه مرطوب و روش مکینگ در اقلیم خیلی مرطوب مناسب است. دین‌پژوه (۲۰۰٦) بر اساس شاخص خشکی سه روش هارگریوز، لینیاکر و ترنت‌وایت اصلاح شده، ETo در سطح ایران را مورد مطالعه قرار داد. وی برای غرب و شمال غرب کشور روش هارگریوز، برای شمال و شمال شرق روش ترنت وایت، و در مرکز و جنوب شرق کشور روش لینیاکر را پیشنهاد کرد. در عین حال محققان زیادی روش پنمن مانتیث را به دلیل جامع بودن آن، به عنوان روشی مناسب در بیشتر مناطق دنیا پیشنهاد داده‌اند که حاصل آن در مطالعات سان و سونگ (۲۰۰۸)، رحیمی‌خوب (۲۰۰۸)، گانگ و همکاران (۲۰۰۸) و دیگران منتشر شده است. همچنین رضییه و همکاران (۲۰۰۸) توزیع فضایی بارندگی فصلی و سالانه را در غرب ایران با استفاده از داده‌های حاصل از ۱٤۰ ایستگاه برای یک دوره ۳۵ ساله مورد بررسی قرار داده و با استفاده از ۹ متغیر مرتبط

با بارندگی، با استفاده از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی و سپس روش تجزیه کلاستر نشان دادند که مناطق شمالی و جنوب غربی ایران با متغیرهای اقلیمی متفاوتی تعیین خصوصیت می‌شوند. بنابراین یک سیستم پیش‌آگاهی ایده‌آل در بر گیرنده‌ی داده‌های اقلیمی کافی و دقیق، اطلاعات درست در زمینه کشاورزی، برآورد و تخمین صحیح عملکرد گیاهان، میزان دسترسی به آب و به تعادل کشاندن شرایط بقا در مناطق مختلف می‌باشد (مونیک ۲۰۰۰). همچنین با مدیریت مناسب می‌توان اثرات سوء طیف وسیعی از خشکسالی‌ها را کاهش داد. در سال‌های اخیر و با توجه به رشد روز افزون جمعیت، تخریب خاک، کاهش منابع آب، سناریوهای متعدد ارائه شده برای تغییر اقلیم، کشاورزی پایدار جایگاه خاصی در تحقیقات پیداکرده است. از آنجایی- که کشاورزی یک فعالیت مرتبط با اقلیم بوده و بر اساس اطلاعات هوشناسی سال‌های گذشته خشکی اول فصل رشد و خشکی اواخر دوره رشد گیاهان زراعی در بیشتر مناطق دیم به کرات اتفاق می‌افتد بنابراین، نقش سیستم پیش‌آگاهی در کشاورزی پایدار خیلی مهم می‌باشد. هرچند که در ایران، سازمان‌های زیادی سئولیت مدیریت خشکسالی را عهده‌دار هستند، اما پیش‌بینیوقوع خشکسالی در مراحل مختلف دوره رشد گیاهی هنوز پیشرفت شایانی نکرده است. در این مقاله با استفاده از دو روش و الگوی معرفی شده برای ارزیابی خشکسالی بر اساس فرمول‌های FAO_{56} و UNESCO یک سیستم ساده پیش- آگاهی در راستای فعالیت‌های انجام شده در خصوص کشاورزی پایدار به‌طور برجسته اشاره خواهد شد.

مواد و روش‌ها

ایران در نیمکره شمالی بین عرض‌های جغرافیایی ۲۵ الی ٤٠ درجه قرار گرفته است و تقریبا تمام مناطق آن در ارتفاع بالای ٤٧٥ متر و دارای اختلاف ارتفاع بیش از ۲۵۰۰ متر می‌باشند. در این مطالعه از دوره آماری حداقل ۳۰ ساله (از ۱۹٦۱ تا ۲۰۱۰) استفاده گردید. شایان ذکر است، این داده‌ها مورد تایید سازمان هواشناسی کشور بوده و نیاز به بازسازی ندارند. به همین منظور ابتدا داده‌های منطقه مورد مطالعه که توسط ایستگاه‌های هواشناسی مختلف اعم از سینوپتیک و کلیماتولوژی جمع آوری شد، گردآوری و بررسی گردیدند. با توجه به اینکه تعدادی از ایستگاه‌ها اساسا فاقد آمار بوده یا آمار موجود در آن‌ها از نظر طول دوره آماری مناسب نبودند، این ایستگاه‌ها از مطالعه حذف شده و تنها ایستگاه‌های دارای طول دوره آماری بلندمدت باقی ماند که شامل؛ آبادان، اهواز، بندر لنگه، بندر عباس، بوشهر، چابهار، ایرانشهر، کرمان، طبس، یزد، زابل، بم، دزفول، فسا، اصفهان، کاشان، سبزوار، سمنان، شاهرود، تربت‌حیدریه، زاهدان، آباده، اراک، بندرانزلی، بیرجند، بجنورد، قزوین، گرگان، همدان، کرمانشاه، خرم‌آباد، مشهد، نوشهر، رامسر، رشت، شیراز، تبریز، تهران، اردبیل، خوی، سنندج، شهرکرد، ارومیه و زنجان بودند. علاوه بر آن برای ایجاد هماهنگی در تلفیق داده‌ها و ایجاد نقطه کمکی و نشانه برای پیدا کردن مناطق هم‌باران و هم‌دما، از آمار و اطلاعات از ایستگاه‌ها استفاده گردید. به طور معمول، متغیرهای اقلیمی نوساناتی را در سال‌های مختلف نشان می‌دهند. به عنوان مثال ممکن است در طی ۱۰ سال، میزان دمای هوا روند افزایشی، و در ۱۰ سال بعد روند نزولی را نشان دهد و به سطح دمای ۲۰ سال قبل برسد. در نتیجه، یک معادله درجه ۲ می‌تواند چنین روندی را توجیه نماید (سلطانی و سینکلر ۲۰۱۲). با این توضیح، تغییری (کاهش و یا افزایش) را می‌توان پایدار در نظر گرفت که در طی ۳۰ سال گذشته روندی خطی داشته باشد. بر همین اساس، تنها به برآورد ضرایب رگرسیون معادله خطی $Y=a+bX$ توسط نرم‌افزار SAS اکتفا گردید. در این معادله، X نشان دهنده سال، a و b پارامترهای معادله و Y مقدار متغیر اقلیمی می‌باشد. از مشتق این معادله، یعنی b (شیب یا ضریب زاویه معادله) برای نشان دادن کاهشی و یا افزایشی بودن و همچنین سرعت تغییر متغیرها استفاده شد (قلی‌پور ۲۰۰۸). برای محاسبه مقدار

بارندگی و دمای هر سلول از منطقه مطالعاتی، با استفاده از نرم‌افزار SPSS بین طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع هر ایستگاه با مقدار متوسط ٤٠ ساله بارندگی و دما در هر ماه همبستگی چند متغیره گرفته شد تا مقدار متوسط بارندگی و دمای درازمدت ماهانه با توجه به طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع قابل محاسبه باشد.

روش‌های محاسباتی با توجه به نوع داده‌های ورودی (دما، رطوبت نسبی، سرعت باد، میزان بارندگی و مختصات جغرافیایی و ارتفاع هر ایستگاه) شامل ۷ روش ترکیبی بر پایه پنمن، ۲ روش دمایی، سه روش ترکیبی تشعشعی-دمایی و یک روش تشعشعی بودند (زارع و همکاران ۲۰۱۰). بنابراین از تخمین‌گر کریجینگ برای برآورد تبخیر و تعرق بر اساس مقدار محاسبه شده در نقاط با مختصات معلوم استفاده شد. کریجینگ به عنوان بهترین تخمین‌گر نااریب[1] (BLUE) بر منطق میانگین متحرک وزنی استوار است (حبشی و همکاران ۲۰۰۷). در تخمین‌گر کریجینگ، مقادیر برآوردی تبخیر و تعرق از مجموع حاصل‌ضرب یک فاکتور وزنی در مقادیر مشاهداتی آن با استفاده از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$ET_o^*(X_i) = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i \, \mathrm{ET_o}(X_i) \qquad \text{[رابطه ۱]}$$

که در آن $ET_o^*(X_i)$ مقدار تبخیر و تعرق مورد تخمین، $\mathrm{ET_o}(X_i)$ تبخیر و تعرق نمونه iام، و γ_i وزن یا اهمیت تبخیر و تعرق وابسته به نمونه iام و بیان‌گر اهمیت نقطه iام در برآورد است.

از آنجا که شرط استفاده از این تخمین‌گر نرمال بودن متغیر مورد بررسی ($\mathrm{ET_o}$) است، لذا از آزمون کولموگراف- اسمیرنوف[2] برای این منظور استفاده شد. در نهایت پس از وارد کردن مشخصات ایستگاه‌ها شامل نام ایستگاه، طول و عرض جغرافیایی و تبخیر و تعرق محاسباتی به محیط نرم‌افزار GIS، پهنه‌بندی انجام گرفت. گروه‌بندی $\mathrm{ET_o}$ در مناطق مختلف مدل پیشنهادی مناسب از $\mathrm{ET_o}$ است که در هر اقلیم بر اساس کمترین اختلاف با مقادیر تخمین‌گر حاصل شده است. همچنین برای ارزیابی دقت و سنجش نتایج بدست آمده، روش‌های مختلفی وجود دارد. آماره‌های مشابهی برای سنجش اعتبار و درستی مدل‌ها وجود دارد که از بین آنها می‌توان به ضریب تبیین[3] (R^2)، ریشه میانگین مربعات خطاها[4] (RMSE) و میانگین خطای اریبی[5] (MBE) اشاره کرد (جاکوویکس ۱۹۹۷). بر اساس آماره‌های یاد شده، مناسب‌ترین روش در هر اقلیم پیشنهاد گردید و به‌عنوان روش مبنا برای ایستگاه‌های مورد بررسی لحاظ گردید.

با بررسی توزیع مکانی اطلاعات تبخیر و تعرق ٤٤ ایستگاه مورد مطالعه و استفاده از مقادیر رقومی مرزها، داده‌های متغیرهای داخل مرزها به کل کشور تعمیم داده شد. ترسیم خطوط هم تبخیر و تعرق (ISO $\mathrm{ET_o}$) در نرم-افزار Surfer با استفاده از ترکیب داده‌ها $\mathrm{ET_o}$ و اطلاعات جغرافیایی هر ایستگاه انجام گرفت. پس از محاسبه مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل در هر ایستگاه، مقادیر تبخیر و تعرق برای گیاهان ($\mathrm{ET_C}$) مورد بررسی (گندم، جو، ذرت، برنج، لوبیا، نخود، عدس، یونجه، آفتابگردان، سویا، کلزا، چغندرقند، سیب‌زمینی و پنبه) و بعد از یافتن ضرایب گیاهی (Kc) برای سه مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن ($\mathrm{Kc_{ini}}$)، گلدهی ($\mathrm{Kc_{mid}}$) و رسیدگی کامل ($\mathrm{Kc_{end}}$) از جدول فائو ٥٦ محاسبه گردید (جدول ۱). بنابراین با توجه به اطلاعات بدست آمده برای هر محصول و هر ایستگاه می‌توان بر اساس میزان تبخیر و تعرق نسبت به پیشنهاد کاشت هر یک از گیاهان زراعی بر اساس کشاورزی بوم‌سازگار و بومی سازی آن گیاه در مناطق مورد آزمایش اقدام نمود.

[1] - Best Linear Unbiased Estimator
[2] - Kolmogorov-Smirov
[3] - Coefficient of Determination
[4] - Root of Square Error
[5] - Mean Bias Error

جدول ۱- میانگین ضریب گیاهی (یک جزیی) و حداکثر ارتفاع گیاه تحت شرایط بدون تنش، مدیریت زراعی مطلوب و اقلیم نیمه مرطوب (RH_{min}=45 درصد و سرعت باد ۲ متر بر ثانیه) برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع به روش پنمن مانتیث فائو

گیاه زراعی	ضریب گیاهی سبز شدن (Kc_{ini})	ضریب گیاهی گلدهی (Kc_{mid})	ضریب گیاهی رسیدگی (Kc_{end})	حداکثر ارتفاع گیاه (m)
گندم پاییزه	۰/٤	۱/۱٥	۰/۲٥-۰/٤	۱
جو	۰/۳	۱/۱٥	۰/۲٥	۱
ذرت	۰/۷	۱/۲	۰/۳٥-۰/٦	۲
برنج	۱/۰٥	۱/۲	۰/٦-۰/۹	۱
لوبیا	۰/٤	۱/۱٥	۰/۳٥	۰/٤
نخود	۰/٤	۱/۱٥	۰/۳٥	۰/٤
عدس	۰/٤	۱/۱	۰/۳	۰/٥
یونجه	۰/٤	۰/۹٥	۰/۹	۰/۷
پنبه	۰/۳٥	۱-۱/۱٥	۰/۳٥	۲
آفتابگردان	۰/٤	۱/۱٥	۰/٥	۰/٥-۱
سویا	۰/۳٥	۱/۱-۱/٥	۰/۳٥	۰/٦
کلزا	۰/۳٥	۱/۲	۰/۷	۰/٥
چغندر قند	۰/٥	۱/۱٥	۰/۷٥	۰/٦
سیب‌زمینی	۰/۳٥	۱/۱٥-۱/۲	۰/٥-۰/۷	۱/۲-۱/٥

همچنین سازمان جهانی خشکسالی از سال ۱۹۹۹-۱۸۷٥، در طی ۱۲٥ سال گذشته بر اساس میزان بارندگی مناطق مختلف و با استفاده از فرمول‌های بلانی-کریدل و پنمن-مانتیث شاخص خشکی را ارایه کرد. بر اساس این دو شاخص زیر معرفی گردیدند:

$$AI_{FAO56} = \frac{PE - AE}{PE} \times 100$$ [رابطه ۲]

$$AI_{UNESCO} = \frac{P}{ET_O} \times 100$$ [رابطه ۳]

PE تبخیر و تعرق پتانسیل بر اساس فرمول مانتیث، که با استفاده از درجه حرارت، میزان تشعشع، رطوبت نسبی و سرعت باد قابل محاسبه می‌باشد. AE، میزان تبخیر و تعرق واقعی است و با استفاده از روش بیلان آبی تورنت وایت[1] محاسبه می‌گردد. سپس اعداد محاسبه شده را بر اساس جدول شاخص خشکی (جدول ۲) طبقه‌بندی می-نماییم.

جدول ۲- مقادیر شاخص خشکی در دو معادله AI_{FAO56} و AI_{UNESCO}

ناحیه	شاخص خشکی (AI_{FAO56})
مرطوب	منفی تا صفر
نیمه خشک	۱-۲٥
خشک	۲٦-٥۰
خیلی خشک	٥۰
بخش دوم	
افتتاحیه	شاخص خشکی (AI_{UNESCO})
خیلی خشک	(AI ۰/۰۳)
خشک	(AI=۰/۰۳-۰/۲)
نیمه خشک	(AI=۰/۲-۰/٥)
نیمه مرطوب	(AI=۰/٥-۰/۷٥)
مرطوب	(AI=۰/۷٥-۱)
خیلی مرطوب	(AI ۱)

[1] Thornthwaite's Water Balance Technique

نتایج و بحث

در این مقاله تبخیر و تعرق گیاه مرجع از روش‌های تعریف شده در نرم‌افزار Ref-ET محاسبه گردید که نتایج و فرمول‌های مورد استفاده آن در جدول ۳ آمده است. ایستگاه‌ها بر اساس مقادیر بارندگی، تبخیر و تعرق مرجع و تبخیر و تعرق گیاه زراعی تقسیم‌بندی شدند. حداکثر مقدار ET_o در ایستگاه‌های چابهار (۱۰/۷۱ میلی-متر در روز) و زابل (۱۰/۳٤ میلی‌متر در روز) و کمترین مقدار ET_o بترتیب در ایستگاه‌های بندر انزلی، نوشهر و رامسر (۲/٤٤، ۲/۵۰ و ۲/۵۱ میلی‌متر در روز) رخ می‌دهد (جدول ٤). طبق محاسبات بارندگی اقلیم ایران به ۵ ناحیه تقسیم می‌گردد (AI_{UNESCO})، بر همین اساس ۱۷ ایستگاه در ناحیه خشک (٤۷/۷۲ درصد)، ۱۳ ایستگاه در ناحیه نیمه خشک (۲۹/۵٤ درصد)، ۵ ایستگاه در ناحیه خشک (۱۱/۳٦ درصد که قابلیت کشت و زرع ندارند)، ٤ ایستگاه در ناحیه خیلی مرطوب (۹/۰۹ درصد) و فقط ایستگاه گرگان در ناحیه نیمه مرطوب قرار می‌گیرد. بنابراین ۱۳/٦۳ درصد از کل مساحت کشورمان شرایط مناسبی جهت تولید محصولات زراعی دارند و ۸٦/۳۷ درصد در وضعیت بحرانی قرار دارند (جدول ۸).

جدول ٤ نشان می‌دهد که گندم و جو شرایط مشابهی به لحاظ پتانسیل تبخیر و تعرق دارند و کشاورزان می-توانند در کلیه نقاط کشور به کشت و زرع آن‌ها بپردازند. همچنین شرایط اقلیمی و طبیعی برای برنج کاملا بر عکس است و فقط چند ایستگاه محدود می‌توانند این گیاه را بکارند (ایستگاه‌های بندر انزلی، رشت، رامسر، نوشهر و گرگان). در ایستگاه‌های مذکور طبق محاسبات انجام گرفته ۱۲۵ روز ابری در مراحل نموی برنج وجود دارد (نتایج منتشر نشده است) و بنابراین مقدار ET_C کمتر از ۳ میلی‌متر در روز است. همچنین نتایج نشان داد که ایستگاه‌های تبریز، اردبیل، خوی، ارومیه و زنجان قادر به کاشت این گیاه می‌باشند، اما ممکن است عامل بازدارنده پایین بودن درجه حرارت در این ایستگاه‌ها باشد (جدول ٤).

در رابطه با گیاهان خانواده لگومینوز و توانایی کشت آن‌ها در شرایط اقلیمی ایران، نتایج نشان داد که بندر انزلی، بیرجند، قزوین، گرگان، همدان، کرمانشاه، رامسر، رشت، شیراز، اردبیل، خوی، سنندج، شهرکرد و زنجان شرایط اقلیمی مناسبی برای کاشت لوبیا و نخود دارند (جدول ۵). همچنین این شرایط برای عدس و یونجه فراهم می‌باشد و بنابراین عوامل اقتصادی در انتخاب نوع محصول مورد کاشت موثر باشند، چرا که کشاورز تمایل دارد گیاهی را انتخاب کند که به لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد و درآمد بیشتری کسب نماید (جدول ۵).

میانگین بارش سالانه (میلی‌متر در سال) و تبخیر و تعرق مرجع (میلی‌متر در سال) در ایستگاه‌های با اقلیم خیلی خشک بترتیب ۷٦/۵٦ و ۳۰۰۱/۰۳ (میلی‌متر در سال) بود، این مقادیر برای ایستگاه‌های با اقلیم خشک ۱۹۵/٤۱ و ۲۲٤۹/٤٤، برای ایستگاه‌های نیمه خشک ۳٤۳/۹ و ۱۳۵۱/٦۲، برای ایستگاه‌های نیمه مرطوب ۵۸۳/۸ و ۱۱۵۳/٤ و برای ایستگاه‌های مرطوب ۱۲۷۲/۱٦ و ۹٤۹/۹۱ میلی‌متر در سال بود. بیشترین و کمترین بارندگی سالانه به‌ترتیب در ایستگاه‌های رشت (۱۳۳۷/۵ میلی‌متر در سال) و زابل (۵۷/۷ میلی‌متر در سال) رخ می‌دهد. بیشترین و کمترین تبخیر و تعرق مرجع به‌ترتیب در ایستگاه‌های چابهار (۳۹۰۹/۱۵ میلی‌متر در سال) و بندر انزلی (۸۹۰/٦ میلی‌متر در سال) رخ می‌دهد (جدول ۸). شیب خط و ضریب همبستگی مقادیر تبخیر و تعرق مرجع (میلی‌متر در سال) به‌ترتیب در اقلیم های پنج گانه خیلی خشک (۲۰/۸، r^2=۰/٦۷)، خشک (۱۸/۰۹–، r^2=۰/۷۵)، نیمه خشک (۱۷/۸۷، r^2=۰/٦۹)، نیمه مرطوب (۹/۰۵، r^2=۰/۳۷) و مرطوب (۵۷/۳، r^2=۰/۹۱) بود.

جدول ۳- خطای محاسبه شده ET_o در مدل‌های استفاده شده برای شرایط اقلیمی ایران

مدل پیشنهاد شده	میانگین خطای اریبی ($mm.d^{-1}$)	ریشه میانگین مربع خطا ($mm.d^{-1}$)	ضریب کارایی	اقلیم
$ET_{o\ Hgs} = 0.0162\ (k_r).R_A.TD^{0.5}(T+17.8)$	۰/۱٤	۰/۸۱	۰/۷۸	نیمه
	۰/۰۹	۰/۹۹	۰/۸۹	خشک
$ET_{o\ Pen\ 1948} = \frac{\Delta R_{n+\gamma E_a}}{\Delta+\gamma}$	−۰/۲۱	۰/۷۱	۰/٤٥	خشک
	−۰/۷٦	۱/۳۲	۰/۹۳	
$ET_{o\ PenF24} = C[\frac{\Delta}{\Delta+\gamma}R_n + \frac{\gamma}{\Delta+\gamma}(0.27)(1+0.01U_{2m})(e_{sa}-e_a)]$	۰/۰٦	۰/٦٥	۰/٦۷	مرطوب
$ET_{o\ PMF56} = \frac{0.48(R_n-G)+\gamma\frac{900}{T+237}U_2(e_{sa}-e_a)}{\Delta+\gamma(1+0.34\ U_2)}$	−۰/۳٤	۱/۳۲	۰/۹	خیلی
	−۰/۹٤	۲/۰۱	۰/۳۳	خشک
$ET_{o\ BC\ 24} = a+b(p(0.46T+8.13))$	−۰/٦٥	۰/۰۸	۰/۹۷	نیمه
	۰/۸۹	۱/۳٥	۰/۸۷	خشک
---	−۰/۱۹	۱/۰۲	۰/۷٥	میانگین

شاید یکی از عوامل تاثیر گذار در منفی بودن شیب خط تبخیر و تعرق مرجع برای مناطق خشک کاهش شدید بارش‌ها در سال‌های گذشته بوده و از طرف دیگر آبی در خاک وجود ندارد که تبخیر شود (جدول ۸). مقادیر شیب خط معادلات خطی برای بارندگی هر یک از ایستگاه‌های مورد ارزیابی در جدول ۸ آمده است. بیشترین کاهش بارندگی در ایستگاه سنندج (شیب ۷/۸۹-) رخ داده، که این شیب بسیار منفی و بنابراین خسارات جبران ناپذیری در نقاط همسایه نیز در پی داشته است. همچنین کمترین تغییرات در میزان بارندگی در ایستگاه چابهار بود که شیب معادله آن ۰/۷۸ بود. نکته قابل توجه وجود تغییرات شدید در نقاط پر باران کشور می‌باشد که در طی ٦۰ سال گذشته تغییرات زیادی داشته‌اند، به عبارت دیگر ایستگاه‌های مناطق نیمه خشک، نیمه مرطوب و مرطوب بیشتر تاثیر منفی ناشی از کاهش بارندگی را داشته‌اند و این موضوع می‌تواند در دراز مدت برای کشاورزی ایران مشکلات عدیده‌ای را در پی داشته باشد. نتایج این تحقیق با پژوهش‌های سبزی‌پرور (۲۰۰۸)، رحیمی‌خوب (۲۰۰۸)، دهقانی و همکاران (۲۰۰٤)، دین‌پژوه (۲۰۰٦) و زارع و همکاران (۲۰۱۰) همخوانی دارد.

بر طبق شاخص‌های تعیین شده (مطابق جدول ۲ب)، ایستگاه‌های کاشان، اراک، بجنورد، نوشهر، تبریز و اردبیل برای گندم و ایستگاه‌های نوشهر، تبریز و اردبیل برای جو، لوبیا و نخود مناسب تشخیص داده شده و کشاورزان می‌توانند حتی این محصولات را به‌صورت دیم کشت کنند. متاسفانه شرایط محیطی و اقلیمی برای ذرت و برنج در ایستگاه‌های مورد بررسی مناسب تشخیص داده نشد. ذرت در کل ایستگاه‌ها شرایط مشابهی دارد بنابراین عامل تعیین کننده دمای بالا و فراهمی آب است (کشت آبی ذرت)، همچنین این شرایط برای برنج نیز مشابه با ذرت می‌باشد (جدول ۹). حال اگر مرحله آخر ET_C را برای ذرت در نظر نگیریم و فرض بر این باشد که این گیاه به‌صورت علوفه کشت گردد شرایط متفاوت خواهد بود و در ایستگاه‌های با بارندگی مناسب می‌توان این گیاه را مورد کشت و کار قرار داد (نتایج منتشر نشده است). در نهایت شرایط اقلیمی برای آفتابگردان، کلزا، چغندرقند و پنبه خشک و بسیار خشک می‌باشد، بنابراین این گیاهان نمی‌توانند شرایط کم آبی را تحمل کنند و کشاورزان مجبور هستند این گیاهان را به‌صورت آبی کشت کنند، اما در رابطه با سویا ایستگاه‌های بجنورد، تبریز و اردبیل شرایط مناسبی دارند. همچنین ایستگاه‌های کاشان، اراک، بجنورد، نوشهر، تبریز و اردبیل شرایط مناسبی برای کشت سیب‌زمینی دارند (جدول ۱۰). بنابراین با کاربرد شاخص‌های اقلیمی در پهنه‌بندی اگرواکولوژیک می‌توان مدیریت تلفیقی و چند

بعدی در نظام‌های زراعی را بهبود داده و با ارزیابی مناسب شرایط موجود و پیش آگاهی‌های اقلیمی از منابع موجود به‌صورت پایدار و با بهره‌وری مناسب استفاده کرد (آرایا و همکاران ۲۰۱۰، بیشنوی ۲۰۱۰).

جدول ۴- مقادیر ET_o، AE برای مراحل سبز شدن (AE_{ini})، گلدهی (AE_{mid}) و رسیدگی گیاه (AE_{end}) و ET_C برای غلات مهم ایران

ایستگاه	گندم					جو					ذرت				برنج			
	ET_O	AE_{ini}	AE_{mid}	AE_{end}	ET_C	AE_{ini}	AE_{mid}	AE_{end}	ET_C	AE_{ini}	AE_{mid}	AE_{end}	ET_C	AE_{ini}	AE_{mid}	AE_{end}	ET_C
آبادان	۸/۲۹	۳/۳۲	۹/۵۳	۲/٦۹	۵/۱۸	۲/٤۹	۹/۵۳	۲/۰۷	٤/۷	۵/۸	۹/۹۵	۳/۹٤	٦/۵٦	۸/۷	۹/۹۵	۳/۹	۷/۵۲
اهواز	۸/۰۵	۳/۲۲	۹/۲٦	۲/٦۲	۵/۰۳	۲/٤۲	۹/۲٦	۲/۰۱	٤/۵٦	۵/٦٤	۹/٦٦	۳/۸۲	٦/۳۷	۸/٤۵	۹/٦٦	۳/۷۸	۷/۳
بندر لنگه	۵/۸٤	۳/۲۲	۹/۲٦	۲/٦۲	۵/۰۳	۱/۷۵	۹/۲٦	۱/٤٦	٤/۱٦	٤/۰۹	۷/۰۱	۲/۷۷	٤/٦۲	٦/۱۳	۷/۰۱	۲/۷٤	۵/۲۹
بندر عباس	۵/۷٤	۲/۳٤	٦/۷۲	۱/۹	۳/٦۵	۱/۷۲	٦/۷۲	۱/٤٤	۳/۲۹	٤/۰۲	٦/۸۹	۲/۷۳	٤/۵٤	٦/۰۳	٦/۸۹	۲/۷	۵/۲
بوشهر	۵/۲	۲/۳	٦/٦	۱/۸۷	۳/۵۹	۱/۵٦	٦/٦	۱/۳	۳/۱۵	۳/٦٤	٦/۲٤	۲/٤۷	٤/۱۲	۵/٤٦	٦/۲٤	۲/٤٤	٤/۷۱
چابهار	۱۰/۷۱	۲/۰۸	۵/۹۸	۱/٦۹	۳/۲۵	۳/۲۱	۵/۹۸	۲/٦۸	۳/۹٦	۷/۵	۱۲/۸	۵/۰۹	۸/٤۸	۱۱/۲	۱۲/۸	۵/۰۳	۹/۷۱
ایرانشهر	۷/۳	٤/۲۸	۱۲/۳	۳/٤۸	٦/٦۹	۲/۱۹	۱۲/۳	۱/۸۳	۵/٤٤	۵/۱۱	۸/۷٦	۳/٤۷	۵/۷۸	۷/٦۷	۸/۷٦	۳/٤۳	٦/٦۲
کرمان	۷/۰۳	۲/۹۲	۸/٤	۲/۳۷	٤/۵٦	۲/۱۱	۸/٤	۱/۷٦	٤/۰۹	٤/۹۲	۸/٤٤	۳/۳٤	۵/۵۷	۷/۳۸	۸/٤٤	۳/۳	٦/۳۷
طبس	۵/۷٤	۲/۸۱	۸/۰۸	۲/۲۸	٤/۳۹	۱/۷۲	۸/۰۸	۱/٤٤	۳/۷۵	٤/۰۲	٦/۸۹	۲/۷۳	٤/۵٤	٦/۰۳	٦/۸۹	۲/۷	۵/۲
یزد	٦/۹۵	۲/۳	٦/٦	۱/۸۷	۳/۵۹	۲/۰۹	٦/٦	۱/۷٤	۳/٤۷	٤/۸۷	۸/۳٤	۳/۳	۵/۰	۷/۳	۸/۳٤	۳/۲۷	٦/۳
زابل	۱۰/۳٤	۲/۷۸	۷/۹۹	۲/۲٦	۳/۳٤	۳/۱	۷/۹۹	۲/۵۹	٤/۵٦	۷/۲٤	۱۲/٤	٤/۹۱	۸/۱۹	۱۰/۹	۱۲/٤	٤/۸٦	۹/۳۷
بم	۷/٦۵	٤/۱٤	۱۱/۹	۳/۳٦	٦/٤٦	۲/۳	۱۱/۹	۱/۹۱	۵/۳۷	۵/۳٦	۹/۱۸	۳/٦۳	٦/۰٦	۸/۰۳	۹/۱۸	۳/٦	٦/۹٤
دزفول	٦/۸۸	۳/۰٦	۸/۸	۲/٤۹	۴/۷۸	۲/۰٦	۸/۸	۱/۷۲	٤/۱۹	٤/۸۲	۸/۲٦	۳/۲۷	۵/٤۵	۷/۲۲	۸/۲٦	۲/۲۳	٦/۲٤
فسا	۵/۸	۲/۷۵	۷/۹۱	۲/۲٤	٤/۳	۱/۷٤	۷/۹۱	۱/٤۵	۳/۷	٤/۰٦	٦/۹٦	۲/۷٦	٤/۵۹	٦/۰۹	٦/۹٦	۲/۷۳	۵/۲٦
اصفهان	۵/۷۵	۲/۳۲	٦/٦۷	۱/۸۹	۳/٦۳	۱/۷۳	٦/٦۷	۱/٤٤	۳/۲۸	٤/۰۳	٦/۹	۲/۷۳	٤/۵۵	٦/۰٤	٦/۹	۲/۷	۵/۲۱
کاشان	۳/٦۷	۲/۳	٦/٦۱	۱/۸۷	۳/۵۹	۱/۱	٦/٦۱	۰/۹۲	۲/۸۸	۲/۵۷	٤/٤	۱/۷٤	۲/۹۱	۳/۸۵	٤/٤	۱/۷۲	۳/۳۳
سبزوار	٦/۹۹	۱/٤۷	٤/۲۲	۱/۱۹	۲/۲۹	۲/۱	٤/۲۲	۱/۷۵	۲/٦۹	٤/۸۹	۸/۳۹	۳/۳۲	۵/۵۳	۷/۳٤	۸/۳۹	۳/۲۹	٦/۳٤
سمنان	٤/٦۲	۲/۸	۸/۰٤	۲/۲۷	٤/۳۷	۱/۳۹	۸/۰٤	۱/۱٦	۳/۵۳	۳/۲۳	۵/۵٤	۲/۱۹	۳/٦٦	٤/۸۵	۵/۵٤	۲/۱۷	٤/۱۹
شاهرود	٤/۹۱	۱/۸۵	۵/۳۱	۱/۵	۲/۸۹	۱/٤۷	۵/۳۱	۱/۲۳	۲/٦۷	۳/٤٤	۵/۸۹	۲/۳۳	۳/۸۹	۵/۱٦	۵/۸۹	۲/۳۱	٤/٤۵
تربت ح	۵/٤۵	۱/۹٦	۵/٦۵	۱/٦	۳/۰۷	۱/٦٤	۵/٦۵	۱/۳٦	۲/۸۸	۳/۸۲	٦/۵٤	۲/۵۹	٤/۳۱	۵/۷۲	٦/۵٤	۲/۵٦	٤/۹٤
زاهدان	۷/۵۱	۲/۱۸	٦/۲۷	۱/۷۷	۳/٤۱	۲/۲۵	٦/۲۷	۱/۸۸	۳/٤۷	۳/۵٦	۹/۰۱	۳/۵۷	۵/۹۵	۷/۸۹	۹/۰۱	۳/۵۳	٦/۸۱
آباده	۵/۷۵	۳	۸/٦٤	۲/٤٤	٤/٦۹	۱/۷۳	۸/٦٤	۱/٤٤	۳/۹۳	٤/۰۳	٦/۹	۲/۷۳	٤/۵۵	٦/۰٤	٦/۹	۲/۷	۵/۲۱
اراک	۳/۵۹	۲/۳	٦/٦۱	۱/۸۷	۳/۵۹	۱/۰۸	٦/٦۱	۰/۹	۲/۸٦	۲/۵۱	٤/۳۱	۱/۷۱	۲/۸٤	۳/۷۷	٤/۳۱	۱/٦۹	۳/۲۵
بندر انزلی	۲/٤٤	۱/٤٤	٤/۱۳	۱/۱۷	۲/۲٤	۰/۷۳	٤/۱۳	۰/٦۱	۱/۸۲	۱/۷۱	۲/۹۳	۱/۱٦	۱/۹۳	۲/۵٦	۲/۹۳	۱/۱۵	۲/۲۱
بیرجند	٦/۵۲	۰/۹۸	۲/۸۱	۰/۷۹	۱/۵۳	۱/۹٦	۲/۸۱	۱/٦۳	۲/۱۳	٤/۵٦	۷/۸۲	۳/۱	۵/۱٦	٦/۸۵	۷/۸۲	۳/۰٦	۵/۹۱
بجنورد	۳/۳۵	۲/٦۱	۷/۵	۲/۱۲	٤/۰۸	۱/۰۱	۷/۵	۰/۸٤	۳/۱۱	۲/۳۵	٤/۰۲	۱/۵۹	۲/٦۵	۳/۵۲	٤/۰۲	۱/۵۷	۳/۰٤
قزوین	۳/٦۹	۱/۳٤	۳/۸۵	۱/۰۹	۲/۰۹	۱/۱۱	۳/۸۵	۰/۹۲	۱/۹٦	۲/۵۸	٤/٤۳	۱/۷۵	۲/۹۲	۳/۸۷	٤/٤۳	۱/۷۳	۳/۳۵
گرگان	۳/۱٦	۱/٤۸	٤/۲٤	۱/۲	۲/۳۱	۰/۹۵	٤/۲٤	۰/۷۹	۱/۹۹	۲/۲۱	۳/۷۹	۱/۰	۲/۰	۳/۳۲	۳/۷۹	۱/٤۹	۲/۸۷
همدان	۳/٦۲	۱/۲٦	۳/٦۳	۱/۰۳	۱/۹۸	۱/۰۹	۳/٦۳	۰/۹۱	۱/۸۷	۲/۵۳	٤/۳٤	۱/۷۲	۲/۸۷	۳/۸	٤/۳٤	۱/۷	۳/۲۸
کرمانشاه	۵/٤۲	۱/٤۵	٤/۱٦	۱/۱۸	۲/۲٦	۱/٦۳	٤/۱٦	۱/۳٦	۲/۳۸	۳/۷۹	٦/۵	۲/۵۷	٤/۲۹	۵/٦۹	٦/۵	۲/۵۵	٤/۹۱
خرم‌آباد	۵/۳۸	۲/۱۷	٦/۲۳	۱/۷٦	۳/۳۹	۱/٦۱	٦/۲۳	۱/۳۵	۳/۰٦	۳/۷۷	٦/٤٦	۲/۵٦	٤/۲٦	۵/٦۵	٦/٤٦	۲/۵۳	٤/۸۸
مشهد	٦/۹۱	۲/۱۵	٦/۱۹	۱/۷۵	۳/۳٦	۲/۰۷	٦/۱۹	۱/۷۳	۳/۳۳	٤/۸٤	۸/۲۹	۳/۲۸	۵/٤۷	۷/۲٦	۸/۲۹	۳/۲۵	٦/۲۷
نوشهر	۲/۵	۲/۷٦	۷/۹۵	۲/۲۵	٤/۳۲	۰/۷۵	۷/۹۵	۰/٦۳	۳/۱۱	۱/۷۵	۳	۱/۱۹	۱/۹۸	۲/٦۳	۳	۱/۱۸	۲/۲۷
رامسر	۲/۵۱	۱	۲/۸۸	۰/۸۱	۱/۵٦	۰/۷۵	۲/۸۸	۰/٦۳	۱/٤۲	۱/۷٦	۳/۰۱	۱/۱۹	۱/۹۹	۲/٦٤	۳/۰۱	۱/۱۸	۲/۲۸
رشت	۲/۹٦	۱	۲/۸۹	۰/۸۲	۱/۵۷	۰/۸۹	۲/۸۹	۰/۷٤	۱/۵۱	۲/۰۷	۳/۵۵	۱/٤۱	۲/۳٤	۳/۱۱	۳/۵۵	۱/۳۹	۲/٦۸
شیراز	٦/۹٤	۱/۱۸	۳/٤	۰/۹٦	۱/۸۵	۲/۰۸	۳/٤	۱/۷٤	۲/٤۱	٤/۸٦	۸/۳۳	۳/۳	۵/٤۹	۷/۲۹	۸/۳۳	۳/۲٦	٦/۲۹
تبریز	۳/۰۵	۲/۷۸	۷/۹۸	۲/۲٦	٤/۳٤	۰/۹۲	۷/۹۸	۰/۷٦	۳/۲۲	۲/۱٤	۳/٦٦	۱/٤۵	۲/٤۱	۳/۲	۳/٦٦	۱/٤۳	۲/۷۷
تهران	٦/۰٤	۱/۲۲	۳/۵۱	۰/۹۹	۱/۹۱	۱/۸۱	۳/۵۱	۱/۵۱	۲/۲۸	٤/۲۳	۷/۲۵	۲/۸۷	٤/۷۸	٦/۳٤	۷/۲۵	۲/۸٤	۵/٤۸
اردبیل	۲/۷٦	۲/٤۲	٦/۹۵	۱/۹٦	۳/۷۸	۰/۸۳	٦/۹۵	۰/٦۹	۲/۸۲	۱/۹۳	۳/۳۱	۱/۳۱	۲/۱۹	۲/۹	۳/۳۱	۱/۳	۲/۵
خوی	۳/۲٦	۱/۱	۳/۱۷	۰/۹	۱/۷۳	۰/۹۸	۳/۱۷	۰/۸۲	۱/٦۵	۲/۲۸	۳/۹۱	۱/۵۵	۲/۵۸	۳/٤۲	۳/۹۱	۱/۵۳	۲/۹٦
سنندج	۳/۸٤	۱/۳	۳/۷۵	۱/۰٦	۲/۰٤	۱/۱۵	۳/۷۵	۰/۹٦	۱/۹۵	۲/٦۹	٤/٦۱	۱/۸۲	۳/۰٤	٤/۰۳	٤/٦۱	۱/۸	۳/٤۸
شهرکرد	۳/۸	۱/۵٤	٤/٤۲	۱/۲۵	۲/٤	۱/۱٤	٤/٤۲	۰/۹۵	۲/۱۷	۲/٦٦	٤/۵٦	۱/۸۱	۳/۰۱	۳/۹۹	٤/۵٦	۱/۷۹	۳/٤۵
ارومیه	۳/۰٦	۱/۵۲	٤/۳۷	۱/۲٤	۲/۳۸	۰/۹۲	٤/۳۷	۰/۷۷	۲/۰۲	۲/۱٤	۳/٦۷	۱/٤۵	۲/٤۲	۳/۲۱	۳/٦۷	۱/٤٤	۲/۷۷
زنجان	۳/۳۲	۱/۲۲	۳/۵۲	۰/۹۹	۱/۹۱	۱	۳/۵۲	۰/۸۳	۱/۷۸	۲/۳۲	۳/۹۸	۱/۵۸	۲/٦۳	۳/٤۹	۳/۹۸	۱/۵٦	۳/۰۱

جدول ۵- مقادیر ET_o، AE برای مراحل سبز شدن (AE_{ini})، گلدهی (AE_{mid}) و رسیدگی گیاه (AE_{end}) و ET_C برای بقولات مهم ایران

ایستگاه		لوبیا				نخود				عدس				یونجه			
	ET_O	AE_{ini}	AE_{mid}	AE_{end}	ET_C	AE_{ini}	AE_{mid}	AE_{end}	ET_C	AE_{ini}	AE_{mid}	AE_{end}	ET_C	AE_{ini}	AE_{mid}	AE_{end}	ET_C
آبادان	۸/۲۹	۳/۳۲	۹/۵۳	۲/۹	۵/۲۵	۳/۳۲	۹/۵۳	۲/۹	۵/۲۵	۳/۳۲	۹/۱۲	۲/۴۹	۴/۹۸	۳/۳۲	۷/۸۸	۷/۴۶	۶/۲۲
اهواز	۸/۰۵	۳/۲۲	۹/۲۶	۲/۸۲	۵/۱	۳/۲۲	۹/۲۶	۲/۸۲	۵/۱	۳/۲۲	۸/۸۶	۲/۴۲	۴/۸۳	۳/۲۲	۷/۶۵	۷/۲۵	۶/۰۴
بندر لنگه	۵/۸۴	۲/۳۴	۹/۲۶	۲/۰۴	۴/۵۵	۲/۳۴	۹/۲۶	۲/۰۴	۴/۵۵	۲/۳۴	۶/۴۲	۱/۷۵	۳/۵	۲/۳۴	۵/۵۵	۵/۲۶	۴/۳۸
بندرعباس	۵/۷۴	۲/۳	۶/۷۲	۲/۰۱	۳/۶۸	۲/۳	۶/۷۲	۲/۰۱	۳/۶۸	۲/۳	۶/۳۱	۱/۷۲	۳/۴۴	۲/۳	۵/۴۵	۵/۱۷	۴/۳۱
بوشهر	۵/۲	۲/۰۸	۶/۶	۱/۸۲	۳/۵	۲/۰۸	۶/۶	۱/۸۲	۳/۵	۲/۰۸	۵/۷۲	۱/۵۶	۳/۱۲	۲/۰۸	۴/۹۴	۴/۶۸	۳/۹
چابهار	۱۰/۷۱	۴/۲۸	۵/۹۸	۳/۷۵	۴/۴۷	۴/۲۸	۵/۹۸	۳/۷۵	۴/۴۷	۴/۲۸	۱۱/۸	۳/۲۱	۶/۴۲	۴/۲۸	۱۰/۲	۹/۶۴	۸/۰۳
ایرانشهر	۷/۳	۲/۹۲	۱۲/۳	۲/۵۶	۵/۹۳	۲/۹۲	۱۲/۳	۲/۵۶	۵/۹۳	۲/۹۲	۸/۰۳	۲/۱۹	۴/۳۸	۲/۹۲	۶/۹۴	۶/۵۷	۵/۴۸
کرمان	۷/۰۳	۲/۸۱	۸/۴	۲/۴۶	۴/۵۶	۲/۸۱	۸/۴	۲/۴۶	۴/۵۶	۲/۸۱	۷/۷۳	۲/۱۱	۴/۲۲	۲/۸۱	۶/۶۸	۶/۳۳	۵/۲۷
طبس	۵/۷۴	۲/۳	۸/۰۸	۲/۰۱	۴/۱۳	۲/۳	۸/۰۸	۲/۰۱	۴/۱۳	۲/۳	۶/۳۱	۱/۷۲	۳/۴۴	۲/۳	۵/۴۵	۵/۱۷	۴/۳۱
یزد	۶/۹۵	۲/۷۸	۶/۶	۲/۴۳	۳/۹۴	۲/۷۸	۶/۶	۲/۴۳	۳/۹۴	۲/۷۸	۷/۶۵	۲/۰۹	۴/۱۷	۲/۷۸	۶/۶	۶/۲۶	۵/۲۱
زابل	۱۰/۳۴	۴/۱۴	۷/۹۹	۳/۶۲	۵/۲۵	۴/۱۴	۷/۹۹	۳/۶۲	۵/۲۵	۴/۱۴	۱۱/۴	۳/۱	۶/۲	۴/۱۴	۹/۸۲	۳/۹۱	۷/۷۶
بم	۷/۶۵	۳/۰۶	۱۱/۹	۲/۶۸	۵/۸۸	۳/۰۶	۱۱/۹	۲/۶۸	۵/۸۸	۳/۰۶	۸/۴۲	۲/۳	۴/۵۹	۳/۰۶	۷/۲۷	۶/۸۹	۵/۷۴
دزفول	۶/۸۸	۲/۷۵	۸/۸	۲/۴۱	۴/۶۵	۲/۷۵	۸/۸	۲/۴۱	۴/۶۵	۲/۷۵	۷/۵۷	۲/۰۶	۴/۱۳	۲/۷۵	۶/۵۴	۶/۱۹	۵/۱۶
فسا	۵/۸	۲/۳۲	۷/۹۱	۲/۰۳	۴/۰۹	۲/۳۲	۷/۹۱	۲/۰۳	۴/۰۹	۲/۳۲	۶/۳۸	۱/۷۴	۳/۴۸	۲/۳۲	۵/۵۱	۵/۲۲	۴/۳۵
اصفهان	۵/۷۵	۲/۳	۶/۶۷	۲/۰۱	۳/۶۶	۲/۳	۶/۶۷	۲/۰۱	۳/۶۶	۲/۳	۶/۳۳	۱/۷۳	۳/۴۵	۲/۳	۵/۴۶	۵/۱۸	۴/۳۱
کاشان	۳/۶۷	۱/۴۷	۶/۶۱	۱/۲۸	۳/۱۲	۱/۴۷	۶/۶۱	۱/۲۸	۳/۱۲	۱/۴۷	۴/۰۴	۱/۱	۲/۲	۱/۴۷	۳/۴۹	۳/۳	۲/۷۵
سبزوار	۶/۹۹	۲/۸	۴/۲۲	۲/۴۵	۳/۱۶	۲/۸	۴/۲۲	۲/۴۵	۳/۱۶	۲/۸	۷/۶۹	۲/۱	۴/۲	۲/۸	۶/۶۴	۶/۲۹	۵/۲۴
سمنان	۴/۶۲	۱/۸۵	۸/۰۴	۱/۶۲	۳/۸۴	۱/۸۵	۸/۰۴	۱/۶۲	۳/۸۴	۱/۸۵	۵/۰۸	۱/۳۹	۲/۷۷	۱/۸۵	۴/۳۹	۴/۱۶	۳/۴۷
شاهرود	۴/۹۱	۱/۹۶	۵/۳۱	۱/۷۲	۳	۱/۹۶	۵/۳۱	۱/۷۲	۳	۱/۹۶	۵/۴	۱/۴۷	۲/۹۴	۱/۹۶	۴/۶۶	۴/۴۲	۳/۶۸
تربت ح	۵/۴۵	۲/۱۸	۵/۶۵	۱/۹۱	۳/۲۵	۲/۱۸	۵/۶۵	۱/۹۱	۳/۲۵	۲/۱۸	۶	۱/۶۴	۳/۲۷	۲/۱۸	۵/۱۸	۴/۹۱	۴/۰۹
زاهدان	۷/۵۱	۳	۶/۲۷	۲/۶۳	۳/۹۷	۳	۶/۲۷	۲/۶۳	۳/۹۷	۳	۸/۲۶	۲/۲۵	۴/۵	۳	۷/۱۳	۶/۷۶	۵/۶۳
آباده	۵/۷۵	۲/۳	۸/۶۴	۲/۰۱	۴/۳۲	۲/۳	۸/۶۴	۲/۰۱	۴/۳۲	۲/۳	۶/۳۳	۱/۷۳	۳/۴۵	۲/۳	۵/۴۶	۵/۱۸	۴/۳۱
اراک	۳/۵۹	۱/۴۴	۶/۶۱	۱/۲۶	۳/۱	۱/۴۴	۶/۶۱	۱/۲۶	۳/۱	۱/۴۴	۳/۹۵	۱/۰۸	۲/۱۶	۱/۴۴	۳/۴۱	۳/۲۳	۲/۶۹
بندرانزلی	۲/۴۴	۰/۹۸	۴/۱۳	۰/۸۵	۱/۹۹	۰/۹۸	۴/۱۳	۰/۸۵	۱/۹۹	۰/۹۸	۲/۶۸	۰/۷۳	۱/۴۶	۰/۹۸	۲/۳۲	۲/۲	۱/۸۳
بیرجند	۶/۵۲	۲/۶۱	۲/۸۱	۲/۲۸	۲/۵۷	۲/۶۱	۲/۸۱	۲/۲۸	۲/۵۷	۲/۶۱	۷/۱۷	۱/۹۶	۳/۹۱	۲/۶۱	۶/۱۹	۵/۸۷	۴/۸۹
بجنورد	۳/۳۵	۱/۳۴	۷/۵	۱/۱۷	۳/۳۴	۱/۳۴	۷/۵	۱/۱۷	۳/۳۴	۱/۳۴	۳/۶۹	۱/۰۱	۲/۰۱	۱/۳۴	۳/۱۸	۳/۰۲	۲/۵۱
قزوین	۳/۶۹	۱/۴۸	۳/۸۵	۱/۲۹	۲/۲۱	۱/۴۸	۳/۸۵	۱/۲۹	۲/۲۱	۱/۴۸	۴/۰۶	۱/۱۱	۲/۲۲	۱/۴۸	۳/۵۱	۳/۳۲	۲/۷۷
گرگان	۳/۱۶	۱/۲۶	۴/۲۴	۱/۱۱	۲/۲	۱/۲۶	۴/۲۴	۱/۱۱	۲/۲	۱/۲۶	۳/۴۸	۰/۹۵	۱/۹	۱/۲۶	۳	۲/۸۴	۲/۳۷
همدان	۳/۶۲	۱/۴۵	۳/۶۳	۱/۲۷	۲/۱۲	۱/۴۵	۳/۶۳	۱/۲۷	۲/۱۲	۱/۴۵	۳/۹۸	۱/۰۹	۲/۱۷	۱/۴۵	۳/۴۴	۳/۲۶	۲/۷۲
کرمانشاه	۵/۴۲	۲/۱۷	۴/۱۶	۱/۹	۲/۷۴	۲/۱۷	۴/۱۶	۱/۹	۲/۷۴	۲/۱۷	۵/۹۶	۱/۶۳	۳/۲۵	۲/۱۷	۵/۱۵	۴/۸۸	۴/۰۷
خرم‌آباد	۵/۳۸	۲/۱۵	۶/۲۳	۱/۸۸	۳/۴۲	۲/۱۵	۶/۲۳	۱/۸۸	۳/۴۲	۲/۱۵	۵/۹۲	۱/۶۱	۳/۲۳	۲/۱۵	۵/۱۱	۴/۸۴	۴/۰۳
مشهد	۶/۹۱	۲/۷۶	۶/۱۹	۲/۴۲	۳/۷۹	۲/۷۶	۶/۱۹	۲/۴۲	۳/۷۹	۲/۷۶	۷/۶	۲/۰۷	۴/۱۴	۲/۷۶	۶/۵۶	۶/۲۲	۵/۱۸
نوشهر	۲/۵	۱	۷/۹۵	۰/۸۸	۳/۲۸	۱	۷/۹۵	۰/۸۸	۳/۲۸	۱	۲/۷۵	۰/۷۵	۱/۵	۱	۲/۳۸	۲/۲۵	۱/۸۸
رامسر	۲/۵۱	۱	۲/۸۸	۰/۸۸	۱/۵۹	۱	۲/۸۸	۰/۸۸	۱/۵۹	۱	۲/۷۶	۰/۷۵	۱/۵	۱	۲/۳۸	۲/۲۶	۱/۸۸
رشت	۲/۹۶	۱/۱۸	۲/۸۹	۱/۰۴	۱/۷	۱/۱۸	۲/۸۹	۱/۰۴	۱/۷	۱/۱۸	۳/۲۶	۰/۸۹	۱/۷۸	۱/۱۸	۲/۸۱	۲/۶۶	۲/۲۲
شیراز	۶/۹۴	۲/۷۸	۳/۴	۲/۴۳	۲/۸۷	۲/۷۸	۳/۴	۲/۴۳	۲/۸۷	۲/۷۸	۷/۶۳	۲/۰۸	۴/۱۶	۲/۷۸	۶/۵۹	۶/۲۵	۵/۲۱
تبریز	۳/۰۵	۱/۲۲	۷/۹۸	۱/۰۷	۳/۴۲	۱/۲۲	۷/۹۸	۱/۰۷	۳/۴۲	۱/۲۲	۳/۳۶	۰/۹۲	۱/۸۳	۱/۲۲	۲/۹	۲/۷۵	۲/۲۹
تهران	۶/۰۴	۲/۴۲	۳/۵۱	۲/۱۱	۲/۶۸	۲/۴۲	۳/۵۱	۲/۱۱	۲/۶۸	۲/۴۲	۶/۶۴	۱/۸۱	۳/۶۲	۲/۴۲	۵/۷۴	۵/۴۴	۴/۵۳
اردبیل	۲/۷۶	۱/۱	۶/۹۵	۰/۹۷	۳/۰۱	۱/۱	۶/۹۵	۰/۹۷	۳/۰۱	۱/۱	۳/۰۴	۰/۸۳	۱/۶۶	۱/۱	۲/۶۲	۲/۴۸	۲/۰۷
خوی	۳/۲۶	۱/۳	۳/۱۷	۱/۱۴	۱/۸۷	۱/۳	۳/۱۷	۱/۱۴	۱/۸۷	۱/۳	۳/۵۹	۰/۹۸	۱/۹۶	۱/۳	۳/۱	۲/۹۳	۲/۴۴
سنندج	۳/۸۴	۱/۵۴	۳/۷۵	۱/۳۴	۲/۲۱	۱/۵۴	۳/۷۵	۱/۳۴	۲/۲۱	۱/۵۴	۴/۲۲	۱/۱۵	۲/۳	۱/۵۴	۳/۶۵	۳/۴۶	۲/۸۸
شهرکرد	۳/۸	۱/۵۲	۴/۴۲	۱/۳۳	۲/۴۲	۱/۵۲	۴/۴۲	۱/۳۳	۲/۴۲	۱/۵۲	۴/۱۸	۱/۱۴	۲/۲۸	۱/۵۲	۳/۶۱	۳/۴۲	۲/۸۵
ارومیه	۳/۰۶	۱/۲۲	۴/۳۷	۱/۰۷	۲/۲۲	۱/۲۲	۴/۳۷	۱/۰۷	۲/۲۲	۱/۲۲	۳/۳۷	۰/۹۲	۱/۸۴	۱/۲۲	۲/۹۱	۲/۷۵	۲/۲۹
زنجان	۳/۳۲	۱/۳۳	۳/۵۲	۱/۱۶	۲	۱/۳۳	۳/۵۲	۱/۱۶	۲	۱/۳۳	۳/۶۵	۱	۱/۹۹	۱/۳۳	۳/۱۵	۲/۹۹	۲/۴۹

جدول ۶- مقادیر ET_o، AE برای مراحل سبز شدن (AE_{ini})، گلدهی (AE_{mid}) و رسیدگی گیاه (AE_{end}) و ET_C برای دانه‌های روغنی

ایستگاه	آفتابگردان					سویا				کلزا			
	ET_O	AE_{ini}	AE_{mid}	AE_{end}	ET_C	AE_{ini}	AE_{mid}	AE_{end}	ET_C	AE_{ini}	AE_{mid}	AE_{end}	ET_C
آبادان	۸/۲۹	۲/۹	۸/۹۱	۲/۹	٤/۹	۳/۳۲	۹/٥۳	٤/۱٥	٥/٦۷	۲/۹	۱۰/۸	۲/۹	٥/٥۳
اهواز	۸/۰٥	۲/۸۲	۸/٦٥	۲/۸۲	٤/۷٦	۳/۲۲	۹/۲٦	٤/۰۳	٥/٥	۲/۸۲	۱۰/٥	۲/۸۲	٥/۳۸
بندر لنگه	٥/۸٤	۲/۰٤	٦/۲۸	۲/۰٤	۳/٤٥	۲/۳٤	۹/۲٦	۲/۹۲	٤/۸٤	۲/۰٤	۷/٥۹	۲/۰٤	۳/۸۹
بندر عباس	٥/۷٤	۲/۰۱	٦/۱۷	۲/۰۱	۳/٤	۲/۳	٦/۷۲	۲/۸۷	۳/۹٦	۲/۰۱	۷/٤۷	۲/۰۱	۳/۸۳
بوشهر	٥/۲	۱/۸۲	٥/٥۹	۱/۸۲	۳/۰۸	۲/۰۸	٦/٦	۲/٦	۳/۷٦	۱/۸۲	٦/۷٦	۱/۸۲	۳/٤۷
چابهار	۱۰/۷۱	۳/۷٥	۱۱/٥	۳/۷٥	٦/۳۳	٤/۲۸	٥/۹۸	٥/۳٦	٥/۲۱	۳/۷٥	۱۳/۹	۳/۷٥	۷/۱۳
ایرانشهر	۷/۳	۲/٥٦	۷/۸٥	۲/٥٦	٤/۳۲	۲/۹۲	۱۲/۳	۳/٦٥	٦/۲۹	۲/٥٦	۹/٤۹	۲/٥٦	٤/۸۷
کرمان	۷/۰۳	۲/٤٦	۷/٥٦	۲/٤٦	٤/۱٦	۲/۸۱	۸/٤	۳/٥۲	٤/۹۱	۲/٤٦	۹/۱٤	۲/٤٦	٤/٦۹
طبس	٥/۷٤	۲/۰۱	٦/۱۷	۲/۰۱	۳/٤	۲/۳	۸/۰۸	۲/۸۷	٤/٤۲	۲/۰۱	۷/٤٦	۲/۰۱	۳/۸۳
یزد	٦/۹٥	۲/٤۳	۷/٤۷	۲/٤۳	٤/۱۱	۲/۷۸	٦/٦	۳/٤۸	٤/۲۹	۲/٤۳	۹/۰٤	۲/٤۳	٤/٦۳
زابل	۱۰/۳٤	۳/٦۲	۱۱/۱	۳/٦۲	٦/۱۱	٤/۱٤	۷/۹۹	٥/۱۷	٥/۷۷	۳/٦۲	۱۳/٤	۳/٦۲	٦/۸۸
بم	۷/٦٥	۲/٦۸	۸/۲۲	۲/٦۸	٤/٥۳	۳/۰٦	۱۱/۹	۳/۸۳	٦/۲٦	۲/٦۸	۹/۹٥	۲/٦۸	٥/۱
دزفول	٦/۸۸	۲/٤۱	۷/٤	۲/٤۱	٤/۰۷	۲/۷٥	۸/۸	۳/٤٤	٥	۲/٤۱	۸/۹٤	۲/٤۱	٤/٥۹
فسا	٥/۸	۲/۰۳	٦/۲٤	۲/۰۳	۳/٤۳	۲/۳۲	۷/۹۱	۲/۹	٤/۳۸	۲/۰۳	۷/٥٤	۲/۰۳	۳/۸۷
اصفهان	٥/۷٥	۲/۰۱	٦/۱۸	۲/۰۱	۳/٤	۲/۳	٦/٦۷	۲/۸۸	۳/۹٥	۲/۰۱	۷/٤۸	۲/۰۱	۳/۸۳
کاشان	۳/٦۷	۱/۲۸	۳/۹٥	۱/۲۸	۲/۱۷	۱/٤۷	٦/٦۱	۱/۸٤	۳/۳۱	۱/۲۸	٤/۷۷	۱/۲۸	۲/٤٤
سبزوار	٦/۹۹	۲/٤٥	۷/٥۱	۲/٤٥	٤/۱٤	۲/۸	٤/۲۲	۳/٥	۳/٥۱	۲/٤٥	۹/۰۹	۲/٤٥	٤/٦٦
سمنان	٤/٦۲	۱/٦۲	٤/۹۷	۱/٦۲	۲/۷٤	۱/۸٥	۸/۰٤	۲/۳۱	٤/۰۷	۱/٦۲	٦/۰۱	۱/٦۲	۳/۰۸
شاهرود	٤/۹۱	۱/۷۲	٥/۲۸	۱/۷۲	۲/۹۱	۱/۹٦	٥/۳۱	۲/٤٦	۳/۲٤	۱/۷۲	٦/۳۸	۱/۷۲	۳/۲۷
تربت ح	٥/٤٥	۱/۹۱	٥/۸٦	۱/۹۱	۳/۲۳	۲/۱۸	٥/٦٥	۲/۷۳	۳/٥۲	۱/۹۱	۷/۰۹	۱/۹۱	۳/٦٤
زاهدان	۷/٥۱	۲/٦۳	۸/۰۷	۲/٦۳	٤/٤٤	۳	٦/۲۷	۳/۷٦	٤/۳٤	۲/٦۳	۹/۷٦	۲/٦۳	٥/۰۱
آباده	٥/۷٥	۲/۰۱	٦/۱۸	۲/۰۱	۳/٤	۲/۳	۸/٦٤	۲/۸۸	٤/٦۱	۲/۰۱	۷/٤۸	۲/۰۱	۳/۸۳
اراک	۳/٥۹	۱/۲٦	۳/۸٦	۱/۲٦	۲/۱۳	۱/٤٤	٦/٦۱	۱/۸	۳/۲۸	۱/۲٦	٤/٦۷	۱/۲٦	۲/٤
بندر انزلی	۲/٤٤	۰/۸٥	۲/٦۲	۰/۸٥	۱/٤٤	۰/۹۸	٤/۱۳	۱/۲۲	۲/۱۱	۰/۸٥	۳/۱۷	۰/۸٥	۱/٦۲
بیرجند	٦/٥۲	۲/۲۸	۷/۰۱	۲/۲۸	۳/۸٦	۲/٦۱	۲/۸۱	۳/۲٦	۲/۸۹	۲/۲۸	۸/٤۸	۲/۲۸	٤/۳٥
بجنورد	۳/۳٥	۱/۱۷	۳/٦	۱/۱۷	۱/۹۸	۱/۳٤	۷/٥	۱/٦۸	۳/٥۱	۱/۱۷	٤/۳٦	۱/۱۷	۲/۲۳
قزوین	۳/٦۹	۱/۲۹	۳/۹۷	۱/۲۹	۲/۱۸	۱/٤۸	۳/۸٥	۱/۸٥	۲/۳۹	۱/۲۹	٤/۸	۱/۲۹	۲/٤٦
گرگان	۳/۱٦	۱/۱۱	۳/٤	۱/۱۱	۱/۸۷	۱/۲٦	٤/۲٤	۱/٥۸	۲/۳٦	۱/۱۱	٤/۱۱	۱/۱۱	۲/۱۱
همدان	۳/٦۲	۱/۲۷	۳/۸۹	۱/۲۷	۲/۱٤	۱/٤٥	۳/٦۳	۱/۸۱	۲/۳	۱/۲۷	٤/۷۱	۱/۲۷	۲/٤۲
کرمانشاه	٥/٤۲	۱/۹	٥/۸۳	۱/۹	۳/۲۱	۲/۱۷	٤/۱٦	۲/۷۱	۳/۰۱	۱/۹	۷/۰٥	۱/۹	۳/٦۲
خرم‌آباد	٥/۳۸	۱/۸۸	٥/۷۸	۱/۸۸	۳/۱۸	۲/۱٥	٦/۲۳	۲/٦۹	۳/٦۹	۱/۸۸	٦/۹۹	۱/۸۸	۳/٥۸
مشهد	٦/۹۱	۲/٤۲	۷/٤۳	۲/٤۲	٤/۰۹	۲/۷٦	٦/۱۹	۳/٤٦	٤/۱٤	۲/٤۲	۹/۹۸	۲/٤۲	٤/٦۱
نوشهر	۲/٥	۰/۸۸	۲/٦۹	۰/۸۸	۱/٤۸	۱	۷/۹٥	۱/۲٥	۳/٤	۰/۸۸	۳/۲٥	۰/۸۸	۱/٦۷
رامسر	۲/٥۱	۰/۸۸	۲/۷	۰/۸۸	۱/٤۹	۱	۲/۸۸	۱/۲٦	۱/۷۱	۰/۸۸	۳/۲٦	۰/۸۸	۱/٦۷
رشت	۲/۹٦	۱/۰٤	۳/۱۸	۱/۰٤	۱/۷٥	۱/۱۸	۲/۸۹	۱/٤۸	۱/۸٥	۱/۰٤	۳/۸٥	۱/۰٤	۱/۹۸
شیراز	٦/۹٤	۲/٤۳	۷/٤٦	۲/٤۳	٤/۱۱	۲/۷۸	۳/٤	۳/٤۷	۳/۲۲	۲/٤۳	۹/۰۲	۲/٤۳	٤/٦۳
تبریز	۳/۰٥	۱/۰۷	۳/۲۸	۱/۰۷	۱/۸۱	۱/۲۲	۷/۹۸	۱/٥۳	۳/٥۸	۱/۰۷	۳/۹۷	۱/۰۷	۲/۰٤
تهران	٦/۰٤	۲/۱۱	٦/٤۹	۲/۱۱	۳/٥۷	۲/٤۲	۳/۰۱	۳/٥۱	۲/۹۸	۲/۱۱	۷/۸٥	۲/۱۱	٤/۰۲
اردبیل	۲/۷٦	۰/۹۷	۲/۹۷	۰/۹۷	۱/٦٤	۱/۱	٦/۹٥	۱/۳۸	۳/۱٤	۰/۹۷	۳/٥۹	۰/۹۷	۱/۸٤
خوی	۳/۲٦	۱/۱٤	۳/٥	۱/۱٤	۱/۹۳	۱/۳	۳/۱۷	۱/٦۳	۲/۰۳	۱/۱٤	٤/۲٤	۱/۱٤	۲/۱۷
سنندج	۳/۸٤	۱/۳٤	٤/۱۳	۱/۳٤	۲/۲۷	۱/٥٤	۳/۷٥	۱/۹۲	۲/٤	۱/۳٤	٤/۹۹	۱/۳٤	۲/٥٦
شهرکرد	۳/۸	۱/۳۳	٤/۰۹	۱/۳۳	۲/۲٥	۱/٥۲	٤/٤۲	۱/۹	۲/٦۱	۱/۳۳	٤/۹٤	۱/۳۳	۲/٥۳
ارومیه	۳/۰٦	۱/۰۷	۳/۲۹	۱/۰۷	۱/۸۱	۱/۲۲	٤/۳۷	۱/٥۳	۲/۳۷	۱/۰۷	۳/۹۸	۱/۰۷	۲/۰٤
زنجان	۳/۳۲	۱/۱٦	۳/٥۷	۱/۱٦	۱/۹٦	۱/۳۳	۳/٥۲	۱/٦٦	۲/۱۷	۱/۱٦	٤/۳۲	۱/۱٦	۱/۲۱

جدول ۷- مقادیر ET_o، AE برای مراحل سبز شدن (AE_{ini})، گلدهی (AE_{mid}) و رسیدگی گیاه (AE_{end}) و ET_C برای برخی از گیاهان صنعتی مهم ایران

ایستگاه	چغندرقند					سیب‌زمینی					پنبه				
	ET_O	AE_{ini}	AE_{mid}	AE_{end}	ET_C	AE_{ini}	AE_{mid}	AE_{end}	ET_C	AE_{ini}	AE_{mid}	AE_{end}	ET_C
آبادان	۸/۲۹	۲/۹	۹/۹۵	۵/۸	٦/۲۲	٤/۱۵	۹/۵۳	٦/۲۲	٦/٦۳	۲/۹	۹/۷٤	٤/۹۸	۵/۸۷
اهواز	۸/۰۵	۲/۸۲	۹/٦٦	۵/٦٤	٦/۰٤	٤/۰۳	۹/۲٦	٦/۰٤	٦/٤٤	۲/۸۲	۹/٤٦	٤/۸۳	۵/۷
بندر لنگه	۵/۸٤	۲/۰٤	۷/۰۱	٤/۰۹	٤/۳۸	۲/۹۲	۹/۲٦	٤/۳۸	۵/۵۲	۲/۰٤	٦/۸٦	۳/۵	٤/۱۳
بندر عباس	۵/۷٤	۲/۰۱	٦/۸۹	٤/۰۲	٤/۳۱	۲/۸۷	٦/۷۲	٤/٦۳	٤/۳۱	۲/۰۱	٦/۷٤	۳/٤٤	٤/۰٦
بوشهر	۵/۲	۱/۸۲	٦/۲٤	۳/٦٤	۳/۹	۲/٦	٦/٦	۳/۹	٤/۳۷	۱/۸۲	٦/۱۱	۳/۱۲	۳/٦۸
چابهار	۱۰/۷۱	۳/۷۵	۱۲/۸	۷/۵	۸/۰۳	۵/۳٦	۵/۹۸	۸/۰۳	٦/٤٦	۳/۷۵	۱۲/٦	٦/٤۲	۷/۵۹
ایرانشهر	۷/۳	۲/۵٦	۸/۷٦	۵/۱۱	۵/٤۸	۳/٦۵	۱۲/۳	۵/٤۸	۷/۱٤	۲/۵٦	۸/۵۸	٤/۳۸	۵/۱۷
کرمان	۷/۰۳	۲/٤٦	۸/٤٤	٤/۹۲	۵/۲۷	۳/۵۲	۸/٤	۵/۲۷	۵/۷۳	۲/٤٦	۸/۲٦	٤/۲۲	٤/۹۸
طبس	۵/۷٤	۲/۰۱	٦/۸۹	٤/۰۲	٤/۳۱	۲/۸۷	۸/۰۸	٤/۳۱	۵/۰۹	۲/۰۱	٦/۷٤	۳/٤٤	٤/۰٦
یزد	٦/۹۵	۲/٤۳	۸/۳٤	٤/۸۷	۵/۲۱	۳/٤۸	۵/۲۱	٦/٦	۵/۱	۲/٤۳	۸/۱۷	٤/۱۷	٤/۹۲
زابل	۱۰/۳٤	۳/٦۲	۱۲/٤	۷/۲٤	۷/۷٦	۵/۱۷	۷/۹۹	۷/۷٦	٦/۹۷	۳/٦۲	۱۲/۲	٦/۲	۷/۳٤
بم	۷/٦۵	۲/٦۸	۹/۱۸	۵/۳٦	۵/۷٤	۳/۸۳	۱۱/۹	۵/۷٤	۷/۱٦	۲/٦۸	۸/۹۹	٤/۵۹	۵/٤۲
دزفول	٦/۸۸	۲/٤۱	۸/۲٦	٤/۸۲	۵/۱٦	۳/٤٤	۸/۸	۵/۱٦	۵/۸	۲/٤۱	۸/۰۸	٤/۱۳	٤/۸۷
فسا	۵/۸	۲/۰۳	٦/۹٦	٤/۰٦	٤/۳۵	۲/۹	۷/۹۱	٤/۳۵	۵/۰۵	۲/۰۳	٦/۸۲	۳/٤۸	٤/۱۱
اصفهان	۵/۷۵	۲/۰۱	٦/۹	٤/۰۳	٤/۳۱	۲/۸۸	٦/٦۷	٤/۳۱	٤/٦۲	۲/۰۱	٦/۷٦	۳/٤۵	٤/۰۷
کاشان	۳/٦۷	۱/۲۸	٤/٤	۲/۵۷	۲/۷۵	۱/۸٤	٦/٦۱	۲/۷۵	۳/۷۳	۱/۲۸	٤/۳۱	۲/۲	۲/٦
سبزوار	٦/۹۹	۲/٤۵	۸/۳۹	٤/۸۹	۵/۲٤	۳/۵	٤/۲۲	۵/۲٤	٤/۳۲	۲/٤۵	۸/۲۱	٤/۲	٤/۹۵
سمنان	٤/٦۲	۱/٦۲	۵/۵٤	۳/۲۳	۳/٤۷	۲/۳۱	۸/۰٤	۳/٤۷	٤/٦۱	۱/٦۲	۵/٤۳	۲/۷۷	۳/۲۷
شاهرود	٤/۹۱	۱/۷۲	۵/۸۹	۳/٤٤	۳/٦۸	۲/٤٦	۵/۳۱	۳/٦۸	۳/۸۲	۱/۷۲	۵/۷۷	۲/۹٤	۳/٤۸
تربت ح	۵/٤۵	۱/۹۱	٦/۵٤	۳/۸۲	٤/۰۹	۲/۷۳	۵/٦۵	٤/۰۹	٤/۱٦	۱/۹۱	٦/٤	۳/۲۷	۳/۸٦
زاهدان	۷/۵۱	۲/٦۳	۹/۰۱	۵/۲٦	۵/٦۳	۳/۷٦	۶/۲۷	۵/٦۳	۵/۲۲	۲/٦۳	۸/۸۲	٤/۵	۵/۳۲
آباده	۵/۷۵	۲/۰۱	٦/۹	٤/۰۳	٤/۳۱	۲/۸۸	۸/٦٤	٤/۳۱	۵/۲۸	۲/۰۱	٦/۷٦	۳/٤۵	٤/۰۷
اراک	۳/۵۹	۱/۲٦	٤/۳۱	۲/۵۱	۲/٦۹	۱/۸	٦/٦۱	۲/٦۹	۳/۷	۱/۲٦	٤/۲۲	۲/۱٦	۲/۵٤
بندر انزلی	۲/٤٤	۰/۸۵	۲/۹۳	۱/۷۱	۱/۸۳	۱/۲۲	٤/۱۳	۱/۸۳	۲/۳۹	۰/۸۵	۲/۸۷	۱/٤٦	۱/۷۳
بیرجند	٦/۵۲	۲/۲۸	۷/۸۲	٤/۵٦	٤/۸۹	۳/۲٦	۲/۸۱	٤/۸۹	۳/٦۵	۲/۲۸	۷/٦٦	۳/۹۱	٤/٦۲
بجنورد	۳/۳۵	۱/۱۷	٤/۰۲	۲/۳۵	۲/۵۱	۱/٦۸	۷/۵	۲/۵۱	۳/۹	۱/۱۷	۳/۹٤	۲/۰۱	۲/۳۷
قزوین	۳/٦۹	۱/۲۹	٤/٤۳	۲/۵۸	۲/۷۷	۱/۸۵	۳/۸۵	۲/۷۷	۲/۸۲	۱/۲۹	٤/۳٤	۲/۲۲	۲/٦۱
گرگان	۳/۱٦	۱/۱۱	۳/۷۹	۲/۲۱	۲/۳۷	۱/۵۸	٤/۲٤	۲/۳۷	۲/۷۳	۱/۱۱	۳/۷۱	۱/۹	۲/۲٤
همدان	۳/٦۲	۱/۲۷	٤/۳٤	۲/۵۳	۲/۷۲	۱/۸۱	۳/٦۳	۲/۷۲	۲/۷۲	۱/۲۷	٤/۲۵	۲/۱۷	۲/۵٦
کرمانشاه	۵/٤۲	۱/۹	٦/۵	۳/۷۹	٤/۰۷	۲/۷۱	٤/۱٦	٤/۰۷	۳/٦۵	۱/۹	٦/۳۷	۳/۲۵	۳/۸٤
خرم‌آباد	۵/۳۸	۱/۸۸	٦/٤٦	۳/۷۷	٤/۰۳	۲/٦۹	٦/۲۳	٤/۰۳	٤/۳۲	۱/۸۸	٦/۳۲	۳/۲۳	۳/۸۱
مشهد	٦/۹۱	۲/٤۲	۸/۲۹	٤/۸٤	۵/۱۸	۳/٤٦	٦/۱۹	۵/۱۸	٤/۹٤	۲/٤۲	۸/۱۲	٤/۱٤	٤/۹
نوشهر	۲/۵	۰/۸۸	۳	۱/۷۵	۱/۸۸	۱/۲۵	۷/۹۵	۱/۸۸	۳/٦۹	۰/۸۸	۲/۹٤	۱/۵	۱/۷۷
رامسر	۲/۵۱	۰/۸۸	۳/۰۱	۱/۷٦	۱/۸۸	۱/۲٦	۲/۸۸	۱/۸۸	۲/۰۱	۰/۸۸	۲/۹۵	۱/۵	۱/۷۸
رشت	۲/۹٦	۱/۰٤	۳/۵۵	۲/۰۷	۲/۲۲	۱/٤۸	۲/۸۹	۲/۲۲	۲/۲	۱/۰٤	۳/٤۸	۱/۷۸	۲/۱
شیراز	٦/۹٤	۲/٤۳	۸/۳۳	٤/۸٦	۵/۲۱	۳/٤۷	۳/٤	۵/۲۱	٤/۰۳	۲/٤۳	۸/۱۵	٤/۱٦	٤/۹۱
تبریز	۳/۰۵	۱/۰۷	۳/٦٦	۲/۱٤	۲/۲۹	۱/۵۳	۷/۹۸	۲/۲۹	۳/۹۳	۱/۰۷	۳/۵۸	۱/۸۳	۲/۱٦
تهران	٦/۰٤	۲/۱۱	۷/۲۵	٤/۲۳	٤/۵۳	۳/۰۲	۳/۵۱	٤/۵۳	۳/٦۹	۲/۱۱	۷/۱	۳/٦۲	٤/۲۸
اردبیل	۲/۷٦	۰/۹۷	۳/۳۱	۱/۹۳	۲/۰۷	۱/۳۸	٦/۹۵	۲/۰۷	۳/٤۷	۰/۹۷	۳/۲٤	۱/٦٦	۱/۹٦
خوی	۳/۲٦	۱/۱٤	۳/۹۱	۲/۲۸	۲/٤٤	۱/٦۳	۳/۱۷	۲/٤٤	۲/٤۲	۱/۱٤	۳/۸۳	۱/۹٦	۲/۳۱
سنندج	۳/۸٤	۱/۳٤	٤/٦۱	۲/٦۹	۲/۸۸	۱/۹۲	۳/۷۵	۲/۸۸	۲/۸۵	۱/۳٤	٤/۵۱	۲/۳	۲/۷۲
شهرکرد	۳/۸	۱/۳۳	٤/۵٦	۲/٦٦	۲/۸۵	۱/۹	٤/٤۲	۲/۸۵	۳/۰٦	۱/۳۳	٤/٤۷	۲/۲۸	۲/٦۹
ارومیه	۳/۰٦	۱/۰۷	۳/٦۷	۲/۱٤	۲/۲۹	۱/۵۳	٤/۳۷	۲/۲۹	۲/۷۳	۱/۰۷	۳/٦	۱/۸٤	۲/۱۷
زنجان	۳/۳۲	۱/۱٦	۳/۹۸	۲/۳۲	۲/٤۹	۱/٦٦	۳/۵۲	۲/٤۹	۲/۵٦	۱/۱٦	۳/۹	۱/۹۹	۲/۳۵

جدول ۸- میانگین بارندگی سالانه، تبخیر و تعرق پتانسیل و شاخص خشکی (۲۰۱۰-۱۹۵۱) در شرایط اقلیمی ایران

شاخص خشکی					شاخص خشکی				
اقلیم	ایستگاه	بارندگی ($mm.y^{-1}$)	ET_O ($mm.y^{-1}$)	AI	اقلیم	ایستگاه	بارندگی ($mm.y^{-1}$)	ET_O ($mm.y^{-1}$)	AI
خیلی خشک	چابهار	۱۱۸ (۰/۷۸)	۳۹۰۹/۱۵	۰/۰۳	نیمه خشک	اراک	۳۳۷/۱ (-۲/۱۶)	۱۳۱۰/۳۵	۰/۲۶
	یزد	۵۹/۲ (-۰/۹۵)	۲۵۳۶/۷۵	۰/۰۲		بجنورد	۲۶۷/۸ (-۰/۲۸)	۱۲۲۲/۷۵	۰/۲۲
	زابل	۵۷/۷ (-۰/۲۶)	۳۰۲۵/۸۵	۰/۰۲		قزوین	۳۱۴/۴ (۰/۵۶)	۱۳۴۶/۸۵	۰/۲۳
	بم	۵۸/۸ (-۰/۵)	۲۷۹۲/۲۵	۰/۰۲		همدان	۳۱۷/۷ (-۰/۶۵)	۱۳۲۱/۳	۰/۲۴
	زاهدان	۸۹/۳ (-۰/۷۵)	۲۷۴۱/۱۵	۰/۰۳		کرمانشاه	۴۳۹/۲ (-۰/۰۸)	۱۹۷۸/۳	۰/۲۲
خشک	آبادان	۱۵۳/۳ (۰/۴۷)	۳۰۲۵/۸۵	۰/۰۵		خرم‌آباد	۵۰۴/۳ (-۱/۲۴)	۱۹۶۳/۷	۰/۲۶
	اهواز	۲۰۹/۲ (-۱/۷)	۲۹۳۸/۲۵	۰/۰۷		تبریز	۲۸۳/۸ (-۱/۸۱)	۱۱۱۳/۲۵	۰/۲۵
	بندر لنگه	۱۳۶/۹ (-۰/۷۸)	۲۱۳۱/۶	۰/۰۶		اردبیل	۲۹۵/۵ (-۲/۲)	۱۰۰۷/۴	۰/۲۹
	بندر عباس	۱۷۶/۱ (-۰/۴)	۲۰۹۵/۱	۰/۰۸		خوی	۲۸۹/۲ (-۱/۵۲)	۱۱۸۹/۹	۰/۲۴
	بوشهر	۲۶۸ (-۰/۶۵)	۱۸۹۸	۰/۱۴		سنندج	۴۴۹/۹ (-۷/۸)	۱۴۰۱/۶	۰/۳۲
	ایرانشهر	۱۱۱/۹ (-۰/۸۱)	۲۶۶۴/۵	۰/۰۴		شهرکرد	۳۲۱/۸ (۰/۱۴)	۱۳۸۷	۰/۲۳
	کرمان	۲۴۸ (-۱/۱۵)	۲۵۶۵/۹۵	۰/۰۶		ارومیه	۳۳۸/۹ (-۱/۳۹)	۱۱۱۶/۹	۰/۳
	طبس	۵۹/۲ (-۰/۹۵)	۲۰۹۵/۱	۰/۰۴		زنجان	۳۱۱/۱ (-۱/۵۲)	۱۲۱۱/۸	۰/۲۶
	دزفول	۳۹۴/۶ (۰/۲۹)	۲۵۱۱/۲	۰/۱۶	مرطوب	گرگان	۵۸۳/۸ (-۳/۱۵)	۱۱۵۳/۴	۰/۵۱
	فسا	۲۸۹/۹ (-۳/۹۸)	۲۱۱۷	۰/۱۴					
	اصفهان	۱۲۵ (۰/۱۷)	۲۰۹۸/۷۵	۰/۰۶	خیلی مرطوب	بندر انزلی	۱۸۳۰/۵ (-۵/۸)	۸۹۰/۶	۲/۰۶
	کاشان	۱۳۶ (-۰/۳۸)	۱۳۳۹/۵۵	۰/۱		نوشهر	۱۲۷۲/۸ (-۱/۴۶)	۹۱۲/۵	۱/۳۹
	سبزوار	۱۸۶/۶ (۰/۴۷)	۲۵۵۱/۳۵	۰/۰۷		رامسر	۱۲۰۶/۲ (-۲/۴۷)	۹۱۶/۱۵	۱/۲۴
	سمنان	۱۴۰/۷ (۰/۳۱)	۱۶۸۶/۳	۰/۰۸		رشت	۱۳۳۷/۵ (-۱/۱)	۱۰۸۰/۴	۱/۲۳
	شاهرود	۱۵۳/۳ (۰/۶۲)	۱۷۹۲/۱۵	۰/۰۹					
	تربت حیدریه	۲۶۷/۶ (۰/۴۶)	۱۹۸۹/۲۵	۰/۱۳					
	آباده	۱۳۷ (-۰/۸۳)	۲۰۹۸/۷۵	۰/۰۷					
	بیرجند	۱۶۸/۵ (-۲/۰۴)	۲۳۷۹/۸	۰/۰۷					
	مشهد	۲۵۱/۵ (-۰/۱)	۲۵۲۲/۱۵	۰/۱					
	شیراز	۳۳۴/۷ (-۱/۳۶)	۲۵۳۳/۱	۰/۱۳					
	تهران	۲۳۲/۷ (۰/۵۵)	۲۲۰۴/۶	۰/۱					

* کل داده‌ها در سطح ۵ درصد معنی دار شده‌اند. ارقام داخل پرانتز مقادیر شیب خط بارندگی است.

جدول ۹- شاخص خشکی اندازه‌گیری شده بر اساس فرمول فائو ۵۶ برای غلات و بقولات ایران

ایستگاه	گندم	جو	ذرت	برنج	لوبیا	نخود	عدس	یونجه
آبادان	۳۷/۵۲	۴۳/۳۱	۲۰/۸۷	۹/۲۸	۳۶/۶۷	۳۶/۶۷	۳۹/۹۳	۲۴/۹۷
اهواز	۳۷/۵۲	۴۳/۳۵	۲۰/۸۷	۹/۳۱	۳۶/۶۵	۳۶/۶۵	۴۰	۲۴/۹۷
بندر لنگه	۱۳/۸۷	۲۸/۷۷	۲۰/۸۹	۹/۴۱	۲۲/۰۹	۲۲/۰۹	۴۰/۰۷	۲۵
بندر عباس	۳۶/۴۱	۴۲/۶۸	۲۰/۹۱	۹/۴	۳۵/۸۹	۳۵/۸۹	۴۰/۰۷	۲۴/۹۱
بوشهر	۳۰/۹۶	۳۹/۴۲	۲۰/۷۷	۹/۴۲	۳۲/۶۹	۳۲/۶۹	۴۰	۲۵
چابهار	۶۹/۶۵	۶۳/۰۳	۲۰/۸۲	۹/۳۳	۵۶/۴	۵۶/۴	۴۰/۰۶	۲۵/۰۲
ایرانشهر	۸/۳۶	۲۵/۴۸	۲۰/۸۲	۹/۳۱	۱۸/۷۷	۱۸/۷۷	۴۰	۲۴/۹۳
کرمان	۳۵/۱۴	۴۱/۸۲	۲۰/۷۷	۹/۳۸	۳۵/۱۴	۳۵/۱۴	۳۹/۹۷	۲۵/۰۴
طبس	۲۳/۵۲	۳۴/۶۷	۲۰/۹۱	۹/۴	۲۸/۰۵	۲۸/۰۵	۴۰/۰۷	۲۴/۹۱
یزد	۴۸/۳۵	۵۰/۰۷	۲۰/۸۶	۹/۳۵	۴۳/۳۱	۴۳/۳۱	۴۰	۲۵/۰۴
زابل	۵۸/۰۳	۵۵/۹	۲۰/۷۹	۹/۳۸	۴۹/۲۳	۴۹/۲۳	۴۰/۰۴	۲۴/۹۵
بم	۱۵/۵۶	۲۹/۸	۲۰/۷۸	۹/۲۸	۲۳/۱۴	۲۳/۱۴	۴۰	۲۴/۹۷
دزفول	۳۰/۵۲	۳۹/۱	۲۰/۷۸	۹/۳	۳۲/۴۱	۳۲/۴۱	۳۹/۹۷	۲۵
فسا	۲۵/۸۶	۳۶/۲۱	۲۰/۸۶	۹/۳۱	۲۹/۴۸	۲۹/۴۸	۴۰	۲۵
اصفهان	۳۶/۸۷	۴۲/۹۶	۲۰/۸۷	۹/۳۹	۳۶/۳۵	۳۶/۳۵	۴۰	۲۵/۰۴
کاشان	۲/۱۸	۲۱/۵۳	۲۰/۷۱	۹/۲۶	۱۴/۹۹	۱۴/۹۹	۴۰/۰۵	۲۵/۰۷
سبزوار	۶۷/۲۴	۶۱/۵۲	۲۰/۸۹	۹/۳	۵۴/۷۹	۵۴/۷۹	۳۹/۹۱	۲۵/۰۴
سمنان	۵/۴۱	۲۳/۵۹	۲۰/۷۸	۹/۳	۱۶/۸۸	۱۶/۸۸	۴۰/۰۴	۲۴/۸۹
شاهرود	۴۱/۱۴	۴۵/۶۲	۲۰/۷۷	۹/۳۷	۳۸/۹	۳۸/۹	۴۰/۱۲	۲۵/۰۵
تربت ح	۴۳/۶۷	۴۷/۱۶	۲۰/۹۲	۹/۳۵	۴۰/۳۷	۴۰/۳۷	۴۰	۲۴/۹۵
زاهدان	۵۴/۵۹	۵۳/۷۹	۲۰/۷۷	۹/۳۲	۴۷/۱۴	۴۷/۱۴	۴۰/۰۸	۲۵/۰۴
آباده	۱۸/۴۳	۳۱/۶۵	۲۰/۸۷	۹/۳۹	۲۴/۸۷	۲۴/۸۷	۴۰	۲۵/۰۴
اراک	۰۰	۲۰/۳۳	۲۰/۸۹	۹/۴۷	۱۳/۶۵	۱۳/۶۵	۳۹/۸۳	۲۵/۰۷
بندر انزلی	۸/۲	۲۵/۴۱	۲۰/۹	۹/۴۲	۱۸/۴۴	۱۸/۴۴	۴۰/۱۶	۲۵
بیرجند	۷۶/۵۳	۶۷/۳۳	۲۰/۸۶	۹/۳۵	۶۰/۵۸	۶۰/۵۸	۴۰/۰۳	۲۵
بجنورد	-۲۱/۷۹	۷/۱۶	۲۰/۹	۹/۲۵	۰/۳	۰/۳	۴۰	۲۵/۰۷
قزوین	۴۳/۳۶	۴۶/۸۸	۲۰/۸۷	۹/۲۱	۴۰/۱۱	۴۰/۱۱	۳۹/۸۴	۲۴/۹۳
گرگان	۲۶/۹	۳۷/۰۳	۲۰/۸۹	۹/۱۷	۳۰/۳۸	۳۰/۳۸	۳۹/۸۷	۲۵
همدان	۴۵/۳	۴۸/۳۴	۲۰/۷۲	۹/۳۹	۴۱/۴۴	۴۱/۴۴	۴۰/۰۶	۲۴/۸۶
کرمانشاه	۵۸/۳	۵۶/۰۹	۲۰/۸۵	۹/۴۱	۴۹/۴۵	۴۹/۴۵	۴۰/۰۴	۲۴/۹۱
خرم‌آباد	۳۶/۹۹	۴۳/۱۲	۲۰/۸۲	۹/۲۹	۳۶/۴۳	۳۶/۴۳	۳۹/۹۶	۲۵/۰۹
مشهد	۵۱/۳۷	۵۱/۸۱	۲۰/۸۴	۹/۲۶	۴۵/۱۵	۴۵/۱۵	۴۰/۰۹	۲۵/۰۴
نوشهر	-۷۲/۸	-۲۴/۴	۲۰/۸	۹/۲	-۳۱/۲	-۳۱/۲	۴۰	۲۴/۸
رامسر	۳۷/۸۵	۴۳/۴۳	۲۰/۷۲	۹/۱۶	۳۶/۶۵	۳۶/۶۵	۴۰/۲۴	۲۵/۱
رشت	۴۶/۹۶	۴۸/۹۹	۲۰/۹۵	۹/۴۶	۴۲/۵۷	۴۲/۵۷	۳۹/۸۶	۲۵
شیراز	۷۳/۳۴	۶۵/۲۷	۲۰/۸۹	۹/۳۶	۵۸/۶۵	۵۸/۶۵	۴۰/۰۶	۲۴/۹۳
تبریز	-۴۲/۳	-۵/۵۷	۲۰/۹۸	۹/۱۸	-۱۲/۱۳	-۱۲/۱۳	۴۰	۲۴/۹۲
تهران	۶۸/۳۸	۶۲/۲۵	۲۰/۸۶	۹/۲۷	۵۵/۶۳	۵۵/۶۳	۴۰/۰۷	۲۵
اردبیل	-۳۶/۹۶	-۲/۱۷	۲۰/۶۵	۹/۴۲	-۹/۰۶	-۹/۰۶	۳۹/۸۶	۲۵
خوی	۴۶/۹۳	۴۹/۳۹	۲۰/۸۶	۹/۲	۴۲/۶۴	۴۲/۶۴	۳۹/۸۸	۲۵/۱۵
سنندج	۴۶/۸۸	۴۹/۲۲	۲۰/۸۳	۹/۳۷	۴۲/۴۵	۴۲/۴۵	۴۰/۱	۲۵
شهرکرد	۳۶/۸۴	۴۲/۸۹	۲۰/۷۹	۹/۲۱	۳۶/۳۲	۳۶/۳۲	۴۰	۲۵
ارومیه	۲۲/۲۲	۳۳/۹۹	۲۰/۹۲	۹/۴۷	۲۷/۴۵	۲۷/۴۵	۳۹/۸۷	۲۵/۱۶
زنجان	۴۲/۴۷	۴۶/۳۹	۲۰/۷۸	۹/۳۳	۳۹/۷۶	۳۹/۷۶	۴۰/۰۶	۲۵

اعدادی که زیر آنها خط کشیده شده است قابلیت دیم‌کاری را دارند.

جدول ۱۰- شاخص خشکی اندازه‌گیری شده بر اساس فرمول فائو ۵۶ برای گیاهان صنعتی ایران

ایستگاه	آفتابگردان	سویا	کلزا	چغندرقند	سیب‌زمینی	پنبه
آبادان	٤٠/٨٩	٣١/٦	٣٣/٢٩	٢٤/٩٧	٢٠/٠٢	٢٩/١٩
اهواز	٤٠/٨٧	٣١/٦٨	٣٣/١٧	٢٤/٩٧	٢٠	٢٩/١٩
بندر لنگه	٤٠/٩٢	١٧/١٢	٣٣/٣٩	٢٥	٥/٤٨	٢٩/٢٨
بندر عباس	٤٠/٧٧	٣١/٠١	٣٣/٢٨	٢٤/٩١	١٩/٣٤	٢٩/٢٧
بوشهر	٤٠/٧٧	٢٧/٦٩	٣٣/٢٧	٢٥	١٥/٩٦	٢٩/٢٣
چابهار	٤٠/٩	٥١/٣٥	٣٣/٤٣	٢٥/١٢	٣٩/٦٨	٢٩/١٣
ایرانشهر	٤٠/٨٢	١٣/٨٤	٣٣/٢٩	٢٤/٩٣	٢/١٩	٢٩/١٨
کرمان	٤٠/٨٣	٣٠/١٦	٣٣/٢٩	٢٥/٠٤	١٨/٤٩	٢٩/١٦
طبس	٤٠/٧٧	٢٣	٣٣/٢٨	٢٤/٩١	١١/٣٢	٢٩/٢٧
یزد	٤٠/٨٦	٣٨/٢٧	٣٣/٣٨	٢٥/٠٤	٢٦/٦٢	٢٩/٢١
زابل	٤٠/٩١	٤٤/٢	٣٣/٤٦	٢٥/٠٥	٣٢/٥٩	٢٩/٠١
بم	٤٠/٧٨	١٨/١٧	٣٣/٣٣	٢٤/٩٧	٦/٤١	٢٩/١٥
دزفول	٤٠/٨٤	٢٧/٣٣	٣٣/٢٨	٢٥	١٥/٧	٢٩/٢٢
فسا	٤٠/٨٦	٢٤/٤٨	٣٣/٢٨	٢٥	١٢/٩٣	٢٩/١٤
اصفهان	٤٠/٨٧	٣١/٣	٣٣/٣٩	٢٥/٠٤	١٩/٦٥	٢٩/٢٢
کاشان	٤٠/٨٧	٩/٨١	٣٣/٥١	٢٥/٠٧	-١/٦٣	٢٩/١٦
سبزوار	٤٠/٧٧	٤٩/٧٩	٣٣/٣٣	٢٥/٠٤	٣٨/٢	٢٩/١٨
سمنان	٤٠/٦٩	١١/٩	٣٣/٣٣	٢٥/١١	٠/٢٢	٢٩/٢٢
شاهرود	٤٠/٧٣	٣٤/٠١	٣٣/٤	٢٥/٠٥	٢٢/٢	٢٩/١٢
تربت ح	٤٠/٧٣	٣٥/٤١	٣٣/٢١	٢٤/٩٥	٢٣/٦٧	٢٩/١٧
زاهدان	٤٠/٨٨	٤٢/٢١	٣٣/٢٩	٢٥/٠٣	٣٠/٤٩	٢٩/١٦
آباده	٤٠/٨٧	١٩/٨٣	٣٣/٣٩	٢٥/٠٤	٨/١٧	٢٩/٢٢
اراک	٤٠/٦٧	٨/٦٤	٣٣/١٥	٢٥/٠٧	-٣/٠٦	٢٩/٢٥
بندر انزلی	٤٠/٩٨	١٣/٥٢	٣٣/٦١	٢٥	٢/٠٥	٢٩/١
بیرجند	٤٠/٨	٥٥/٦٧	٣٣/٤٣	٢٥	٤٤/٠٢	٢٩/١٤
بجنورد	٤٠/٩	-٤/٧٨	٣٣/٤٣	٢٥/٠٧	-١٦/٤٢	٢٩/٢٥
قزوین	٤٠/٩٢	٣٥/٢٣	٣٣/٣٣	٢٤/٩٣	٢٣/٥٨	٢٩/٢٧
گرگان	٤٠/٨٢	٢٥/٣٢	٣٣/٢٣	٢٥	١٣/٦١	٢٩/١١
همدان	٤٠/٨٨	٣٦/٤٦	٣٣/١٥	٢٥/١٤	٢٤/٨٦	٢٩/٢٨
کرمانشاه	٤٠/٧٧	٤٤/٤٦	٣٣/٢١	٢٥/٠٩	٣٢/٦٦	٢٩/١٥
خرم‌آباد	٤٠/٨٩	٣١/٤١	٣٣/٤٦	٢٤/٩١	١٩/٧	٢٩/١٨
مشهد	٤٠/٨١	٤٠/٠٩	٣٣/٢٩	٢٥/٠٤	٢٨/٥١	٢٩/٠٩
نوشهر	٤٠/٨	-٣٦	٣٣/٢	٢٤/٨	-٤٧/٦	٢٩/٢
رامسر	٤٠/٦٤	٣١/٨٧	٣٣/٤٧	٢٥/١	١٩/٩٢	٢٩/٠٨
رشت	٤٠/٨٨	٣٧/٥	٣٣/١١	٢٥	٢٥/٦٨	٢٩/٠٥
شیراز	٤٠/٧٨	٥٣/٦	٣٣/٢٩	٢٤/٩٣	٤١/٩٣	٢٩/٢٥
تبریز	٤٠/٦٦	-١٧/٣٨	٣٣/١١	٢٤/٩٢	-٢٨/٨٥	٢٩/١٨
تهران	٤٠/٨٩	٥٠/٦٦	٣٣/٤٤	٢٥	٣٨/٩١	٢٩/١٤
اردبیل	٤٠/٥٨	-١٣/٧٧	٣٣/٣٣	٢٥	-٢٥/٧٢	٢٨/٩٩
خوی	٤٠/٨	٣٧/٧٣	٣٣/٤٤	٢٥/١٥	٢٥/٧٧	٢٩/١٤
سنندج	٤٠/٨٩	٣٧/٥	٣٣/٣٣	٢٥	٢٥/٧٨	٢٩/١٧
شهرکرد	٤٠/٧٩	٣١/٣٢	٣٣/٤٢	٢٥	١٩/٤٧	٢٩/٢١
ارومیه	٤٠/٨٥	٢٢/٥٥	٣٣/٣٣	٢٥/١٦	١٠/٧٨	٢٩/٠٨
زنجان	٤٠/٩٦	٣٤/٦٤	٣٣/٤٣	٢٥	٢٢/٨٩	٢٩/٢٢

اعدادی که زیر آنها خط کشیده شده است قابلیت دیم‌کاری را دارند.

نتیجه‌گیری کلی

در سال‌های اخیر پدیده خشکسالی خسارت‌های فراوانی را به بخش کشاورزی در ایران وارد آورده که ضرورت وجود یک سیستم پیش‌آگاهی از تاثیر خشکسالی بر وضعیت کشاورزی و برآورد میزان آسیب آن بر عملکرد محصولات، برای سیاست‌گذاران و بهره برداران را ضروری می‌نماید. چنانچه قبلا نیز اشاره گردید، رصد کردن خشکسالی نیازمند بررسی شاخص‌های خشکی است. داده‌های دیگری به‌عنوان ورودی مدل مورد نیاز است که به دلیل نداشتن داده‌های خام و یا کوتاه بودن دوره اندازه‌گیری در کشور از ارزیابی آن‌ها صرف نظر گردید. بنابراین در روش مختصر و کاربردی محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل) و استفاده از داده ورودی میزان بارندگی مقادیر شاخص خشکی محاسبه گردید. مدیریت خشکسالی را باید به‌عنوان یک عامل جامع و کلیدی در راستای کشاورزی پایدار در نظر گرفت. بنابراین کشاورزان باید به سمت حفظ خاک، اقلیم و کشاورزی بوم‌سازگار تشویق شوند. در نهایت کشاورزی مبتنی بر ارزیابی خشکسالی در ایران برای رصد کردن امنیت غذایی در طولانی مدت باید گام بر دارد، که در این بین رصد و پیش‌بینی اقلیم در درجه اول اهمیت قرار دارند. بر اساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش حداکثر مقدار ET_o در ایستگاه‌های چابهار و زابل و کمترین مقدار ET_o به‌ترتیب در ایستگاه‌های بندرانزلی، نوشهر و رامسر رخ می‌دهد. همچنین طبق محاسبات بارندگی اقلیم ایران به ۵ ناحیه تقسیم می‌گردد (AI_{UNESCO})، بر همین اساس ۱۷ ایستگاه در ناحیه خشک (۴۷/۷۲ درصد)، ۱۳ ایستگاه در ناحیه نیمه خشک (۲۹/۵۴ درصد)، ۵ ایستگاه در ناحیه خشک (۱۱/۳۶ درصد که قابلیت کشت و زرع ندارند)، ٤ ایستگاه در ناحیه خیلی مرطوب (۹/۰۹ درصد) و فقط ایستگاه گرگان در ناحیه نیمه‌مرطوب قرار می‌گیرد. در نهایت می‌توان اشاره کرد که ۱۳/٦۳ درصد از ایستگاه‌های مورد بررسی شرایط مناسبی جهت تولید محصولات زراعی دارند و ۸٦/۳۷ درصد در وضعیت بحرانی قرار دارند. متاسفانه مساله تغییر اقلیم و گرمایش زمین در منطقه خاور میانه به گونه‌ای بوده است که اکثر مناطق کشور قابلیت کشت بسیاری از گیاهان را از دست داده‌اند. بنابراین کاهش تنوع زیستی در دراز مدمت مشکلات بیشتری در کشاورزی پایدار خواهد داشت. شاید این نکته در حال حاضر نادیده گرفته شود که عملکرد برخی گیاهان زراعی در چند سال اخیر بیشتر از گذشته افزایش نشان داده است و آن هم در اثر استفاده از نهاده‌های خارجی حاصل گردیده، اما در سال‌های آتی کشور با مشکلات بیشتری روبه‌رو خواهد شد. حال اگر در تحقیقات و مطالعات آینده عامل خاک نیز در نظر گرفته شود، متوجه می‌شویم که کاهش کیفیت و تنوع زیستی خاک در کنار تغییرات اقلیمی مشکلات بیشتری را برای کشاورزان کشور به‌وجود می‌آورد و حتی ممکن است جمعیت روستایی کشور از ۲٦ درصد سال ۱۳۹۰ (شرفی و همکاران ۲۰۱٤) کمتر نیز گردد و مهاجرت به شهرها گسترش یابد.

منابع مورد استفاده

Araya A, Keesstra SD and Stroosnijder L, 2010. A new agro-climatic classification for crop suitability zoning in northern semi-arid Ethiopia. Agriculture For Meteorology, 150: 1057–1064.

Bishnoi OP, 2010. Applied agroclimetology. Oxford book company. Jaipur, India. Pp 540.

Dehghani Sanij H, Yamamoto T and Rasiah V, 2004. Assessment of Evapotranspiration Estimation Models for use in Semi-arid Environments, Agricultural Water Management, 64: 91-106.

Dinpashoh Y, 2006. Study of Reference Crop Evapotranspiration in I.R. of Iran, Agricultural Water Management, 84: 123-129.

Dunay S and Czakó F, 1987. Use of meteorological information in the agricultural production. In: Reports on Scientific Research of the Hungarian Meteorological Service. HMS, Budapest. pp. 193-209.

Gholipoor M, 2008. Quantifying threshold frost hardiness for overwintering survival of wheat in Iran, using simulation. International Journal of Plant Production, 2: 125-136.

Gholipoor M, 2008. Evaluating the effect of crop residue on water relations of rainfed chickpea in Iran, using simulation. International meeting on soil fertility, Land Management And Agroclimatology, Turkey.

Gong Lebing Xu, Chong-yu Ch, Deliang Halldin S and Chen Yongqin D, 2006. Sensitivity of the Penman–Monteith Reference Evapotranspiration to Key Climatic Variables in the Changjiang (Yangtze River) Basin Journal of Hydrology, 329: 620– 629.

Grismer MASCE, Orang M and Matyac S, 2002, Pan Evaporation to Evapotranspiration Conversion Methods, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 128(3): 180–184.

Habashi H, Hoseini SM, Mohamadi J and Rahmani R, 2007. Geostatistic Applied in Forest Soil Studying Processes, Journal of Agriculture Sciences and Natural Resources, 14(1): 18-27. (In Persian).

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Climate change and its impacts in the near and long term under different scenarios, Climate Change 2007: Synthesis Report, The Core Writing Team, R K Pachauri, A Reisinger Eds., Geneva, Switzerland: IPCC, 43–54.

Irmark S, Irmark A, Allen RG and Jones JW, 2003. Solar and Net Radiation_based Equations to Estimate Reference Evapotranspiration in Humid Climates, Journal of Irrigation Drainge Engineering, 129(5): 336-347.

Jacovides CP, 1997. Reply to Comment on Statistical Procedures for the Evaluation of Evapotranspiration Models, Agricultural Water management, 3: 95-97.

Kouchakzadeh M and Nikbakht J, 2004. Comparison of Different Methods to Estimate Reference Evapotranspiration in Iran Different Climate with PMFAO Standard Method, Agricultural Sciences, 10(3): 43-57.

Kouchakzadeh M and Bahmani A, 2005. Assessment of Artificial Neural Networks Revenue in Reducing Required Parameters for Estimation of Reference Evapotranspiration, Journal Of Agricultural Sciences Islamic Azad University, 4: 87-97. (In Persian).

Monnik K, 2000. Role of drought early warning systems in South Africa's evolving policy. In: Early warning systems for drought preparedness and drought management. WMO, Geneva, 47-46.

Rahimi Khoob A, 2008. Artificial Neural Network Estimation of Reference Evapotranspiration from pan Evaporation in a Semi-arid Environment, Irrigation Science, 27: 35–39.

Raziei T, Daneshkar Arasteh P and Saghafian B, 2005. Annual Rainfall Trend Analysis in Arid and Semi-arid Region of Central and Eastern Iran, Water and Wastewater, 54: 73-81.

Sabziparvar A, 2008. A Simple Formula for Estimating Global Solar Radiation in Central Arid Deserts of Iran, Journal of Renewable Energy, 33(5): 1002-1010.

Sabziparvar A and Shetaee H, 2007. Estimation of Global Solar Radiation in Arid and Semi-arid Climates of East and West Iran, Energy, 32, 649–655.

Salih AM and Sendil U, 1983. Evapotranspiration under Extremely Arid Environment, Journal of Irrigation Drainge Engineering, 110(3): 289–303.

Sharafi S and Ebrahimi A and Madani H, 2014. Situation of Iran agriculture in 50 years ago. First national congress of unoperent defense. Qeshm Iland, 1102-1114. (In Persian).

Soltani A and Sinclair TR, 2012. Modeling Physiology of Crop Development, Growth and Yield. CABI publication. 322p.

Sun L and Song Ch, 2008. Evapotranspiration from a Freshwater Marsh in the Sanjiang Plain, Northeast China, Journal of Hydrology, 352, 202– 210.

Svoboda MD, 2000. Development of a climate monitoring system: an introduction to the drought monitor. In: Proceedings of the Central and Eastern European Workshop on Drought Mitigation. Budapest, pp. 205-212.

Szalai S, Szinell CS and Zoboki J, 2000. Drought Monitoring in Hungary. In: Early warning systems for drought preparedness and drought management. WMO, Geneva. pp. 161-176.

Zareh Abianeh H, Sabziparvar AA, Maroufi S and Ghasemi A, 2010. Investigation of different methods of evapotranspiration of potential and zonation of them in Iran. Journal of natural geography researchs, 74: 11-95. (In Persian).