مجله علمی-پژوهشی

علوم کشاورزی

سال سیزدهم، شماره (۱) ۱۳۸۶

معرفی یک شاخص جدید برای ارزیابی شدت خشکسالی کشاورزی بر پایهٔ عملکرد نسبی محصول*

صمد دربندی

مربی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

فریدون کاوه

استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات – تهران

احمد فاخری فرد

استاد یار دانشگاه تبریز

حسین صدقی

استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات – تهران

غلامعلی کمالی

استادیار پژوهشکده علوم جو و اقلیم شناسی

چکیده

خشکسالی یک بلای طبیعی است که کلیه اقلیم‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد.به دلایل مختلف مانند متفاوت بودن نیاز آبی توسط بخشهای متقاضی، تا کنون تعریف واحدی برای خشکسالی ارائه نشده است. این پدیده اقلیمی انواع مختلفی دارد که عبارتند از: خشکسالی هواشناختی، هیدرولوژیک و کشاورزی. برای ارزیابی شدت خشکسالی بصورت کمّی از شاخص‌های خشکسالی استفاده می‌شود. در ایران هیچگونه مطالعه‌ای پیرامون ارزیابی شدت خشکسالی کشاورزی صورت نگرفته است. شاخصهای مورد استفاده در جهان برای ارزیابی شدت خشکسالی کشاورزی دارای نارسائی‌های کلی هستند. در این مطالعه ابتدا یک تعریف بر اساس عملکرد نسبی محصول برای خشکسالی کشاورزی ارائه شده، سپس با استفاده از آن شاخصی برای ارزیابی شدت خشکسالی کشاورزی پیشنهاد گردیده است.در این شاخص عملکرد نسبی محصول با میانگین طولانی مدت آن مقایسه وبراساس آن شدت خشکسالی تعیین می‌گردد. با کاربرد این شاخص، شدت خشکسالی طی ۳۰ سال گذشته در منطقهٔ تبریز و برای زراعت گندم دیم مشخص گردیده است.برای شبیه‌سازی[1] عملکرد نسبی محصول در سال‌های گذشته از مدل دورنبوس و کاسام[2] (۱۹۷۹) استفاده شده است. برای تعیین تبخیر و تعرق واقعی گیاه که یکی از اطلاعات ورودی این مدل می‌باشد مدل سیمپل بکار گرفته شد. برای ارزیابی مدل سیمپل[3]، یکسری مطالعات مزرعه‌ای صورت گرفت. نتایج این مطالعات نشان داد که این مدل دقت زیادی در شبیه‌سازی تبخیر و

* این مقاله بخشی از رساله دکتری تخصصی نگارنده اول در گروه تخصصی آبیاری واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران می‌باشد.

1- Simulation
2 - Doorenbos and Kassam
3 -SIMPLE model

تاریخ دریافت مقاله ۸۴/۵/۱۳ تاریخ دریافت نسخه نهایی ۸۴/۹/۲۲

Archive of SID

www.SID.ir

تعرق گیاه دارد. همچنین در این تحقیق قابلیت شاخص‌های درصدی از بارندگی عادی[1] (PNPI)، معیار بارندگی سالانه[2] (SIAP) و S[3] برای ارزیابی شدت خشکسالی کشاورزی در منطقه مورد بررسی قرار گرفته و رابطهٔ بین میزان عملکرد نسبی محصول و توزیع زمانی بارندگی در مراحل مختلف رشد با استفاده از همبستگی چند متغیره ارائه شده است

واژه‌های کلیدی: شاخص،خشکسالی،شدت خشکسالی،خشکسالی کشاورزی،عملکرد نسبی،گندم

مقدمه

خشکسالی یک بلای طبیعی و قابل تکرار است که کلیه اقلیم‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد و هر ساله بیش از نصف کرهٔ زمین مستعد وقوع خشکسالی است(۱۶). در ایران به رغم حاکم بودن شرایط خشکی در اکثر نقاط کشور، خشکسالی نیز به کرات اتفاق افتاده و باعث کمبود آب در بخشهای مختلف مصرف می‌گردد. به طوری که در ۲۵ سال گذشته۱۳مورد خشکسالی وجود داشته است(۲). افزایش روزافزون جمعیت و در پی آن افزایش تقاضا برای آب و مواد غذایی، صدمات ناشی از خشکسالی را در سال‌های اخیر افزایش داده است(۱). پراکنش متعدد، فراوانی مکانی و زمانی پدیده خشکسالی همچنین متفاوت بودن نیاز به آب توسط بخشهای مختلف مصرف و اثرات گوناگون آن بر زیربخش‌های متفاوت جامعه، ارائه یک تعریف واحد برای این پدیده اقلیمی را مشکل ساخته است (۸ و ۱۲). خشکسالی انواع مختلفی دارد که مهمترین آنها عبارتند از: خشکسالی هیدرولوژیکی، هواشناسی و کشاورزی (۴،۷و۱۵). خشکسالی کشاورزی ویژگیهای مختلف خشکسالی هواشناسی را با اثرات آن بر روی کشاورزی مرتبط نموده و بر کمبود بارندگی، تفاوت بین تبخیر و تعرق واقعی و پتانسیل گیاهی، کمبود رطوبت نیمرخ خاک و غیره تمرکز دارد (۱۵). برای ارزیابی شدت خشکسالی به صورت کمّی از شاخص‌های خشکسالی استفاده می‌شود. این شاخص‌ها برای کمّی نمودن (الف) شرایط رطوبی یک ناحیه و در نتیجه ابعاد خشکسالی و اندازه‌گیری شدت آن (ب) گسترش مکانی خشکسالی در نتیجه مقایسه شرایط منابع رطوبتی مناطق مختلف، مورد استفاده قرار می‌گیرند (۷ و ۱۵)، و می‌توانند برای تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان در زمینه‌های تجارت، صنعت، کشاورزی و غیره سودمند باشد. همچنین می‌توانند برای کمک رسانی به مناطق آسیب دیده، ارزیابی خطرات آتش سوزی احتمالی جنگلها ، بررسی مکانی و زمانی خشکسالی و مقایسه نتایج حاصل از وقوع آن بین مناطق مختلف مورد استفاده قرار گیرند (۴). هم اکنون در جهان از شاخصهای گوناگونی با توجه به نوع خشکسالی استفاده می‌شود. از شاخص‌هایی که برای ارزیابی شدت خشکسالی کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌توان به شاخص شدت خشکسالی پالمر[4] (PDSI) و شاخص رطوبت گیاه[5] (CMI) اشاره نمود.

این شاخص‌ها ترکیبی از بارندگی، ذخیره رطوبتی و نیاز رطوبتی، براساس محاسبه بیلان آبی می‌باشند که توسط پالمر (۱۹۶۵ و ۱۹۶۸) ارائه شده است. این شاخص‌ها که در کشور آمریکا و بعضی نقاط دیگر جهان به دفعات مورد استفاده قرار گرفته‌اند دارای معایب و مزایای مربوطه هستند (۱۰ و ۱۵). در این شاخص‌ها به کلیه پارامترهای موثر در فرایند خشکسالی مانند حساسیت گیاه به کم آبی در مراحل مختلف رشد و نوع محصول زراعی توجهی نشده است. از طرف دیگر به دلیل نیاز به در اختیار داشتن اطلاعات زیاد برای محاسبه، استفاده از این شاخص در ایران مشکل و یا غیر ممکن است از این نظر برای ارزیابی پدیده خشکسالی کشاورزی در ایران از شاخص‌های خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی استفاده می‌شود که نتایج حاصله دقیق نمی‌باشند و می‌توان به جرأت

1 - Percent of Normal Precipitation Index
2 - Standard Index of Annual Precipitation

3- این شاخص معادل فارسی ندارد.

4 - Palmer Drought Severity Index
5 - Crop Moisture Index

Archive of SID

www.SID.ir

اظهار داشت که برخلاف دیگر انواع خشکسالی‌ها هیچگونه مطالعه‌ای پیرامون پدیده خشکسالی درکشاورزی کشور صورت نگرفته است.هم اکنون تحقیقات گسترده‌ای پیرامون خشکسالی کشاورزی در جهان صورت می‌گیرد. راجیک[1] و همکاران (۲۰۰۲) در منطقه ووگودینا[2] یوگسلاوی در یک دوره ۳۰ ساله به بررسی بیلان رطوبت خاک پرداخته‌اند. محاسبات آنها نشان داد که کل آب مصرفی در طول فصل رشد توسط ذرت از کل بارندگی آن منطقه بیشتر است. همچنین کمبود آب در طول سال بسیار متغیر می‌باشد و حداکثر میزان کمبود آب تقریبا دو برابر حداقل مقدار کمبود آب در هر ایستگاه می‌باشد. اسکریپکاریو[3] و همکاران (۲۰۰۲) بااستفاده از شاخص‌های سوروسیانو[4]، بارش استاندارد شده و دومارتن[5] خشکسالیهای شرق رومانی را ارزیابی نموده و رابطه بین این سه شاخص و کاهش عملکرد ذرت، چغندرقند و یونجه را بررسی نمودند. نتال[6] و همکاران (۲۰۰۳) سه شاخص PDSI، بالم و مولی و شاخص بارش استاندارد شده، را در منطقه غرب آفریقا تجزیه تحلیل و اصلاح نموده اند (هر جا که لازم بود). هانگ[7] وهمکاران (۲۰۰۴) جهت ارزیابی ریسک شدت خشکسالی کشاورزی دو گیاه ذرت و سویا در منطقه نبراسکای آمریکا، مدلی را توسعه داده‌اند. باتوجه به اینکه اثر نهایی پدیده خشکسالی در کشاورزی روی عملکرد گیاهان(زراعی و باغی) می‌باشد هدف این تحقیق ارائه نوعی تعریف ساده و کاربردی برای «خشکسالی کشاورزی» بر اساس عملکرد محصول، همچنین پیشنهاد یک «شاخص جدید» با توجه به تعریف متذکره، برای ارزیابی شدت خشکسالی کشاورزی با در نظر گرفتن کلیه عوامل موثر در آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

باتوجه به اینکه اثرات خشکسالی در کشاورزی در نهایت بر روی عملکرد محصول خواهد بود، بدین دلیل در این تحقیق خشکسالی «کاهش رطوبت قابل دسترس گیاه و در نتیجه کاهش عملکرد محصول نسبت به میانگین طولانی مدت» تعریف شده است. از اینرو شاخص ارائه شده براساس عملکرد محصول است. بدین ترتیب که عملکرد نسبی محصول در سال‌های زراعی گذشته «شبیه سازی شده» و با مقایسه نتایج آن با میانگین طولانی مدت شدت خشکسالی ارزیابی گردیده است. برای مطالعه موردی اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز که در حدود ۳ کیلومتری شرق شهرستان تبریز واقع بوده و دارای اقلیم نیمه خشک سرد است انتخاب گردید. در تعریف خشکسالی کشاورزی فرض بر آن است که فقط منبع تامین رطوبت خاک ریزشهای آسمانی می‌باشد، از این نظرزراعت گندم دیم برای مطالعه موردی انتخاب گردید. در منطقه گندم دیم از نیمه دوم مهر ماه تا نیمه اول آبان ماه کشت شده و در جریان تیرماه برداشت می‌شود. با استفاده از نرم افزار کراپ وات[8]، نیاز آبی گندم بصورت روزانه از سال زراعی ۷۵-۱۹۷۴ لغایت ۲۰۰۴-۲۰۰۳ بصورت روزانه محاسبه گردید.

برای تعیین تبخیر و تعرق واقعی گندم (ETa) از مدل سیمپل استفاده به عمل آمد، این مدل براساس بیلان آب، میزان رطوبت در نیمرخ خاک را بصورت روزانه شبیه سازی می‌نماید.شکل عمومی این مدل به صورت زیر است:

$$\Delta\theta = (P+I) - (DRN+ET+R) \qquad (1)$$

در این رابطه :

$\Delta\theta$: تغییرات میزان رطوبت خاک (میلی متر)

1 - Rajic
2 - Vovodina
3 - Scripcariu
4 - Soroceanu
5 - De martone
6 - Ntale
7 - Hong
8 - Crop wat

Archive of SID

www.SID.ir

P : ریزش‌های آسمانی (میلی متر)

I : میزان آبیاری(میلی متر)

DRN : میزان زهکشی (میلیمتر)

ET : تبخیر و تعرق (میلیمتر)

R : رواناب سطحی (میلیمتر)

یکی از زیر برنامه‌های این مدل، تعیین تبخیر و تعرق واقعی گیاه است که طبق رابطه ارائه شده توسط استاف و دیل۱ (۱۹۸۷) بصورت زیر تعیین می‌گردد(۳):

$$ET_a = ET_m \qquad \theta_i > \theta_{fc} \quad \text{وقتی که} \qquad (۲)$$

$$ET_a = ET_m\left(\frac{\theta_i - \theta_{wp}}{\theta_{fc} - \theta_{wp}}\right) \qquad \theta_{wp} < \theta_i < \theta_{fc} \quad \text{و زمانی که} \qquad (۳)$$

در رابطه بالا:

ET_a: تبخیر و تعرق واقعی (میلی متر)

ET_m: تبخیر و تعرق حداکثر یا نیاز آبی گیاه (میلی متر)

θ_{wp}: رطوبت در نقطه پژمردگی (درصد حجمی)

θ_{fc} : رطوبت در نقطه ظرفیت مزرعه‌ای (درصد حجمی)

θ_i : رطوبت خاک (درصد حجمی)

اطلاعات مورد نیاز این مدل عبارتند از: تاریخ ، مقدار بارندگی روزانه، تبخیر و تعرق حداکثر گیاه به صورت روزانه و ویژگیهای فیزیکی خاک (رطوبت در حدود ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی و ضریب زهکشی). اطلاعات خروجی برنامه عبارتند از: تاریخ، رطوبت خاک و تبخیر و تعرق واقعی گیاه به صورت روزانه. برای تعیین مشخصات فیزیکی خاک، ازخاک مزرعه نمونه‌برداری گردید و در آزمایشگاه ویژگی‌های مورد نظر شامل: رطوبت در نقطه ظرفیت مزرعه‌ای و نقطه پژمردگی، ضریب زهکشی و بافت خاک تعیین شدند. یک برنامه کامپیوتری به زبان کوئیک بیسیک براساس این مدل تدوین گردید و برای یک دوره زمانی برابر ۳۰ سال زراعی یعنی، از سال ۷۵-۱۹۷۴ لغایت ۲۰۰۴- ۲۰۰۳ با اجرای مدل، محاسبات به انجام رسید. مدل گفته شده (سیمپل) براساس تبخیر و تعرق واقعی گیاه و دیگر اجزای معادله بیلان رطوبت، تغییرات میزان رطوبت خاک را شبیه‌سازی می‌نماید. از آنجائی که اندازه‌گیری تبخیر و تعرق واقعی گیاه عملاً مشکل است از این‌رو برای ارزیابی عملکرد مدل تغییرات رطوبت خاک اندازه‌گیری گردید. در صورتی که مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهداتی مقادیر رطوبت نزدیک به یکدیگر باشند می‌توان نتیجه‌گیری نمود که دقت تخمین تبخیر و تعرق واقعی گیاه نیز مطلوب می‌باشد. به همین منظور دو کرت آزمایشی هر کدام به ابعاد ۶×۶ متر مربع انتخاب و از دو نقطهٔ آن و تا عمق ۶۰ سانتیمتر و با تناوب ۲۰ سانتیمتر یک نمونه خاک برداشت و مشخصات فیزیکی آنها تعیین گردید. سپس در ۱۳ ماه اکتبر ۲۰۰۳ گندم رقم آذر در کرت‌ها کشت شد، در یکی از کرت‌ها کشت به صورت دیم در نظر گرفته شد و در کرت دیگر به صورت مداوم عملیات آبیاری گندم بانجام می‌رسید تا هیچگونه تنش آبی برای گیاه وجود نداشته باشد. در ۱۷ ماه اکتبر اولین بارندگی در منطقه اتفاق افتاده و بذور شروع به جوانه زنی نمودند. رطوبت خاک نیز بصورت روزانه و تا عمق توسعه ریشه‌های گندم در کرت دیم توسط دستگاه رطوبت سنج (TDR) سه بار در هر روز راس ساعت ۹، ۱۴ و ۱۸ اندزه‌گیری گردید. همچنین تعداد

1. Stuff and Dale

Archive of SID

www.SID.ir

روزهای هر مرحله از رشد زراعت گندم تعیین و ثبت می‌شد. تعیین میزان رطوبت خاک تا زمان برداشت محصول یعنی ۲۳ ماه ژوئن ۲۰۰۴ ادامه یافت.

برای مقایسه مقادیر رطوبت شبیه‌سازی شده رطوبت و مشاهداتی متناظر، درسال زراعی ۲۰۰۴-۲۰۰۳ این مقادیر و میزان بارندگی بصورت نمودار ترسیم گردید. ضریب تبیین (R^2) و ضریب همبستگی بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده نیز تعیین شده است. همچنین دو معیار زیر برای ارزیابی عملکرد مدل مورد استفاده قرار گرفته است:

الف- ریشهٔ میانگین مربع خطاها[1] (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(S_i - O_i)^2}{n}} \qquad (۴)$$

RMSE یک اندازه‌گیری ساده برای تعیین میزان خطا می‌باشد بعبارت دیگر این معیار بیان کنندهٔ انحراف مقادیر شبیه سازی شده ازمقادیر مشاهداتی می‌باشد.

ب- راندمان عملکرد یا کارایی مدل[2] (ME)

این معیار توسط سروات و دیزتر[3] (۱۹۹۱) بعنوان بهترین معیار برای بررسی سازگاری و همخوانی بین متغیرهای هیدرولوژیکی شبیه‌سازی شده ومشاهداتی بصورت زیر ارائه شده است(۱۴) :

$$ME = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O})^2} \qquad (۵)$$

هر چه مقدار حاصله به یک نزدیکتر باشد بیانگر آنست که اختلاف بین مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی شده کمتر است.

در روابط بالا:

S_i: مقدار پارامتر شبیه سازی شده در روز i ام (i=1,2,...,n)

O_i: مقدار پارامتر مشاهده شده در روز i ام

$\overline{O}$: میانگین پارامترهای مشاهداتی

n : تعداد مشاهدات یا ارقام شبیه سازی شده می‌باشد.

پس از محاسبه تبخیر و تعرق واقعی گیاه گندم بطور روزانه برای مدت ۳۰ سال گذشته ،برای شبیه سازی عملکرد نسبی محصول (گندم) از مدل ارائه شده توسط دورنبوس و کاسام (۱۹۷۹) مندرج در نشریه شماره۳۳ ،آبیاری و زهکشی سازمان خواربار و کشاورزی جهانی که بصورت زیر می‌باشد استفاده بعمل آمده است:

$$1 - \frac{Y_a}{Y_m} = Ky\left(1 - \frac{ET_{act}}{ET_m}\right) \qquad (۶)$$

در رابطه بالا :

Y_a : مقدار عملکرد واقعی محصول

1. Root mean square error
2. Modelling efficiency
3. Servat and Dezetter

Archive of SID

www.SID.ir

Y_m : حداکثر مقدار عملکرد محصول

Ky: ضریب واکنش عملکرد به آب .که برای گندم زمستانه در مرحله رشد رویشی ۰/۲ ، گلدهی ۰/۶ و شکل‌گیری دانه ۰/۵ می‌باشد.

ET_{act}: تبخیر و تعرق واقعی

ET_m: تبخیر و تعرق حداکثر یا نیاز آبی گیاه است.

با توجه به تعریفی که در مباحث قبلی از خشکسالی کشاورزی ارائه گردید، شاخص ارائه شده براساس کاهش عملکرد نسبی محصول نسبت به میانگین طولانی مدت آن است. در ارائه این شاخص از روش دهکها استفاده شده است. زیرا این روش نسبتاً ساده بوده و نحوهٔ محاسبات آن پیچیده نیست. همچنین کارایی این روش توسط محققین مختلف نیز تائید شده است(۱۲و۱۵).

شاخص پیشنهادی برای تعیین شدت خشکسالی کشاورزی دارای مراحل زیر است :

۱- مرتب نمودن داده‌های عملکرد نسبی محصول محصول بصورت نزولی

۲- تعیین دامنه دهکی با استفاده از رابطهٔ $D_i = i\frac{n+1}{10}$ [(D_i : دهک i ام ، i : شماره دهک، n : تعداد سالهای مورد مطالعه)]

۳- برآورد مقادیر عملکرد نسبی محصول مربوط به هر دهک (کران انتهایی)

۴- تعیین سالهای آماری که در دهک‌های مختلف قرار گرفته‌اند.

طبقه بندی دهک‌ها در جدول (۱) نشان شده است.

درنهایت با استفاده از برخی شاخص‌های رایج در کشور مانند شاخص معیار بارندگی سالانه (SIAP)، شاخص درصدی از بارندگی عادی (PNPI) و شاخص S، شدت خشکسالی طی ۳۰ سال گذشته در منطقه تعیین و نتایج حاصله با نتایج شاخص پیشنهادی مقایسه گردید. لازم به توضیح است که شاخص‌های SIAP و PNPI فقط براساس مقدار بارندگی و شاخص S براساس مقدار بارندگی و درجه حرارت هوا به ارزیابی شدت خشکسالی می‌پردازد.

جدول ۱- طبقه بندی شدت خشکسالی کشاورزی در روش پیشنهادی

ردیف	نام توصیفی (شدت خشکسالی)	دهک*
۱	ترسالی شدید	۱-۲
۲	ترسالی	۳-۴
۳	عادی	۵-۶
۴	خشکسالی	۷-۸
۵	خشکسالی شدید	۹-۱۰

نتایج

مقایسه مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی شده میزان رطوبت خاک نشان داد که نتایج اندازه‌گیری‌های ساعت ۱۸ بیشترین همخوانی را با نتایج مدل دارد. در شکل (۱) بعنوان نمونه مقادیر شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده میزان رطوبت خاک، همچنین میزان بارندگی بصورت روزانه از ۱۷ ماه اکتبر تا ۱۵ ماه نوامبر نشان داده شده است.

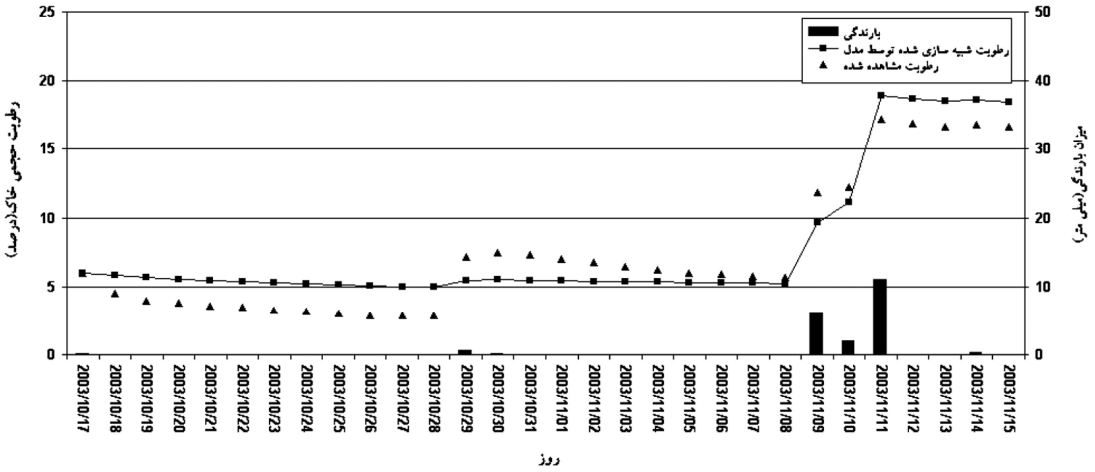
همانگونه که از این شکل مشاهده می‌شود مقادیر شبیه سازی و اندازه‌گیری شده رطوبت خاک با یکدیگر مقداری اختلاف دارند لیکن نحوهٔ تغییرات آنها تقریباً همسان می‌باشد که نشان دهندهٔ تخمین صحیح تبخیر و تعرق واقعی گیاه می‌باشد. این اختلاف ممکن است ناشی از خطای اندازه‌گیری ویژگیهای خاک، خطای برآورد عمق توسعه ریشه‌ها، فرض همگن بودن خاک تا عمق توسعه

* :براساس رابطه $D_i = i\frac{n+1}{10}$ که در آن علائم، معانی پیش گفته را دارند.

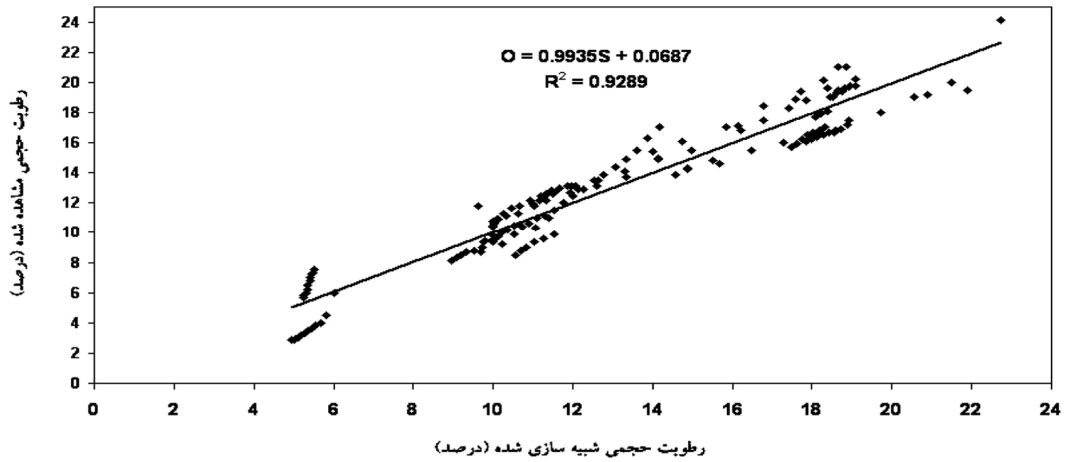
Archive of SID

www.SID.ir

ریشه‌ها و یا خطای محاسباتی حاصل از اجرای مدل باشد. در شکل (۲) همبستگی بین مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی شده مقادیر رطوبت خاک نشان داده شده است.



شکل ۱- تغییرات روزانه بارندگی و مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی شده رطوبت خاک از ۱۷ ماه اکتبر تا ۱۵ ماه نوامبر

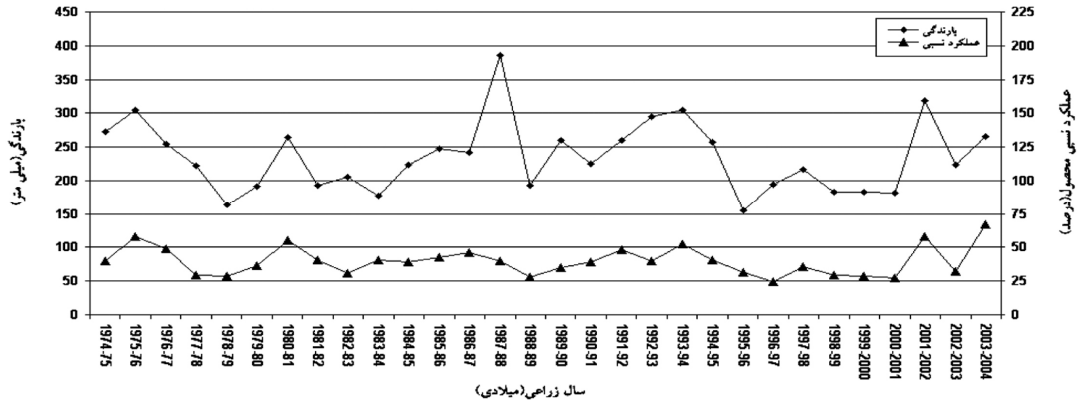


شکل ۲- رابطه بین مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی شده رطوبت خاک

معادله خط برازش یافته به صورت O = ۰/۹۹۳۵ S + ۰/۰۶۸۷ می‌باشد، که در آن: O مقادیر مشاهداتی و S مقادیر شبیه سازی شده رطوبت، با ضریب تبیین (R^2) ۰/۹۲ و ضریب همبستگی ۰/۹۶ می‌باشد. که نشان دهنده همبستگی مطلوب بین مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی شده، است. نتایج تجزیه واریانس نیز نشان داد که این همبستگی خطی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار است. همچنین مقدار RMSE آن برابر ۱/۵۴ و ME محاسبه شده برابر ۰/۹۲ بوده است. که نشان دهنده تخمین میزان رطوبت با دقت زیاد توسط مدل می‌باشد. درنتیجه مقادیر تبخیر و تعرق واقعی شبیه سازی شده بوسیله مدل نیز از دقت بسیار مطلوبی برخوردار می‌باشد.

www.SID.ir

در شکل (۳) و جدول (۲) مقادیر میزان بارندگی در طول فصل زراعی و مقادیر عملکرد نسبی محصول طی ۳۰ سال زراعی گذشته نشان داده شده است. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول و شکل متذکره، عملکرد نسبی محصول با بارندگی، رابطه مطلوب و همخوانی مناسبی ندارد. بعنوان مثال در سال زراعی ۸۴-۱۹۸۳ میزان کل بارندگی ۱۷۷/۳ میلی متر و عملکرد نسبی محصول ۴۰/۴۲ درصد می‌باشد. لیکن در سال بعد با وجود افزایش میزان بارندگی کل و رسیدن آن به ۲۲۳/۸میلی‌متر عملکرد نسبی کاهش یافته و به ۳۸/۹۸ درصد رسیده است. دلیل این امر به توزیع زمانی بارندگی کل برمی‌گردد. بدین ترتیب که بارندگی‌هایی که در مراحل حساسیت گیاه به کم آبی ریزش نموده‌اند بیشتر مورد استفاده گیاه قرار گرفته و باعث افزایش عملکرد محصول شده‌اند. به عبارت دیگر در بعضی سال‌ها، که با وجود بارندگی کم نسبت به سالهای دیگر، شاهد افزایش عملکرد نسبی محصول می‌باشیم، بارندگی‌ها در مراحل حساس گیاه به کم آبی ریزش نموده اند. و در دیگر سالها بارندگی‌ها زمانی حاصل شده‌اند که گیاه استفاده چندانی از آن را در افزایش عملکرد ننموده است. همچنین در روزهایی که مقدار بارندگی بیش از ظرفیت نگهداری آب خاک بوده است از دسترس گیاه خارج گردیده است.



شکل ۳- تغییرات میزان عملکرد نسبی محصول و بارندگی طی سالهای مختلف زراعی

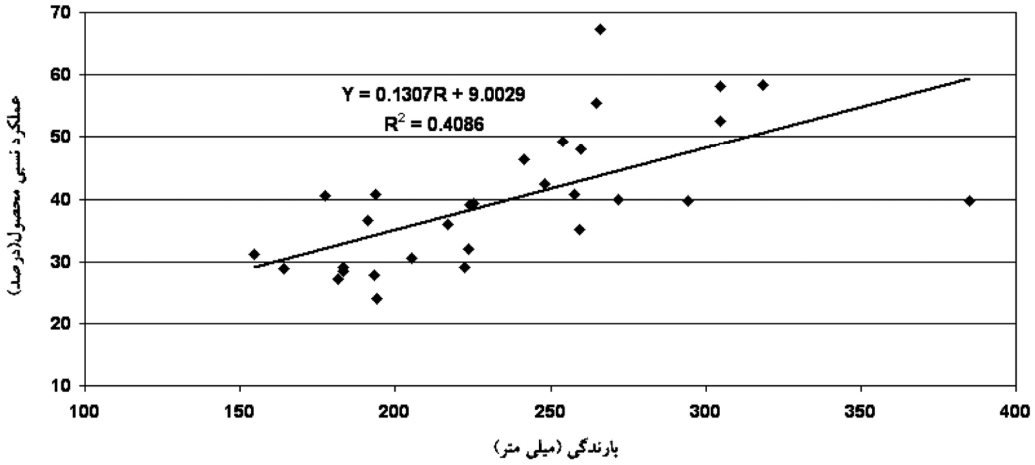
علت دیگر این اختلافات را می‌توان به متفاوت بودن نیاز آبی گیاه در سالهای مختلف نسبت داد. بدین ترتیب که بطور محتمل در سالهایی که با وجود بارندگی کم عملکرد نسبی محصول نسبت به سالهای با بارندگی زیاد، بیشتر است، نیاز آبی گیاه کم بوده و آب کمتری به مصرف گیاه رسیده است. در شکل ۴ نمودار تغییرات عملکرد نسبی با میزان بارندگی نشان داده شده است. معادله خط برازش یافته به صورت $Y= ۰/۱۳۰۷R+۹/۰۰۲۹$ می‌باشد که در آن: Y عملکرد نسبی و R بارندگی، با ضریب تبیین($R^۲$) ۰/۴۰۸ و ضریب همبستگی ۰/۶۴ می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که این همبستگی خطی درسطح احتمال ۱درصد معنی دار بوده است. در جدول (۳) شدت خشکسالی کشاورزی براساس عملکرد نسبی محصول طی سالهای زراعی ۷۵-۱۹۷۴ لغایت ۲۰۰۴-۲۰۰۳ به همراه مقادیر بارندگی آورده شده است. همانگونه که در این جدول مشاهده می‌شود در برخی سال‌ها شدت خشکسالی کشاورزی با مقدار بارندگی تناسب ندارد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- مقادیر عملکرد نسبی محصول و بارندگی در طول فصل زراعی طی سالهای مختلف زراعی

ردیف	سال زراعی (میلادی)	عملکرد نسبی (درصد)	بارندگی در طول فصل زراعی (میلی‌متر)	ردیف	سال زراعی (میلادی)	عملکرد نسبی (درصد)	بارندگی در طول فصل زراعی (میلی‌متر)
۱	۱۹۷۴-۷۵	۳۹/۸۳	۲۷۲	۱۶	۱۹۸۹-۹۰	۳۵/۱۵	۲۵۹/۵
۲	۱۹۷۵ -۷۶	۵۸/۱۲	۳۰۴/۹	۱۷	۱۹۹۰-۹۱	۳۹/۳۱	۲۲۵/۳
۳	۱۹۷۶ -۷۷	۴۹/۱۶	۲۵۴/۱	۱۸	۱۹۹۱-۹۲	۴۷/۹۵	۲۵۹/۹
۴	۱۹۷۷ -۷۸	۲۹/۱۲	۲۲۲/۵	۱۹	۱۹۹۲-۹۳	۳۹/۷۴	۲۹۴/۲
۵	۱۹۷۸ -۷۹	۲۸/۸۷	۱۶۳/۹	۲۰	۱۹۹۳-۹۴	۵۲/۶۳	۳۰۴/۷
۶	۱۹۷۹ -۸۰	۳۶/۵۶	۱۹۱	۲۱	۱۹۹۴-۹۵	۶۱/۸۳	۲۵۷/۵
۷	۱۹۸۰ -۸۱	۵۵/۵۴	۲۶۴/۶	۲۲	۱۹۹۵-۹۶	۳۱/۲۷	۱۵۴/۵
۸	۱۹۸۱ -۸۲	۴۰/۷	۱۹۳/۵	۲۳	۱۹۹۶-۹۷	۲۴/۱۴	۱۹۴
۹	۱۹۸۲ -۸۳	۳۰/۵	۲۰۵/۴	۲۴	۱۹۹۷-۹۸	۳۵/۹۶	۲۱۷/۱
۱۰	۱۹۸۳ -۸۴	۴۰/۴۲	۱۷۷/۳	۲۵	۱۹۹۸-۹۹	۲۹/۱۲	۱۸۳/۱
۱۱	۱۹۸۴ -۸۵	۳۸/۹۸	۲۲۳/۸	۲۶	۱۹۹۹-۲۰۰۰	۲۸/۴۶	۱۸۳/۴
۱۲	۱۹۸۵ -۸۶	۴۲/۳۶	۲۴۸	۲۷	۲۰۰۰-۲۰۰۱	۲۷/۲۳	۱۸۱/۷
۱۳	۱۹۸۶ -۸۷	۴۶/۳۸	۲۴۱/۴	۲۸	۲۰۰۱-۲۰۰۲	۵۸/۳۲	۳۱۸/۳
۱۴	۱۹۸۷ -۸۸	۳۹/۷۸	۳۸۵/۱	۲۹	۲۰۰۲-۲۰۰۳	۳۱/۹۵	۲۲۳/۶
۱۵	۱۹۸۸ -۸۹	۲۷/۸۴	۱۹۳/۴	۳۰	۲۰۰۳-۲۰۰۴	۶۷/۳۸	۲۶۶/۲



شکل ۴- رابطه بین عملکرد نسبی محصول و میزان بارندگی

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مقدار بارندگی و شدت خشکسالی کشاورزی بر اساس عملکرد نسبی محصول در سالهای زراعی گذشته در منطقه مطالعاتی

ردیف	سال زراعی (میلادی)	بارندگی در طول فصل زراعی (میلی‌متر)	نام توصیفی (شدت خشکسالی)	ردیف	سال زراعی (میلادی)	بارندگی در طول فصل زراعی (میلی‌متر)	نام توصیفی (شدت خشکسالی)
۱	۱۹۷۴-۷۵	۲۷۲	عادی*	۱۶	۱۹۸۹-۹۰	۲۵۹/۵	خشکسالی
۲	۱۹۷۵ -۷۶	۳۰۴/۹	ترسالی شدید	۱۷	۱۹۹۰ -۹۱	۲۲۵/۳	عادی
۳	۱۹۷۶ -۷۷	۲۵۴/۱	ترسالی شدید	۱۸	۱۹۹۱ -۹۲	۲۵۹/۹	ترسالی
۴	۱۹۷۷ -۷۸	۲۲۲/۵	خشکسالی	۱۹	۱۹۹۲ -۹۳	۲۹۴/۲	عادی
۵	۱۹۷۸ -۷۹	۱۶۳/۹	خشکسالی شدید	۲۰	۱۹۹۳ -۹۴	۳۰۴/۷	ترسالی شدید
۶	۱۹۷۹ -۸۰	۱۹۱	عادی	۲۱	۱۹۹۴ -۹۵	۲۵۷/۵	ترسالی
۷	۱۹۸۰ -۸۱	۲۶۴/۶	ترسالی شدید	۲۲	۱۹۹۵ -۹۶	۱۵۴/۵	خشکسالی
۸	۱۹۸۱ -۸۲	۱۹۳/۵	ترسالی	۲۳	۱۹۹۶ -۹۷	۱۹۴	خشکسالی شدید
۹	۱۹۸۲ -۸۳	۲۰۵/۴	خشکسالی	۲۴	۱۹۹۷ -۹۸	۲۱۷/۱	خشکسالی
۱۰	۱۹۸۳ -۸۴	۱۷۷/۳	ترسالی	۲۵	۱۹۹۸ -۹۹	۱۸۳/۱	خشکسالی شدید
۱۱	۱۹۸۴ -۸۵	۲۲۳/۸	عادی	۲۶	۱۹۹۹ -۲۰۰۰	۱۸۳/۴	خشکسالی شدید
۱۲	۱۹۸۵ -۸۶	۲۴۸	ترسالی	۲۷	۲۰۰۰ -۲۰۰۱	۱۸۱/۷	خشکسالی شدید
۱۳	۱۹۸۶ -۸۷	۲۴۱/۴	ترسالی	۲۸	۲۰۰۱ -۲۰۰۲	۳۱۸/۳	ترسالی شدید
۱۴	۱۹۸۷ -۸۸	۳۸۵/۱	عادی	۲۹	۲۰۰۲ -۲۰۰۳	۲۲۳/۶	خشکسالی
۱۵	۱۹۸۸ -۸۹	۱۹۳/۴	خشکسالی شدید	۳۰	۲۰۰۳ -۲۰۰۴	۲۶۶/۲	ترسالی شدید

به عنوان مثال در سال زراعی ۸۰-۱۹۷۹ با میزان بارندگی ۱۹۱ میلیمتر از نظر خشکسالی کشاورزی در حالت عادی بوده لیکن در سال زراعی ۷۸-۱۹۷۷ با وجود بارندگی ۲۲۲/۵ میلیمتر، بخش کشاورزی با خشکسالی مواجه بوده است.

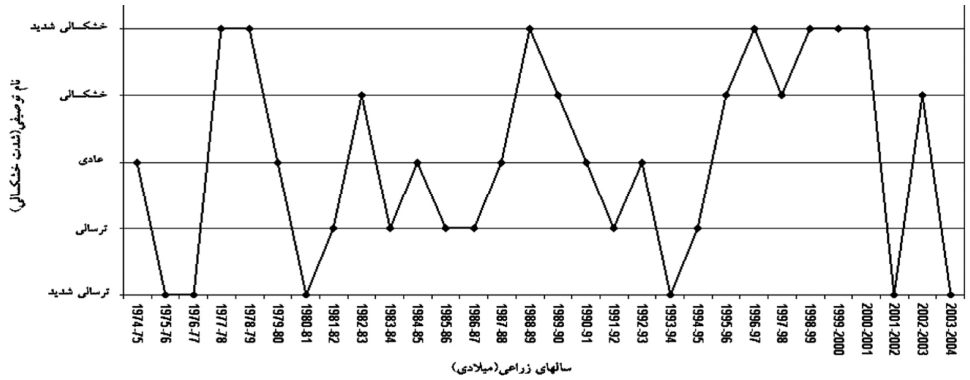
دلیل این امر را بدینصورت می‌توان تفسیر نمود که بارندگی‌های سال زراعی ۷۸-۱۹۷۷ در مقایسه با بارندگی‌های سال زراعی ۸۰-۱۹۷۹ از توزیع زمانی مطلوبی برخوردار نبوده و در ایامی بارندگی ریزش نموده که گیاه در مرحله حساس به کم‌آبی نبوده و یا مقدار بارندگی از ظرفیت نگهداری در خاک بیشتر بوده و یا نیاز آبی گیاه کم بوده است. طبق این جدول در سال زراعی ۲۰۰۴-۲۰۰۳ ترسالی شدیدی بر منطقه حاکم بوده است. این ترسالی(مرطوبی) در کل کشور نیز وجود داشته و همان سالی است که کشور برای نخستین بار در تولید گندم به خودکفایی رسید.

در شکل (۵) نمودار تغییرات وضعیت خشکسالی کشاورزی در سالهای مختلف نشان داده شده است. طبق این نمودار تداوم خشکسالی کشاورزی در منطقه بمدت ۱ تا ۲ سال زراعی بوده است و بیشترین تداوم این پدیده از سال زراعی ۹۶-۱۹۹۵ الی ۲۰۰۱-۲۰۰۰ یعنی بمدت ۶ سال مشاهدمی شود. در جدول (۴) شدت خشکسالی کشاورزی در سالهای گذشته بر اساس شاخص‌های مختلف آورده شده است. همانگونه که در این جدول مشاهده می‌شود در ترسالی های شدید نتایج هر چهار شاخص متذکره قبلی یکسان است. البته لازم به تذکر است که طبقه‌بندی شدت خشکسالی توسط این شاخصها متفاوت می باشد. در شاخص S ، شدت خشکسالی به چهار دسته:عادی، خشکسالی، خشکسالی شدید و خشکسالی بسیار شدید تقسیم بندی گردیده است.

*. عادی به مفهوم نرمال یا عدم خشکسالی می باشد

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵- شدت خشکسالی کشاورزی طی سالهای زراعی گذشته در منطقه مطالعاتی

شاخص SIAP، شدت خشکسالی را به پنج دسته: عادی، خشکسالی ضعیف، خشکسالی متوسط، خشکسالی شدید و خشکسالی بسیار شدید تقسیم بندی نموده است و در شاخص PNPI شدت خشکسالی به پنج دسته: عادی، خشکسالی ضعیف، خشکسالی متوسط، خشکسالی شدید وخشکسالی بسیار شدید، تقسیم بندی شده است. سه شاخص متذکره شده فقط خشکسالیها را تقسیم بندی نموده و در آن به ترسالی‌ها پرداخته نشده است. بنابراین ترسالی‌ها را به صورت عدم خشکسالی یا حالت عادی بیان می‌کنند. سالهایی را که شاخص پیشنهادی، به صورت خشکسالی شدید ارزیابی نموده است نتایج دیگر شاخص‌ها نیز تقریباً یکسان و شبیه این شاخص می‌باشد. لیکن در دیگر شرایط خشکسالی، نتایج با یکدیگر متفاوت می‌باشند. در شکل (۶) تغییرات شاخص S با عملکرد نسبی نشان داده شده است. معادله خط برازش یافته بصورت $Y = -۴/۱۰۸ S+۳۹/۸۲$ می‌باشد، که در آن: Y عملکرد نسبی و S مقدار عددی شاخص S می‌باشد. ضریب تبیین این همبستگی خطی ۰/۶ با ضریب همبستگی ۰/۷۷- می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که این همبستگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد.

جدول شماره ۴ - شدت خشکسالی کشاورزی در سال‌های متفاوت بر اساس برخی از شاخص‌های متذکره

ردیف	شاخص موردبررسی / سال زراعی	براساس شاخص پیشنهادی (عملکرد نسبی)	براساس شاخصهای : S	SIAP	PNPI
۱	۷۵-۱۹۷۴	عادی	عادی	عادی	عادی
۲	۷۶- ۱۹۷۵	ترسالی شدید	عادی	عادی	عادی
۳	۷۷- ۱۹۷۶	ترسالی شدید	عادی	عادی	عادی
۴	۷۸- ۱۹۷۷	خشکسالی شدید	خشکسالی	عادی	عادی
۵	۷۹- ۱۹۷۸	خشکسالی شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی‌بسیارشدید	خشکسالی متوسط
۶	۸۰- ۱۹۷۹	عادی	خشکسالی شدید	خشکسالی شدید	عادی
۷	۸۱- ۱۹۸۰	ترسالی شدید	عادی	عادی	عادی
۸	۸۲- ۱۹۸۱	ترسالی	خشکسالی	خشکسالی متوسط	عادی
۹	۸۳- ۱۹۸۲	خشکسالی	عادی	خشکسالی متوسط	عادی
۱۰	۸۴- ۱۹۸۳	ترسالی	عادی	خشکسالی شدید	خشکسالی ضعیف
۱۱	۸۵- ۱۹۸۴	عادی	عادی	عادی	عادی
۱۲	۸۶- ۱۹۸۵	ترسالی	عادی	عادی	عادی
۱۳	۸۷- ۱۹۸۶	ترسالی	خشکسالی	عادی	عادی
۱۴	۸۸- ۱۹۸۷	عادی	عادی	عادی	عادی

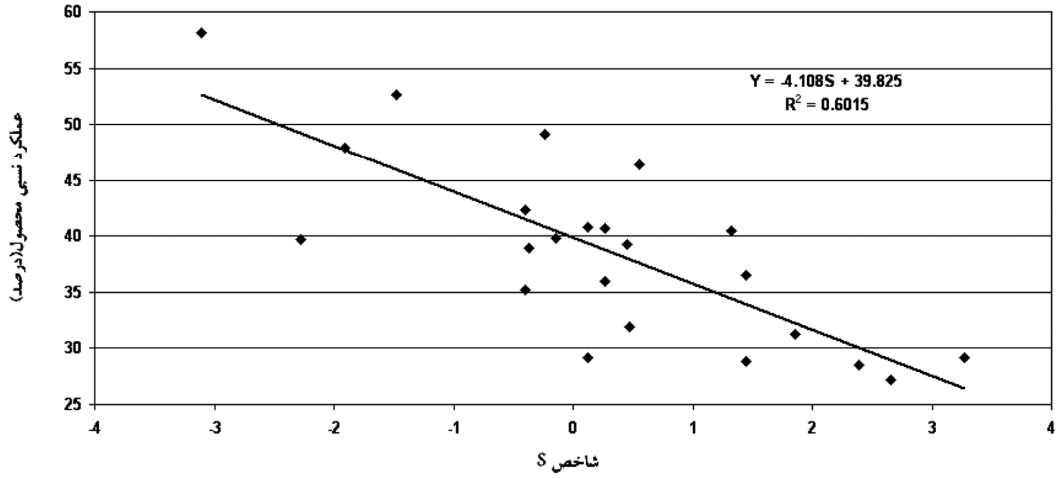
Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول شماره ۴ - شدت خشکسالی کشاورزی در سال‌های متفاوت بر اساس برخی از شاخص‌های متذکره

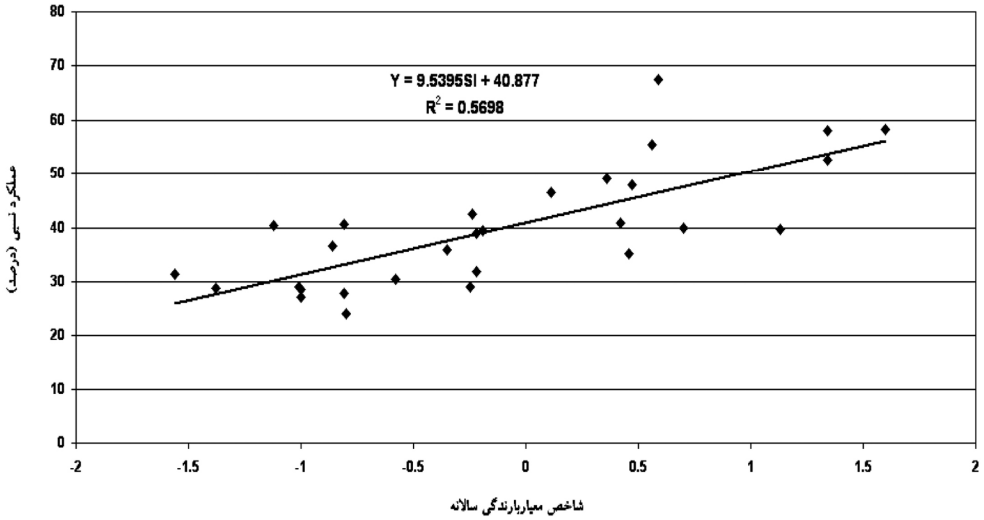
ردیف	شاخص موردبررسی / سال زراعی	براساس شاخص پیشنهادی (عملکرد نسبی)	براساس شاخصهای : S	SIAP	PNPI
۱۵	۸۹- ۱۹۸۸	خشکسالی شدید	خشکسالی	خشکسالی متوسط	عادی
۱۶	۹۰- ۱۹۸۹	خشکسالی	عادی	عادی	عادی
۱۷	۹۱- ۱۹۹۰	عادی	خشکسالی	عادی	عادی
۱۸	۹۲- ۱۹۹۱	ترسالی	عادی	عادی	عادی
۱۹	۹۳- ۱۹۹۲	عادی	عادی	عادی	عادی
۲۰	۹۴- ۱۹۹۳	ترسالی شدید	عادی	عادی	عادی
۲۱	۹۵- ۱۹۹۴	ترسالی	خشکسالی	عادی	عادی
۲۲	۹۶- ۱۹۹۵	خشکسالی	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی‌بسیارشدید	خشکسالی متوسط
۲۳	۹۷- ۱۹۹۶	خشکسالی شدید	خشکسالی	خشکسالی متوسط	عادی
۲۴	۹۸- ۱۹۹۷	خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی ضعیف	عادی
۲۵	۹۹- ۱۹۹۸	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی ضعیف
۲۶	۲۰۰۰- ۱۹۹۹	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی ضعیف
۲۷	۲۰۰۱- ۲۰۰۰	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی ضعیف
۲۸	۲۰۰۲- ۲۰۰۱	ترسالی شدید	عادی	عادی	عادی
۲۹	۲۰۰۳- ۲۰۰۲	خشکسالی	خشکسالی	عادی	عادی
۳۰	۲۰۰۴- ۲۰۰۳	ترسالی شدید	عادی	عادی	عادی

در شکل (۷) رابطه بین شاخص SIAP و عملکرد نسبی محصول نشان داده شده است. معادله خط برازش یافته به صورت ۴۰/۸۷۷+ SI ۹/۵۳۹ = Y می باشد،که در آن:Y عملکرد نسبی و SI مقدار عددی شاخص SIAP، با ضریب تبیین ۰/۵۷۵ و همبستگی ضریب همبستگی ۰/۷۵ می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که این همبستگی خطی در سطح احتمال ۱درصد معنی دار است.



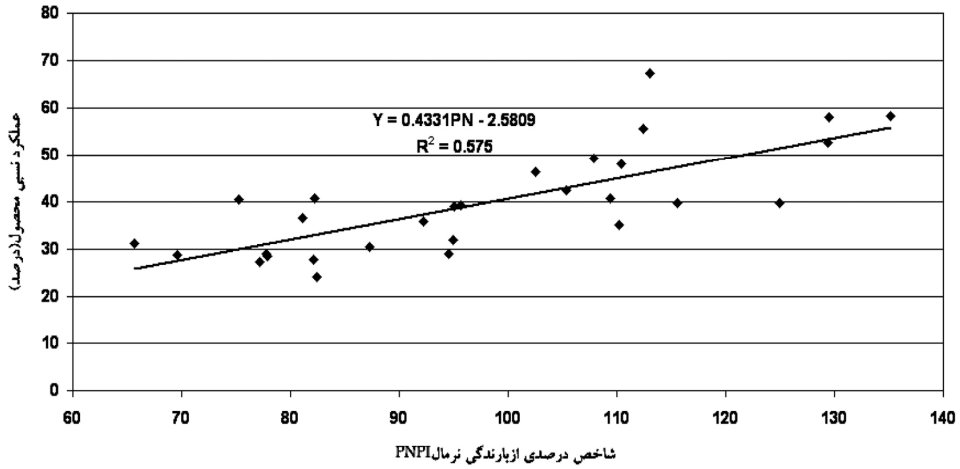
شکل ۶- رابطه بین شاخص S و عملکرد نسبی محصول

www.SID.ir



شکل۷- رابطه بین شاخص معیار بارندگی سالانه (SIAP) و عملکرد نسبی محصول

در شکل (۸) رابطه بین شاخص PNPI و عملکرد نسبی نشان داده شده است. معادله خط برازش یافته به صورت PN -۲/۵۸ Y =۰/۴۳۳۱ می‌باشد، که در آن:Y عملکرد نسبی و PN مقدار عددی شاخص PNPI، با ضریب تبیین ۰/۵۶ و ضریب همبستگی ۰/۷۵ می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که این همبستگی درسطح احتمال ۱درصد معنی‌دار است.



شکل ۸- رابطه بین شاخص درصدی از بارندگی نرمال (PNPI) و عملکرد نسبی محصول

مقایسه ضریب تبیین، ضریب همبستگی و خطای استاندارد و سه شاخص S، SIAP و PNPI نشان می‌دهد که شاخص S، همبستگی بهتری با عملکرد نسبی محصول دارد.

با استفاده از همبستگی چند متغیره رابطه بین توزیع بارندگی در مراحل مختلف رشد و عملکرد نسبی به صورت زیر تعیین شد :

www.SID.ir

$$Y=13.6597 + 0.0704R_1 + 0.3412R_2 + 0.1168R_3 \quad (۴)$$

در این رابطه: R_1، R_2 و R_3 مقادیر بارندگی ریزش نموده برحسب میلی‌متر به ترتیب در مراحل رشد رویشی، گلدهی و شکل‌گیری دانه‌ها می‌باشند. و Y عملکرد نسبی برحسب درصد است. ضریب تبیین این مدل رگرسیونی ۰/۸۳ می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که این همبستگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار می‌باشد. همانگونه که از رابطه (۴) مشاهده می‌شود ضریب بارندگی نازل شده در مرحله گل دهی بیشتر از دو ضریب دیگر می‌باشد. که نشان دهنده حساسیت زیاد عملکرد نسبی محصول به بارندگی‌های ریزش نموده در مرحله گلدهی است.

بحث و نتیجه‌گیری

مدل سیمپل با دقت زیاد میزان تغییرات روزانه رطوبت خاک را می‌تواند شبیه‌سازی نماید. مشابه بودن نحوهٔ تغییرات مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده رطوبت خاک، نشان می‌دهد که مدل می‌تواند تبخیر و تعرق گیاه را نیز با دقت زیاد بر آورد نماید. اختلاف بین مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی شده میزان رطوبت حاکی از خطای آزمایش و غیر همگنی خاک می‌باشد. از این نظر در صورتی که مشخصات فیزیکی خاک با عمق تغییر نماید استفاده از این مدل توصیه نمی‌شود با توجه به این که در این مدل نیازی به ضرایب هیدرودینامیکی خاک نمی‌باشد و پارامترهای مورد نیاز آن براحتی قابل اندازه‌گیری است از اینرو استفاده از این مدل برای تخمین میزان رطوبت خاک، تبخیر و تعرق و نفوذ عمقی، در صورتی که مشخصات خاک با عمق دارای دامنه تغییرات زیادی نباشد توصیه می‌گردد. نتایج حاصل از اجرای مدل نشان داد که هرگاه فواصل زمانی بارندگی کم و یا مقدار بارندگی بیشتر از ظرفیت نگهداری آب خاک باشد مقداری از آن به صورت نفوذ عمقی از دسترس گیاه خارج می‌شود. در تعریف و ارزیابی شدت خشکسالی کشاورزی اکثر محققین از جمله پالمر به رطوبت خاک توجه داشته‌اند لیکن به نوع گیاه و مراحل حساسیت گیاه به کم آبی توجه نداشته‌اند. از آنجایی که ا اثر خشکسالی در نهایت روی عملکرد محصول خواهد بود. از اینرو عملکرد نسبی در تعریف و ارزیابی خشکسالی کشاورزی بایستی مد نظر قرار گیرد.

استفاده از مدلهای تعیین عملکرد نسبی محصول براساس مراحل مختلف رشد علاوه بر داشتن دقت زیاد نسبت به در نظر گرفتن کل طول دوره رشد ابزار بسیار مفیدی برای پیش بینی خشکسالی کشاورزی می باشد. بعنوان مثال اگر با تعیین مقدار تبخیر و تعرق واقعی و حداکثر در مرحله رشد رویشی، مقدار عملکرد نسبی ۴۰درصد باشد در پایان آن سال در خوشبینانه‌ترین حالت عملکرد نسبی محصول حداکثر ۴۰ درصد خواهد بود. زیرا به فرض اینکه در مراحل بعدی هیچگونه تنش آبی(رطوبتی) نداشته باشیم مقدار عملکرد نسبی در این مراحل معادل ۱۰۰درصد خواهد بود. حاصل ضرب عملکرد نسبی محصول مراحل مختلف نهایتاً ۴۰ درصد خواهد بود. بدین ترتیب می‌توانیم حداکثر مقدار عملکرد نسبی را پیش بینی نماییم و براساس آن به برنامه ریزی آبیاری در همان سال بپردازیم. مطالعه تغییرات مقادیر بارندگی و عملکرد نسبی محصول در طی سالهای زراعی مختلف نشان داد که شدت افزایش عملکرد نسبی با افزایش بارندگی متناسب نبوده و حتی در برخی از سالها با وجود افزایش بارندگی عملکرد نسبی محصول کاهش می‌یابد. دلیل این امر آنست که توزیع بارندگی در کلیه سالها یکسان نمی‌باشد. در سالهایی که با وجود بارندگی کم، عملکرد نسبی محصول زیاد بوده ممکن است فواصل بارندگی به نحوی بوده است که مقدار تلفات آبی کم بوده است. بدین ترتیب که بارندگی‌ها زمانی ریزش نموده اند که خاک ظرفیت کافی برای ذخیره رطوبت را داشته است. همچنین ممکن است در سالهایی که با وجود بارندگی کم عملکرد نسبی محصول زیاد می‌باشد توزیع زمانی بارندگی به نحوی باشد که در مراحل حساس گیاه به کم آبی حاصل شده و یا در این سالها شرایط اقلیمی به نحوی بوده است که نیاز آبی گیاه کاهش داشته است. از این نظر مقدار بارندگی به تنهایی نمی‌تواند در تجزیه و تحلیل خشکسالی کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد.

در تجزیه و تحلیل خشکسالیهای کشاورزی بایستی بارندگی‌های حاصل شده به دقت ارزیابی شوند تا آنچه از این بارندگی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد در محاسبات منظور شود.

Archive of SID

www.SID.ir

مقایسه ضرایب همبستگی و تبیین رابطه بین میزان بارندگی کل ، شاخص PNPI، شاخص SIAP و شاخص S با عملکرد نسبی محصول نشان می‌دهد که شاخص S همبستگی بهتری با عملکرد نسبی محصول دارد. زیرا شاخص S در تجزیه و تحلیل خشکسالی علاوه بر مقدار بارندگی درجه حرارت هوا را نیز مد نظر قرار می‌دهد. بنابراین با افزوده شدن یک پارامتر موثر در شدت خشکسالی کشاورزی، دقت آن در ارزیابی خشکسالی افزایش می‌یابد.

با توجه به مطالب فوق‌الذکر، در نظر گرفتن بارندگی به تنهایی در تجزیه و تحلیل خشکسالیهای کشاورزی دقیق نمی‌باشد. هر قدر پارامترهای موثر به شدت خشکسالی کشاورزی مانند توزیع زمانی بارندگی ، نیاز آبی‌گیاه، نوع خاک، میزان و درجه حساسیت گیاه به کم آبی و غیره در ارزیابی شدت خشکسالی کشاورزی دخالت داده شوند به همان میزان بر دقت ارزیابی افزوده خواهد شد. از این نظر استفاده از شاخص‌های هیدرولوژیکی و یا متئورلوژیکی (هوا شناختی) برای خشکسالی کشاورزی که در ایران صورت می‌گیرد نتایج رضایت بخشی حاصل نمی نماید. با توجه به اینکه در این شاخص‌ها مراحل رشد گیاه در نظر گرفته نمی‌شوند از اینرو در صورتیکه مراحل رشد و توزیع بارندگی در این شاخص‌ها گنجانده شوند انتظار می‌رود که بتوان از آنها برای ارزیابی شدت خشکسالی کشاورزی نیز استفاده نمود. مقایسه ضرایب تبیین مدل بارندگی کل و عملکرد نسبی محصول(۰/۴۰۸)همچنین بارندگی در مراحل مختلف رشد و عملکرد نسبی (۰/۸۳) نشان داد که در نظر گرفتن توزیع بارندگی در مراحل مختلف رشد دقت مدل را در پیش بینی عملکرد نسبی محصول افزایش می‌دهد بنابراین در صورتیکه بخواهیم با استفاده از بارندگی به تجزیه و تحلیل موارد خشکسالی کشاورزی بپردازیم بایستی بطور حتم توزیع زمانی آن (بارندگی) در نظر گرفته شود.

پیشنهادات

با توجه به نتایج حاصله از این تحقیق موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

۱- چون اثر خشکسالی در کشاورزی در نهایت روی عملکرد محصول خواهد بود، از این نظر توصیه می‌شود در تعریف خشکسالی کشاورزی عملکرد محصول مدنظر قرار گیرد.

۲- در مطالعه ارزیابی خشکسالی کشاورزی نوع محصول نیز در نظر گرفته شود.

۳- استفاده از مدل سیمپل برای شبیه‌سازی تغییرات میزان رطوبت خاک و تبخیر و تعرق واقعی گیاه در شرایطی که مشخصات فیزیکی خاک با عمق تغییرات قابل ملاحظه‌ای نداشته باشد توصیه می‌گردد. در صورت وجود تغییرات قابل توجه، استفاده از مدل‌های دیگر مانند مدل ریچاردز[1] توصیه می‌شود.

۴- توصیه می‌شود در تجزیه و تحلیل خشکسالی‌های کشاورزی، عوامل اقلیمی در مقیاس‌های زمانی کوتاهتر، حتی روزانه مورد مطالعه قرار گیرد.

۵- در تجزیه و تحلیل خشکسالیهای کشاورزی در حد مقدورات، کلیه عوامل موثر بر پدیده خشکسالی کشاورزی مثل توزیع روزانه بارندگی، مشخصات خاک، گیاه، تبخیر و تعرق و غیره بایستی در نظر گرفته شوند.

۶- شاخص‌های S، SIAP و PNPI ترسالی‌ها را بصورت حالت «عادی» یا «عدم خشکسالی» بیان نموده‌اند. توصیه می‌شود این شاخص‌ها برای تقسیم بندی ترسالی‌ها بازنگری شوند.

۷- در صورتی که بخواهیم از شاخص‌هایی که فقط بارندگی را مد نظر قرار می‌دهند در ارزیابی خشکسالی‌های کشاورزی استفاده نماییم، بهتر است به نحوی اثر توزیع زمانی بارندگی در مراحل مختلف رشد در آنها گنجانده شود.

۸- توصیه می‌شود در ایستگاههای هواشناسی کشاورزی به طور روزانه میزان رطوبت خاک مورد پایش قرار گیرد. تا با استفاده از مدلهای تعیین عملکرد محصول بتوان عملکرد نسبی محصول را در پایان هر سال پیش‌بینی و ارزیابی نمود.

1. Richards

Archive of SID

www.SID.ir

۹- بخش کشاورزی در ایران آسیب‌پذیرترین بخش از نظر کاهش ریزشهای آسمانی می‌باشد. لیکن در مطالعات و ارزیابی‌های خشکسالی‌ها در ایران از شاخص‌های متئورولوژیکی(هواشناختی) یا هیدرولوژیکی استفاده می گردد. و نتایج حاصله برای خشکسالی‌های کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، که اقدامی علمی نمی‌باشد. از اینرو توصیه می‌شود برای خشکسالی کشاورزی از شاخص‌های مختص آن استفاده شود.

۱۰- در ایران به استثنای چند مورد محدود، هیچگونه مطالعه‌ای پیرامون خشکسالی کشاورزی صورت نگرفته است. و بیشتر به مطالعه خشکسالیهای هیدرولوژیکی و متئورولوژیکی پرداخته شده است. از این نظر توصیه می‌شود تحقیقات بیشتری در زمینه خشکسالی کشاورزی صورت گیرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از همکاری آقای دکتر پارسی نژاد در این تحقیق سپاسگزاری می گردد

منابع و مآخذ:

۱. سلامت، ع. و م. آل یاسین. ۱۳۸۰. راهنمای مقابله با خشکسالی (ترجمه) انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
۲. کردوانی،پ. ۱۳۸۰. خشکسالی و راه‌های مقابله با آن در ایران. انتشارات دانشگاه تهران.
۳. پارسی‌نژاد، م. و ی. شنگ‌فنگ. ۱۳۷۷. معرفی روشی ساده(مدل سیمپل) برای تخمین تغییرات میزان رطوبت خاک. مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ص: ۶۷-۵۲.

4. Dracup, J. A., K.S. Lee and E.G. Paulson. 1980. On the definition of droughts. Water Resource Research. 16: 279- 302
5. Doorenbos, J., and A. H. Kassam. 1979. Yied response to Water. FAO Irrigation and Drainage Papers. No. 33
6. Hong,W.,G.,Kenneth and D.A.Wilhite.2004.An agricultural drought risk-assesment model for corn and soybeans.International of Climatology.24(6):723-741.
7. John, K., and A. john. 2002 . The quantification of drought: An evaluation of drought indices. Bulletin of the American Meteorology Society . 83(8): 1167- 1180.
8. NDMC. 1995. Understanding and defining drought. 7pp. www.drought. Unl. Edu
9. Ntale, K., and T. Y. Gan. 2003. Drought indices and their application to East Africa. International J.of climatology.23(11) : 1335- 1357.
10. Palmer.1965. Meteorological drought. U.S.Dept. of commerce weather. Bureau Research, Papar 45.58pp
11. Rajic, M.2002. Analysis of crop water deficit.Proc.of international conference of drought mitigation and desertification. Bled. Slovenia, April 21-25
12. Richard, R., and J. Heim. 2002. A review of twentieth-century drought indices used in the United State. Bulletin of the American Meteorology Society, 83(8):1149-1165
13. Scripcariu, D., and C. Cismaru. 2002. Contributions for characterizing agricultural drought in eastern Romania Proc. Of international conference on drought mitigation and desertification. Bled. Slovenia, April 21-25.
14. Tao, F., M. Yokozawa, and Y. Hayashi. 2003. Changes in agicultural Water demands and soil moisture in China over last half- century . j. of Agricultural and Forest Meteorology. www. Elsevier. Com
15. Wilhite, D.A.2000.Drought.. A Global Assessment .Vol.1. Pub. Rout ledage. Newyork
16. Wilhelmi, O.V., and D.A. Wilhite. 2002. Assessing Vulnerability to agricultural drought: A Nebraska case study. J. of Natural Hazards, 25:37-58.

Archive of SID

www.SID.ir

JOURNAL OF
AGRICULTURAL
SCIENCES
Islamic Azad University

Introducing of a New Index for Agricultural Drought Severity Evaluating on the Basis of Relative Yield

S.Darbandi
Instructor, Science and research branch, Azad Islamic university
F. Kaveh
Professor, Science and research branch, Azad Islamic university
A.Fakhery Fard
Assistant professor, Tabriz university
H. Sedgy
Professor, Science and research branch, Azad Islamic university
G. Kamali
Assistant professor, Atmospheric sciences and climate research institute..

Keywords: Drought, Wheat, Index, SIMPLE model, Soil moisture, Evapotranspiration

Abstract
Drought is a natural disaster that influences on the all climates. Because of several reasons such as differences in water requirements in consumers systems, there is not a certain definition for drought. The kinds of drought are as follow: Meteorological, Hydrological and Agricultural drought. In order to quantity evaluation of drought severity, drought indices are used. Up to now, no document study about Agricultural drought has been reported in Iran. Used indices apply for agricultural drought in the world is not sufficient. In this study, first a definition agricultural drought in the basis of relative yield was suggested and the definition was applied to evaluation of agricultural drought. This index determines agricultural drought severity, comparing relative yield with its long-term average. By testing of this index, agricultural drought severity during last 30 years in Tabriz region for dry farming of wheat was determined. In order to simulation of relative yield in previous years, Doorenbos and Kassam model was used. SIMPLE model was used for determination of actual evapotranspiration which is among input data of Doorenbos and Kassam model. For evaluation of SIMPLE model a field study was carried out. The results showed that, this model has a high accuracy in simulation of actual evapotranspiration. Also in this study the ability of Percent of Normal Precipitation (PNPI), Standard Index of Annual Precipitation (SIAP) and S indices for agricultural drought severity were studied and relationship between relative yield and precipitation distribution by using of multiregression in various stages of growth was reported.

Archive of SID

www.SID.ir