Archive of SID
DOI: 10.22059/ijswr.2020.304385.668646 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱، شماره ۱۰، دی ماه ۱۳۹۹ (ص ۲۵۲۹-۲۵۱۹)

Evaluation Of Production Functions In Estimating Two Varieties of Corn Yield With Native Yield Response Factor In The Iran

ARASH TAFTEH[1*], MOHAMMAD MEHDI NAKHJAVANIMOGHADDAM[2], ASLAN EGDERNEZHAD[3], SALOOMEH SEPEHRI SADEGHIYAN[2]

1. Department of Irrigation and Soil Physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
2. Irrigation and Drainage Engineering, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
3. Department of Water Sciences and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
(Received: June. 20, 2020, Revised: July. 31, 2020- Accepted: Aug. 10, 2020)

ABSTRACT

Due to limited water resources and the problem of water distribution in irrigation and drainage networks and non-compliance of plant irrigation needs with existing irrigation periods, a water stress is introduced to the plants systematically. Therefore, in this study, two production functions of Raes (2004) and Tafteh *et al*. (2013) were evaluated for corn using the yield response factor suggested by Tafteh *et al*. (2014a). For this purpose, two varieties of corn 500 and 302 were harvested in two years of cultivation with irrigation treatments of 100, 75 and 50% of water requirement and their yield values were evaluated using the proposed functions. The results showed that both production functions in determining corn yield of 500 and 320 together with the amount of root mean square error is about 591 kg / ha, the normal root mean square error is about 8% and the mean bias error is about 25 kg / ha. The agreement index was about 0.94 and the efficiency factor index of the model was about 0.81. These statistical results showed that the proposed functions are highly effective in determining the yield of both varieties. A separate study of these two varieties also showed that the 302 cultivar has lower yield and in water shortage conditions, its sensitivity to the plant, especially in the middle period of growth, is higher than the 500 cultivar. Therefore, cultivar 500 has a higher yield than cultivar 302 and in water shortage conditions, its sensitivity coefficients are less and it shows more resistance to water stress. Yield response factor of cultivar 302 in the initial, middle and final stages of growth were determined to be 0.5, 1.4 and 0.8, respectively Which is different from the suggested values.. Therefore, it is necessary to evaluate the proposed cultivars in water stress conditions using production functions.

Keywords: Grain Corn, Production Function, Yield Response Factor, Water Stress.

* Corresponding Author's Email: arash_tafteh@yahoo.com
www.SID.ir

Archive of SID

بررسی توابع تولید در تخمین عملکرد ذرت دانه‌ای با استفاده از ضرایب واکنش عملکرد بومی در ایران

آرش تافته[1*]، محمدمهدی نخجوانی مقدم[2]، اصلان اگدرنژاد[3] ، سالومه سپهری صادقیان[2]

۱. بخش آبیاری و فیزیک خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۲. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۳. گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۳۱- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۵/۱۰- تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۵/۲۰)

چکیده

با توجه به منابع محدود آب و مشکل توزیع آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی و عدم انطباق نیاز آبیاری گیاه با دوره‌های آبیاری موجود یک تنش آبی به گیاهان به‌طور سیستماتیک وارد می‌شود. ازاین‌رو در این مطالعه دو تابع تولید Raes (2004) و Tafteh *et al* (2013) با استفاده از ضرایب حساست گیاه پیشنهادشده توسط Tafteh *et al* (2014a) برای ذرت مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور عملکرد دانه دو رقم ذرت دانه‌ای ۵۰۰ و ۳۰۲ در دو سال کشت با تیمارهای آبیاری ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی برداشت و با استفاده از دو تابع تولید مطرح‌شده ارزیابی شد. نتایج نشان داد تابع تولید Tafteh در تعیین عملکرد دو رقم ۵۰۰ و ۳۲۰ به‌طور متوسط با مقدار ریشه مربعات میانگین خطا حدود ۵۶۲ کیلوگرم در هکتار، ریشه مربعات میانگین خطای نرمال حدود ۸ درصد و میانگین انحراف خطا حدود ۱۶۸ کیلوگرم در هکتار بسیار خوب عمل کرده است. همچنین شاخص توافق حدود ۰/۹۵ و شاخص کارای مدل حدود ۰/۸۳ به دست آمد. این نتایج آماری نشان داد که توابع مطرح‌شده کارایی بالای در تعیین عملکرد هر دو رقم دارند. بررسی تفکیک‌شده این دو رقم نیز نشان داد که رقم ۳۰۲ دارای عملکرد کم‌تر و در شرایط کم‌آبی ضرایب حساسیت آن به گیاه به‌ویژه در دوره میانی رشد بیش‌تر از رقم ۵۰۰ می‌باشد. لذا رقم ۵۰۰ نسبت به رقم ۳۰۲ عملکرد بالاتری دارد و در شرایط کم‌آبی ضرایب حساسیت آن کمتر بوده و مقاومت بیشتری در تنش آبی از خود نشان می‌دهد. ضرایب حساسیت رقم ۳۰۲ در دوره‌های اولیه، میانی و انتهایی رشد به‌ترتیب برابر با ۰/۵ ، ۱/۴ و ۰/۸ تعیین گردید که با مقادیر پیشنهادی متفاوت است. لذا لازم است ارقام پیشنهادی در شرایط کم‌آبی با استفاده از توابع تولید مورد ارزیابی قرارگیرند.

واژه‌های کلیدی: تابع تولید، تنش آبی، ضریب حساسیت گیاه، ذرت دانه‌ای.

مقدمه

کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود. علاوه بر کمبود باران، توزیع زمانی و مکانی آن نیز بسیار غیریکنواخت است. به‌طوری‌که حتی پرباران‌ترین نقاط کشور نیز در فصل تابستان نیاز به آبیاری دارند. از سوی دیگر در اکثر مناطق کشور آب لازم برای محصولات کشاورزی از طریق منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود بنابراین فنّاوری مصرف بهینه آب در ایران بسیار حائز اهمیت است.

در قرن اخیر بحران غذا یکی از اساسی‌ترین مسائل بشر بوده است که تلاش برای حل آن به کمک دو شیوه کنترل رشد جمعیت و افزایش تولیدات کشاورزی مؤثر می‌باشد. در این راستا با توجه به اهمیت محصولات اساسی و راهبردی گروه غلات و ازجمله ذرت که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم عمده‌ترین بخش مواد غذائی جهان را تشکیل می‌دهند، برنامه‌ریزی لازم در جهت افزایش تولید این محصولات غیرقابل‌اجتناب است. در بین گیاهان زراعی، ذرت به دلیل داشتن ویژگی‌های فراوان و قدرت سازگاری بالا در شرایط اقلیمی گوناگون، تولید بالای ماده خشک، ارزش غذایی مطلوب و همچنین راندمان بالای مصرف آب، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. این گیاه پس از گندم و برنج مهم‌ترین گیاه زراعی جهان محسوب می‌شود. در ایران با توجه به نیاز مبرم به این محصول و نقصان شدید تولید داخلی، سالانه مقادیر زیادی ارز از کشور خارج و ذرت از کشورهای همسایه وارد می‌گردد.

عملکرد ذرت همبستگی بالایی باقابلیت دسترسی به آب دارد. اگرچه عوامل دیگر مانند تراکم و کود نیز بر عملکرد ذرت تأثیرگذار هستند، ولی این عوامل معمولاً با مقدار آبی که گیاه در طول فصل رشد در دسترس دارد تنظیم می‌شوند. همچنین مشخص گردیده است که هیبریدهای زودرس در استفاده از آب

* نویسنده مسئول: arash_tafteh@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

برای تولید دانه کارآمدتر هستند و تحت شرایط خشکی طولانی‌مدت، ذرت زودرس عملکرد بهتری نسبت به تیپ‌های دیررس می‌تواند تولید نماید، چراکه آب خاک را به‌سرعت تخلیه نمی‌کند؛ بنابراین علاوه بر راهکارهای مدیریتی نظیر برنامه‌ریزی صحیح آبیاری، توجه به راهکارهای زراعی نظیر انتخاب ارقام با عملکرد بالا و اعمال تراکم کاشت بهینه گیاه، نیز سبب افزایش بهره‌وری آب کشاورزی می‌گردد (Ebrahimipak *et al*. 2020) مصرف ذرت و همچنین سطح زیر کشت آن طی سالیان اخیر در اغلب کشورهای جهان به‌سرعت رو به افزایش است. این نسبت از سال ۱۹۸۴ میلادی به بعد رشد زیادتری داشته است. سازمان خواروبار جهانی (FAO) در سال ۲۰۱۶ سطح زیر کشت ذرت در جهان را بالغ بر ۱۸۷ میلیون هکتار و میانگین عملکرد آن را در همان سال ۵۶۴۰ کیلوگرم در برآورد نمود. بر اساس داده‌های فائو در همین سال سطح زیر کشت ذرت در ایران ۲۶۷ هزار هکتار، مجموع تولید آن ۱/۴۵ میلیون تن و میانگین عملکرد آن ۵۴۳۰ کیلوگرم در هکتار بود. از این نظر در بین غلات پس از گندم و برنج در رتبه سوم قرارگرفته است (FAO, 2016).

Panda *et al*. (2004) آزمایشی را به‌منظور تعیین یک روش مؤثر برای مدیریت آبیاری ذرت در شرایط کم‌آبی در یک ناحیه نیمه‌گرمسیری انجام دادند. تیمارهای آزمایشی بر مبنای سطوح متفاوت حداکثر تخلیه مجاز رطوبت خاک، انتخاب گردیدند. آن‌ها مشاهده کردند که گیاه ذرت بیشترین آب موردنیاز خود را از عمق ۰ تا ۴۵ سانتیمتری از سطح خاک جذب می‌کند؛ بنابراین آن‌ها توصیه کردند که برای برنامه‌ریزی آبیاری گیاه ذرت در یک خاک با بافت شنی لومی و تحت شرایط آب و هوایی نیمه گرمسیری، میزان رطوبت خاک تنها در عمق ۰ تا ۴۵ سانتی‌متری از سطح خاک مدنظر قرار گیرد.

Dagdelen *et al*.(2006) یک آزمایش زراعی در طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۴ در کشور ترکیه و به‌منظور بررسی اثر کم آبیاری بر روی عملکرد، کارایی مصرف آب، کل ماده خشک و شاخص سطح برگ دو گیاه ذرت و پنبه انجام دادند. آن‌ها دریافتند که کم‌آبیاری اثر معنی‌داری بر روی عملکرد هر دو گیاه نداشت و بیشترین عملکرد محصول نیز در هر دو گیاه در تیمار آبیاری کامل حاصل شد. همچنین آن‌ها نتیجه گرفتند که متوسط دامنه تغییرات بهره‌وری مصرف آب گیاه ذرت بین ۱/۶۵ تا ۲/۵ کیلوگرم بر مترمکعب و متوسط دامنه تغییرات بهره‌وری مصرف آب برای همین گیاه بین ۲/۳۰ تا ۳/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب بود.

هرچه چالش‌های افزایش آب برای آبیاری رواج بیشتری پیدا کند، دانش پاسخ به عملکرد محصول به آب می‌تواند توسعه راهکارهای آبیاری را برای بهبود بهره‌وری کشاورزی تسهیل کند. تحقیقات زیادی برای تعیین کمیت پاسخ عملکرد ذرت به نقص رطوبت خاک و ارزیابی اثرات آبیاری کسری (DI) بر بهره‌وری آب انجام‌شده است. بهره‌وری آب بالا بدون کاهش قابل‌توجه عملکرد بدون داشتن توابع تولید مناسب امکان‌پذیر نیست برای دستیابی به توسعه پایدار آب و ارزیابی مزایای شیوه‌های آبیاری در منطقه توابع تولید آب زراعی بسیار پراهمیت هستند (Greaves *et al*., 2017).

رابطه آب و عملکرد تابع تولید توسط Doorenbos and Kassam (1979) ارائه‌شده است که رابطه بین کاهش نسبی محصول و کمبود تبخیر - تعرق نسبی که همان نسبت جذب آب در شرایط واقعی به استاندارد هست را به‌صورت زیر ارائه نمودند:

$$1-\frac{y}{y_m}=k_y\left(1-\frac{ET_a}{ET_m}\right) \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

که در آن y: عملکرد واقعی در هر منطقه (کیلوگرم بر هکتار)، ym: حداکثر عملکرد در حالتی که هیچ‌گونه محدودیتی ازنظر آب برای گیاه وجود نداشته باشد (کیلوگرم بر هکتار)، Eta: تبخیر - تعرق واقعی (میلی‌متر)، ETm: حداکثر تبخیر-تعرق گیاه (میلی‌متر)، ky: ضریب حساسیت عملکرد محصول نسبت به آب می‌باشد که هر یک از پارامترهای فوق در هر منطقه کشاورزی به دلیل تفاوت‌های اقلیمی، هواشناسی، کیفیت آب‌وخاک در هر منطقه متفاوت هستند. نکته مهم در این رابطه ساده‌سازی محاسبات برای کل فصل رشد می‌باشد. بنابراین از این معادله به‌تنهایی نمی‌توان برای کم آبیاری‌های چندمرحله‌ای استفاده کرد؛ و در مدل‌های پیشرفته امروزی که داده‌های را به‌صورت روزانه محاسبه می‌کنند غیرقابل استفاده است. از طرف دیگر در مناطق کشاورزی خشک و نیمه‌خشک کم آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه اتفاق می‌افتد و این کم آبیاری‌ها در دوره‌های مختلف رشد گیاه بر هم اثرات متقابل و پیچیده‌ای را ایجاد می‌کنند؛ بنابراین Rao *et al*. (1988) برای تنش‌های چندمرحله‌ای و تخمین کاهش محصول مدل کلی زیر را ارائه کردند:

$$\frac{y_a}{y_m}=F\left(1-K_{yi}\left(1-\frac{ET_{ai}}{ET_{mi}}\right)\right) \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

که در آن Ya: عملکرد واقعی (کیلوگرم بر هکتار)، Ym: حداکثر عملکرد پتانسیل محصول (کیلوگرم بر هکتار)، ETa: تبخیر-تعرق واقعی گیاه (میلی‌متر)، ETm: تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه (میلی‌متر)، Ky: ضریب واکنش عملکرد گیاه در بازه i و F: تابع ریاضی کاربردی است که باید موردبررسی قرار گیرد. با مطرح‌شدن تنش‌های چندمرحله‌ای چالشی جدید به روی محققین باز شد و توابع ریاضی متعددی جای این تابع F را

www.SID.ir

Archive of SID

گرفتند. Jensen (1968) نیز رابطه حاصل‌ضربی را برای تابع عملکرد به‌صورت زیر اصلاح نمود.

$$\frac{y}{y_m}=\prod_{i=1}^{n}\left(\frac{ET_{ai}}{ET_{mi}}\right)^{\lambda_i} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

که در آن $\frac{ET_{a,i}}{ET_{m,i}}$ نسبت کاهش تبخیر واقعی به پتانسیل و λ ضریب توانی است که برای هر گیاه در هر دوره از رشد باید کالیبره شود و مشخص نشد که این توان چگونه قابل‌تعریف است. سرانجام Raes (2004) در مدل شبیه‌سازی بیلان آب و املاح (BUDGET) رابطه زیر را به‌کار برد که در آن مراحل مختلف رشد هر یک به چند بازه زمانی کوچک‌تر تقسیم می‌شوند و توان معادله حاصل‌ضربی که تا قبل از این تعریفی برای آن وجود نداشت به‌صورت تابع زمانی نسبی تعریف شد که رابطه آن به‌صورت زیر می‌باشد:

$$\frac{y}{y_m}=\prod_{j=1}^{n}\left(1-k_{yi}\left(1-\frac{ET_{a,j}}{ET_{m,j}}\right)\right)^{\Delta t_j/Li} \quad \text{(رابطه۴)}$$

که در آن n: تعداد بازه‌های زمانی به مدت Δtj (روز) در مرحله رشد i، n: تعداد مراحل دوره رشد، Li: طول کل مراحل رشد (روز)، ETa,j: تبخیر _ تعرق واقعی در بازه زمانیj، ETm,j: تبخیر- تعرق پتانسیل در بازه زمانی j وkyi: ضریب حساسیت عملکرد نسبت به آب در بازه زمانی i است.

در ادامه این روند با توجه به اینکه در دوره خواب گیاه، گیاه حساسیت زیادی به تنش رطوبتی ندارد لذا دوره رشدی که در این حدود قرار می‌گیرد نباید در محاسبات وارد گردد. از طرفی هر چه که بازه رشد بیشتر باشد نشان‌دهنده اهمیت آن مرحله نیست زیرا در گیاهان چند چین دوره برداشت طولانی است ولی این دلیل نمی‌شود که دوره انتهایی رشد گیاه حساسیت بیشتری نسبت به سایر دوره‌ها داشته باشد (Ebrahimipak and Tafteh, 2017)؛ بنابراین لازم بود که تعریف بهتری از توان توابع تولید جنسن ارائه شود. برای در نظر گرفتن این مورد Tafteh (2013) *et al.* تحقیقات گسترده‌ای را بر روی بازه‌های مختلف و توان‌های مختلف انجام دادند و درنهایت توان نسبی بر اساس نسبت ضریب واکنش عملکرد به‌کل ضرایب واکنش به‌عنوان توان معادله حاصل-ضربی پیشنهاد دادند که رابطه آن به‌صورت زیر ارائه شد:

$$\frac{Y_a}{Y_P}=\prod_{i=1}^{n}\left(1-K_{yi}\left(1-\frac{ET_{a,i}}{ET_{m,i}}\right)\right)^{\frac{K_{yi}}{\sum_{i=1}^{n}K_{yi}}} \quad \text{(رابطه ۵)}$$

که در آن Y_a: عملکرد واقعی، Y_p: حداکثر عملکرد در حالتی که هیچ‌گونه محدودیتی ازنظر آب برای گیاه وجود نداشته باشد، $ET_{a,i}$ تبخیر - تعرق واقعی (میلی‌متر)، $ET_{m,i}$: حداکثر تبخیر - تعرق گیاه (میلی‌متر)، k_{yi}: ضریب واکنش عملکرد گیاه نسبت به آب، i: مرحله رشد و توسعه، n: تعداد مراحل دوره رشد است. از این توابع می‌توان در برنامه‌ریزی آبیاری و بررسی سناریوهای مختلف توزیع آب استفاده نمود (Tafteh *et al.*, 2014b).

Moberly *et al.*(2017) با بررسی توابع تولید آب عملکرد گزارش کردند که پاسخ عملکرد سورگوم دانه به افزایش مصرف آب به‌طورکلی ۷۵٪ بیشتر از گندم زمستانه است ، همان‌طور که برای محصولات با فیزیولوژی C4 و C3 انتظار می‌رود. رابطه عملکرد گندم زمستانه با استفاده از آب زراعی ، شبیه‌سازی‌شده با روابط توسعه‌یافته مشابه بود. آستانه عملکرد شبیه‌سازی‌شده با آستانه عملکرد مشاهده‌شده برای هر دو گیاه گندم و سورگوم در همه موارد به‌جز یک مورد مطابقت داشت. Jorooni *et al.* (2017) با بررسی تابع تولید آب – اجزای عملکرد و واکنش کل ماده‌ی خشک، دانه و شاخص برداشت به سطوح مختلف آب در گیاه ذرت گزارش نمودند که تابع تولید آب با عملکرد کل ماده خشک، دانه و ساقه به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۸۹۷، ۰/۶۸۲ و ۰/۹۲۷ و در سطح یک درصد معنی‌دار تخمین می‌زند.

Sarayi *et al.*(2012) با اعمال تیمارهای کم آبیاری درکشت سویا گزارش نمودند که ضریب گیاهی در چهار مرحله رشد شامل: اولیه (Kc ini)، توسعه (Kc adv)، میانی (Kc mid) و همچنین در مرحله نهایی (Kc lat) به‌ترتیب ۰/۳۴، ۱، ۰/۷ و ۰/۴۴ برآورد نمودند. متوسط ضریب تنش (Ks) در تیمارهای کم آبیاری سنتی در حد ۷۵ و ۵۰ درصد جبران نقصان رطوبتی خاک و تیمار آبیاری بخشی (PRD) به ترتیب برابر 0.89، 0.76، 0.7 بود. این شواهد نشان می‌دهد در تیمار آبیاری بخشی علیرغم اینکه میزان آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل و تنش ۷۵ و ۵۰ درصد به ترتیب به میزان ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد کاهش داشته ولی ضرایب تنش به همان نسبت تغییر نکرده است که این امر نشان‌دهنده سازگاری گیاه در شرایط آبیاری بخشی است.

Zhao *et al.* (2019) با بررسی عملکرد دانه گندم بهاره (Triticum Beautivum L.)به دلیل بارش محدود و بسیار متغیر در فلات غربی لس در چین تابع تولید را به‌عنوان یک ابزار ساده برای پیش‌بینی عملکرد دانه گندم بهاره و ارزیابی کارایی ریسک افت عملکرد پیشنهاد نمودند. سپس برای ارقام موجود در منطقه این توابع را واسنجی و ارائه نمودند. Tafteh and ebrahimipak (2018) با ارزیابی توابع تولید حاصل‌ضرب اصلاح‌شده ریس و حاصل‌ضربی اصلاح‌شده در برآورد عملکرد گیاه کلزا تحت شرایط کم آبیاری در بازه‌های ماهانه، مراحل چهارگانه رشد و کل دوره رشد نشان دادند که روش اصلاحی در بازه کل دوره رشد با

www.SID.ir

Archive of SID

کمترین مقدار ریشه مربعات خطای استاندارد ، ریشه مربعات خطای استاندارد نرمال شده به ترتیب به مقدار ۴۲۳ و ۰/۲۱۱ و بیشترین مقدار شاخص توافق و ضریب تبیین به ترتیب برابر با ۷۶ /۰ و ۰/۶۴۵ در برآورد عملکرد گیاه کلزا روش مناسب‌تری می‌باشد.

Saeidi *et al.* (2018) با بررسی اثر تنش‌های شوری آب و حاصلخیزی خاک بر مقدار تبخیر و تعرق ذرت، گزارش نمودند که مقدار تبخیر و تعرق، ضریب گیاهی و عملکرد محصول، به‌ترتیب ۳۷، ۳۷ و ۳۸ درصد کاهش یافت. برای تخمین تبخیر و تعرق از روی تنش‌های شوری و حاصلخیزی، شکل‌های مختلف توابع تولید برازش داده شد. در بین آن‌ها، تابع درجه دوم به دلیل داشتن آماره‌های RMSE و ME حداقل و EF نزدیک به عدد یک، به‌عنوان تابع بهینه انتخاب شد. نتایج حاصل نشان داد که تنش‌های شوری و حاصلخیزی، اثر کاهنده‌ای بر مقدار تبخیر و تعرق گیاه دارد. لذا با تعیین صحیح نیاز آبی گیاه تحت تنش، می‌توان از مصرف بی‌رویه آب جلوگیری کرد.

در این مطالعه نتایج تحقیقات ارائه‌شده در مورد ذرت دانه‌ای با استفاده از داده‌های مستقل دو رقم ذرت ۵۰۰ و ۳۰۲ مورد ارزیابی قرار گرفت و توابع تولید مناسب برای بررسی تنش‌های آبی این دو رقم پیشنهاد شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی توابع تولید آب عملکرد گیاه ذرت دانه‌ای و دقت آن‌ها در برآورد عملکرد، برای دو رقم جدید ذرت دانه‌ای ۵۰۰ و ۳۰۲، در طی دو سال زراعی در مزرعه پژوهشی موسسه تحقیقات فنی مهندسی واقع در شهرستان کرج در ایستگاه تحقیقاتی ۴۰۰ هکتاری موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر انجام شد. این مزرعه در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی قرار داشته و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا در حدود ۱۳۱۲ متر می‌باشد. ازآنجاکه این دو رقم انتخابی ذرت دارای تاریخ کاشت و تراکم کاشت متفاوت با یکدیگر بودند، لذا این پژوهش به‌صورت دو آزمایش مستقل Split Plot در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. هر کرت ۱۲ در ۵ متر و فاصله بین هر کرت ۶ متر جهت عدم تداخل تیمارها در نظر گرفته شد. شهرستان کرج در آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک واقع‌شده است. میانگین بارندگی سالیانه کرج ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. حداکثر بارندگی در فروردین‌ماه معادل ۲۹/۵ میلی‌متر و حداقل میزان بارندگی در تیرماه معادل ۰/۵ میلی‌متر است. گزارش‌شده است که بیشترین معدل درجه حرارت در تیرماه ۳۸ درجه سانتی‌گراد و کمترین معدل درجه حرارت در دی‌ماه ۶- درجه سانتی‌گراد می‌باشد و متوسط درجه حرارت روزانه ۱۶/۶ درجه سانتی‌گراد است.

جهت کشت ذرت رقم ۵۰۰ از تراکم کاشت ۸۵۰۰۰ بوته در هکتار و رقم ۳۰۲ از تراکم ۹۰۰۰۰ بوته در هکتار استفاده شد و برای تعیین بافت و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش نمونه‌هایی از اعماق ۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ و ۶۰ تا ۸۰ سانتی‌متری گرفته شد. نتایج مذکور در جدول (۱) ارائه‌شده است.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک / پارامترها	۰-۲۰ سانتی‌متر	۲۰-۴۰ سانتی‌متر	۴۰-۶۰ سانتی‌متر	۶۰-۸۰ سانتی‌متر
درصد شن	۳۹/۷۸	۳۵/۹۳	۳۶/۰۰	۳۲/۰۵
درصد سیلت	۴۱/۷۲	۴۵/۶۴	۴۵/۵۹	۴۹/۵۸
درصد رس	۱۸/۵۰	۱۸/۴۳	۱۸/۴۱	۱۸/۳۷
بافت خاک	لوم	لوم	لوم	لوم
وزن مخصوص ظاهری(گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۱/۴۲	۱/۴۲	۱/۴۲	۱/۴۲
رطوبت حجمی در ظرفیت مزرعه٪	۲۲/۵	۲۲/۴۱	۲۲/۳۷	۲۲/۱
رطوبت حجمی در نقطه پژمردگی٪	۹/۸	۹/۶	۹/۵	۹/۴۵
واکنش خاک pH	۷/۶۲	۷/۷۹	۷/۵۹	۷/۵۴
هدایت الکتریکیEC (dS/m)	۱/۴۳	۱/۷۱	۱/۸۱	۲/۷۶
(meq/lit) Ca+Mg	۱۶/۰	۲۰/۰	۲۴/۰	۲۶/۰
(meq/lit) Na	۴/۱۱	۴/۱۸	۴/۸۳	۵/۴۵
(meq/lit) Cl	۱۴/۰	۱۴/۰	۱۲/۰	۱۰/۰
(meq/lit) HCo3	۲/۰	۳/۲	۴/۰	۴/۰
(meq/lit) SO4	۷/۳۸	۱۰/۳۲	۱۱/۵۱	۱۵/۲

www.SID.ir

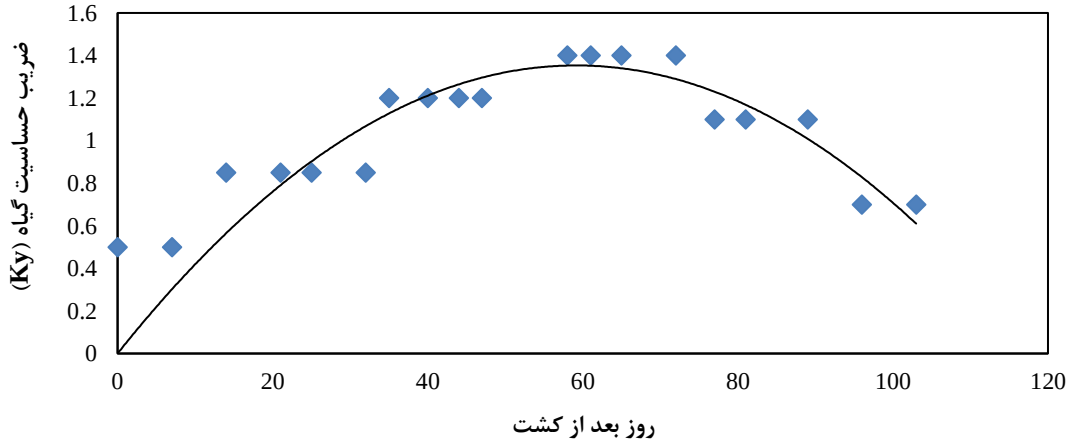
Archive of SID

سه سطح آبیاری شامل آبیاری بر اساس ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بر اساس بیلان رطوبتی خاک اجرا شد. میزان آب موردنیاز تیمارهای آزمایشی نیز بر اساس کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی تعیین و با استفاده از کنتور حجمی در اختیار گیاه قرار گرفت. سپس بر اساس نوع تیمار و نیاز آبیاری تا عمق ریشه‌گاه ضرایب کاهشی اعمال و آب آبیاری تعیین و در برای گیاه اعمال شد. در هر دو سال انجام آزمایش مراحل اولیه تهیه زمین در پاییز سال قبل از آن انجام شد. سپس در بهار به‌محض امکان شروع عملیات کشاورزی، ابتدا شخم متوسط انجام گردید و سپس برای تکمیل آماده‌سازی زمین، دیسک عمودی و افقی زده شد و برای تسطیح زمین از ماله (لولر) استفاده شد و متعاقب آن اقدام به کودپاشی گردید سپس با دیسک ملایم کود با خاک مخلوط گردید و سپس اقدام به کشت با دست شد. عملیات داشت شامل آبیاری، وجین و مبارزه با علف‌های هرز و تنک کردن بوته‌ها و همچنین یادداشت‌برداری صفات مورفولوژیکی برای همه تیمارها به‌طور یکسان و هم‌زمان در این مرحله انجام گردید. مشخصات کیفیت آب منطقه موردمطالعه نیز در جدول ۲ ارائه‌شده است.

مقدار کود مصرفی بر اساس آزمون خاک‌شناسی محاسبه‌شده مقدار کود فسفات آمونیوم به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت به انضمام نیمی از کود اوره موردنیاز (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) پیش از کاشت مورداستفاده قرار گرفت و نیمی دیگر کود اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) در مرحله ۹-۸ برگی به‌صورت سرک به مزرعه داده شد و درواقع کود مصرفی در تمام تیمارها یکسان بود. پس از به دست آمدن نتایج با استفاده از ضرایب حساسیت ارائه‌شده توسط Tafteh *et al.* (2014a) برای گیاه ذرت دانه‌ای طبق شکل (۱) استفاده شد.

جدول ۲- مشخصات کیفی آب آبیاری در منطقه مورد مطالعه

SAR	HCo_3	SO_4	Cl	K	Ca	Mg	Na	pH	EC
-	meq/lit							-	dS/m
۱/۹۳	۲/۳۵	۱/۸	-	-	۲/۴	۲/۴	۳	۷/۸	۰/۸



شکل ۱- ضرایب حساسیت گیاه نسبت به تنش آبی (Ky) برای گیاه ذرت دانه‌ای

از داده‌های شکل (۱) و داده‌های تبخیر تعرق دو رقم ۵۰۰ و ۳۰۲ مقدار عملکرد بر اساس توابع تولید ارائه‌شده توسط Raes *et al.* (2006) و Tafteh *et al.* (2013) شبیه‌سازی شد و نتایج اندازه‌گیری و شبیه‌سازی‌شده با استفاده از توابع آماری مورد مقایسه قرار گرفت. کلیه تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در محیط نرم‌افزارهای SPSS انجام و برای صحت سنجی نیز از شاخص‌های آماری ذیل استفاده شد:

(رابطه ۶)
$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2\right)}$$

(رابطه ۷)
$$NRMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2\right)}/O_{ave}$$

(رابطه ۸)
$$EF=1-\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i-P_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i-O_{ave})^2}$$

(رابطه ۹)
$$MBE = \left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2\right)$$

که در آن: RMSE ریشه میانگین مربعات خطا، NRMSE ریشه میانگین مربعات خطای نرمال، EF ضریب کارایی مدل و MBE میانگین انحراف خطا هست. پارامترهای O، P، O_{ave} و n به ترتیب داده مشاهده‌شده، برآورد شده و میانگین داده‌های مشاهده‌ای می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌ها

بر اساس تیمارهای اعمال‌شده مقادیر تبخیر – تعرق هر دو رقم با استفاده از روش بیلان تعیین شد که نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری‌ها در مزرعه به شرح جدول (۳) ارائه شد. در این جدول مقادیر تبخیر تعرق اندازه‌گیری شده هر دو رقم در سال اول و دوم ارائه‌شده است.

نتایج نشان می‌دهد که تبخیر-تعرق رقم ۵۰۰ به‌طور متوسط در دو سال حدود ۴۲۶ میلی‌متر بود و تبخیر تعرق رقم ۳۰۲ به‌طور متوسط در دو سال حدود ۴۱۷ میلی‌متر می‌باشد؛ بنابراین نیاز آبی دو رقم حدود ۲ درصد باهم متفاوت است که در محاسبات آبیاری قابل‌اغماض می‌باشد. بنابراین نیاز آبی هر دو رقم ذرت کسان بوده و حال باید بررسی نمود که در قبال تنش‌های واردشده در تیمارها عملکرد چگونه بوده است. ازاین‌رو مقادیر عملکرد به‌دست‌آمده در دو سال برای هر دو رقم مختلف در جدول (۴) ارائه‌شده است.

جدول ۳- تبخیر تعرق رقم‌های مورد بررسی در دو سال زراعی

رقم ۳۰۲						رقم ۵۰۰					
سال دوم			سال اول			سال دوم			سال اول		
تیمار ٪۱۰۰	تیمار ٪۷۵	تیمار ٪۵۰	تیمار ٪۱۰۰	تیمار ٪۷۵	تیمار ٪۵۰	تیمار ٪۱۰۰	تیمار ٪۷۵	تیمار ٪۵۰	تیمار ٪۱۰۰	تیمار ٪۷۵	تیمار ٪۵۰
mm			mm			mm			mm		
۱۲	۱۲	۱۲	۱۱	۱۱	۱۱	۱۲	۱۲	۱۲	۱۱	۱۱	۱۱
۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
۷/۳	۷/۳	۷/۳	۱۰	۱۰	۱۰	۷/۳	۷/۳	۷/۳	۱۰	۱۰	۱۰
۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۹	۷	۱۱	۱۱	۱۱	۷/۵	۶	۴/۵
۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
۱۱	۹	۷	۱۰	۱۰	۱۰	۱۱	۹	۷	۱۰	۱۰	۱۰
۱۹	۱۴	۱۰	۳۰	۲۴	۱۸	۱۹	۱۴	۱۰	۲۵	۲۰	۱۵
۲۵	۱۹	۱۴	۲۷	۲۷	۱۶	۲۵	۱۹	۱۴	۲۲	۱۷	۱۳
۱۲	۹	۶	۲۶	۲۱	۱۶	۱۲	۹	۶	۳۰	۲۴	۱۸
۱۸	۱۴	۱۰	۳۵	۲۸	۲۱	۱۸	۱۴	۱۰	۳۳	۲۷	۲۰
۱۶	۱۳	۱۰	۲۸	۲۲	۱۷	۱۶	۱۳	۱۰	۲۸	۲۲	۱۷
۳۲	۲۶	۲۰	۳۹	۳۱	۲۴	۳۲	۲۶	۲۰	۳۸	۳۰	۲۳
۳۰	۲۴	۱۸	۳۸	۳۱	۲۳	۳۰	۲۴	۱۸	۳۸	۳۱	۲۳
۲۵	۲۱	۱۶	۲۹	۲۳	۱۸/۵	۲۵	۲۱	۱۶	۲۹	۲۳	۱۹
۲۰/۵	۱۶/۸	۱۲/۶	۳۲/۵	۲۶	۱۹/۵	۲۰/۵	۱۶/۸	۱۲/۶	۲۵	۲۰	۱۵
۱۹	۱۵	۱۱	۳۸	۳۰	۲۳	۱۹	۱۵	۱۱/۳	۳۸	۳۰	۲۳
۴۰	۳۲	۲۴	۳۰	۲۴	۱۸	۴۰	۳۲	۲۴	۳۰	۲۴/۵	۱۸
۳۳	۲۶	۲۰	۳۰	۲۵	۱۸	۳۳	۲۶	۱۹/۵	۳۰	۲۴/۵	۱۸
۳۷۰/۸	۳۰۹/۱	۲۴۸/۷	۴۶۴	۳۹۲	۳۰۹	۴۰۹/۸	۳۴۰/۱	۲۷۱/۷	۴۴۴	۳۷۱	۲۹۶/۵

جدول ۴- عملکرد دانه ذرت رقم‌های مورد بررسی در دو سال زراعی

رقم ۳۰۲						رقم ۵۰۰					
سال دوم			سال اول			سال دوم			سال اول		
تیمار ٪۱۰۰	تیمار ٪۷۵	تیمار ٪۵۰	تیمار ٪۱۰۰	تیمار ٪۷۵	تیمار ٪۵۰	تیمار ٪۱۰۰	تیمار ٪۷۵	تیمار ٪۵۰	تیمار ٪۱۰۰	تیمار ٪۷۵	تیمار ٪۵۰
کیلوگرم در هکتار			کیلوگرم در هکتار			کیلوگرم در هکتار			کیلوگرم در هکتار		
۱۰۱۰۰	۸۷۰۰	۵۹۰۰	۹۹۰۰	۸۰۱۰	۶۹۹۰	۱۱۱۰۰	۸۸۰۰	۶۵۰۰	۱۱۲۳۰	۹۱۰۲	۶۴۲۸
۹۷۰۰	۸۴۰۰	۵۱۰۰	۹۸۹۰	۸۱۴۰	۶۸۸۰	۱۰۸۰۰	۹۷۰۰	۵۵۰۰	۱۰۷۳۰	۹۵۰۰	۶۳۰۸
۹۹۸۰	۹۰۰۰	۶۲۰۰	۹۹۷۰	۸۱۹۰	۶۹۵۰	۱۱۲۰۰	۹۰۰۰	۶۸۰۰	۱۱۲۰۰	۸۵۲۲	۵۹۰۰
۹۹۲۷	۸۷۰۰	۵۷۳۳	۹۹۲۰	۸۱۱۳	۶۹۴۰	۱۱۰۳۳	۹۱۶۷	۶۲۶۷	۱۱۰۵۳	۹۰۴۱	۶۲۱۲

www.SID.ir

Archive of SID

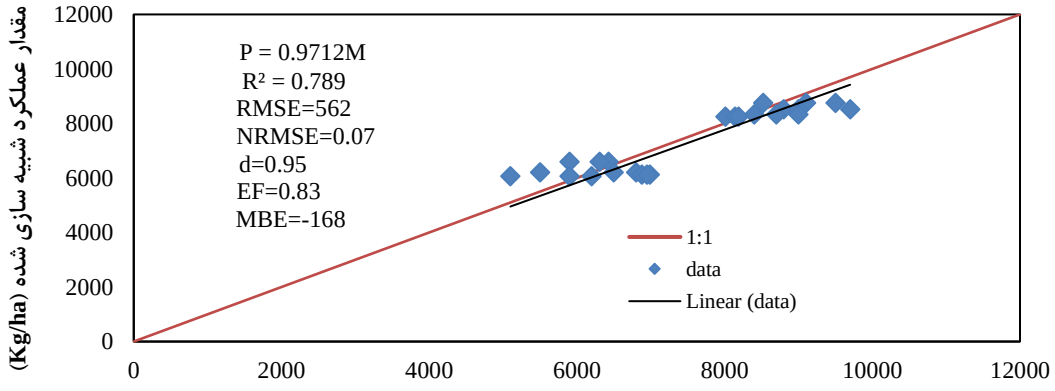
نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد که متوسط عملکرد رقم ۵۰۰ در دو سال ۱۱۰۴۳ کیلوگرم در هکتار و متوسط عملکرد رقم ۳۰۲ در دو سال ۹۹۲۳ کیلوگرم بر هکتار می‌باشد؛ بنابراین استفاده از رقم ۵۰۰ برای داشتن عملکرد بیشتر قابل توصیه است. آن نتیجه نشان می‌دهد که پتانسیل تولید رقم ۵۰۰ از رقم ۳۰۲ بیشتر است. همچنین در مقابله با تنش آبی نیز مقدار عملکرد رقم ۵۰۰ در تنش ۷۵ درصد بیشتر است ول در تنش شدید ۵۰ درصد رقم ۳۰۲ عملکرد مناسب‌تر داشته است. ازنظر بهره‌ور بهره‌وری مصرف آب در این رقم ۳۰۲ به‌طور متوسط ۲/۳۷ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌وری مصرف آب رقم ۵۰۰ به‌طور متوسط ۲/۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد؛ بنابراین ازنظر بهره‌وری مصرف آب نیز رقم ۵۰۰ دارای برتری است؛ که این نتایج با گزارش Dagdelen *et al.* (2006) منطبق می باشد.

بر اساس ضریب حساسیت پیشنهادی Tafteh *et al.* (2014a) دو تابع تولید ارائه‌شده توسط Raes *et al.*(2006) و Tafteh *et al.* (2013) مقدار عملکرد گیاه ذرت در بازه‌های ۱۰ روزه بر اساس پیشنهاد Tafteh and Ebrahimipak (2018) شبیه‌سازی شد. نتایج به‌دست‌آمده در جدول (۵) ارائه‌شده است.

برای تحلیل آماری نتایج به‌دست‌آمده از شاخص‌های آماری RMSE، NRMSE، MBE، d و EF استفاده شد که مقادیر هر شاخص در هر یک در شکل‌های (۲) و (۳) ارائه‌شده است.

جدول ۵- مقادیر شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده عملکرد با استفاده از دو روش Raes و Tafteh

عملکرد شبیه‌سازی شده توسط روش RAES	عملکرد شبیه‌سازی شده توسط روش Tafteh	عملکرد اندازه‌گیری شده	عملکرد شبیه‌سازی‌شده توسط روش RAES	عملکرد شبیه‌سازی شده توسط روش Tafteh	عملکرد اندازه‌گیری شده
کیلوگرم بر هکتار	کیلوگرم بر هکتار	کیلوگرم بر هکتار	کیلوگرم بر هکتار	کیلوگرم بر هکتار	کیلوگرم بر هکتار
۶۵۷۴	۶۱۲۱	۶۹۹۰	۷۰۶۸	۶۵۸۵	۶۴۲۸
۶۵۷۴	۶۱۲۱	۶۸۸۰	۷۰۶۸	۶۵۸۵	۶۳۰۸
۶۵۷۴	۶۱۲۱	۶۹۵۰	۷۰۶۸	۶۵۸۵	۵۹۰۰
۸۴۷۱	۸۲۴۷	۸۰۱۰	۹۰۱۱	۸۷۵۴	۹۱۰۲
۸۴۷۱	۸۲۴۷	۸۱۴۰	۹۰۱۱	۸۷۵۴	۹۵۰۰
۸۴۷۱	۸۲۴۷	۸۱۹۰	۹۰۱۱	۸۷۵۴	۸۵۲۲
۶۶۰۶	۶۰۶۵	۵۹۰۰	۶۷۵۸	۶۲۰۵	۶۵۰۰
۶۶۰۶	۶۰۶۵	۵۱۰۰	۶۷۵۸	۶۲۰۵	۵۵۰۰
۶۶۰۶	۶۰۶۵	۶۲۰۰	۶۷۵۸	۶۲۰۵	۶۸۰۰
۸۶۱۹	۸۳۲۹	۸۷۰۰	۸۸۱۸	۸۵۲۱	۸۸۰۰
۸۶۱۹	۸۳۲۹	۸۴۰۰	۸۸۱۸	۸۵۲۱	۹۷۰۰
۸۶۱۹	۸۳۲۹	۹۰۰۰	۸۸۱۸	۸۵۲۱	۹۰۰۰

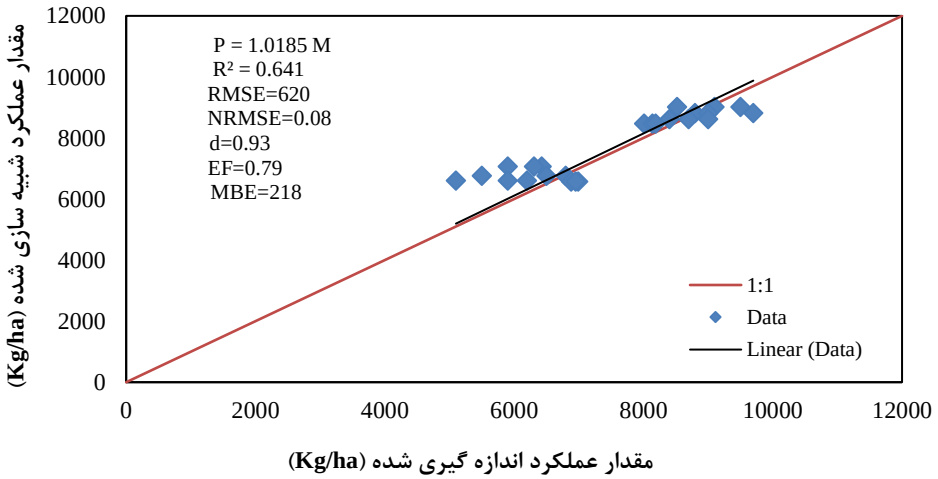


شکل ۲- مقایسه شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده عملکرد گیاه ذرت دانه‌ای توسط روش Tafteh *et al.* (2013)

www.SID.ir

Archive of SID

در شکل (۲) نتایج نشان می‌دهد که مقادیر اندازه‌گیری شده و شبه سازی شده نسبت به خط یک‌به‌یک نزدیکی و قرابت مناسبی دارند. مقدار ضرب تبیین ۰/۷۹ نشان‌دهنده رابطه مناسب مقادیر اندازه‌گیری شده و شبه سازی شده است. شاخص توافق نیز به‌عنوان شاخص اصل توافق مقادیر اندازه‌گیری شده و شبه سازی شده برابر با ۰/۹۵ است که نشان‌دهنده رابطه بسیار عالی بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبه سازی شده می‌باشد. مقدار خطا تابع تولد ذرت برابر با ۵۶۲ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که با توجه به نوع تابع و داده‌ها ورودی عملکرد مناسبی داشته است.



شکل ۳- مقایسه شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده عملکرد گیاه ذرت دانه‌ای توسط روش Raes *et al.* (2006)

در شکل (۳) نتایج نشان می‌دهد که مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده نسبت به خط یک‌به‌یک نزدیکی و قرابت مناسبی دارند. مقدار ضرب تبیین ۰/۶۴ نشان‌دهنده رابطه مناسب مقادیر اندازه‌گیری شده و شبه سازی شده است ولی در تنش‌های شدید این رابطه کاهش‌یافته است. شاخص توافق نیز به‌عنوان شاخص اصل توافق مقادیر اندازه‌گیری شده و شبه سازی شده برابر با ۰/۹۳ است که نشان‌دهنده رابطه عالی بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبه سازی شده می‌باشد. مقدار خطا تابع تولد ذرت برابر با ۶۲۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که نسبت به تابع قبل خطا بیشتر را نشان می‌دهد.

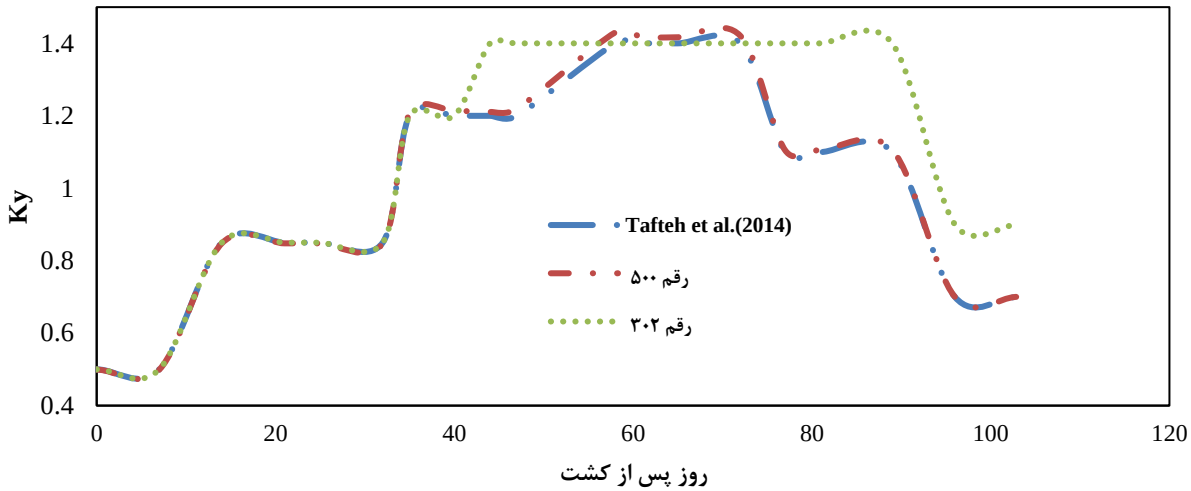
بحث

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده لازم است که دو تابع بر اساس شاخص‌ها ارائه‌شده مورد مقایسه قرار گیرند. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که این دو روش با NRMSE ۷ الی ۸ درصد خطا به‌صورت متوسط برآورد مناسبی از تغییرات عملکرد نشان می‌دهند بنابراین ضرایب بومی ارائه‌شده توسط Tafteh *et al.* (2014a) در شرایط مشابه بسیار کاربردی بوده و توانسته است خطا توابع تولید را کاهش دهد. مقدار RMSE نشان می‌دهد تابع تولید Tafteh با ۵۶۲ کیلوگرم در هکتار خطا، عملکرد بهتری نسبت به روش Raes با ۶۲۰ کیلوگرم در هکتار خطا، داشته است. هر دو تابع نیز حدود ۲۰۰ کیلوگرم انحراف خطادارند که از این نظر مشابه هستند که این نتیجه با گزارش Ebrahimipak (*et al.* 2020) مطابقت دارد. در مقالات جدید با توجه به پیشرفت معادلات شاخص‌ها سخت‌گیرانه‌تری مانند ضریب EF ارائه‌شده است که وقتی شاخص‌های RMSE و NRMSE به هم نزدیک بودند بتوان عملکرد دو مدل را بهتر مقایسه نمود. ضریب EF بسیار شاخص مناسبی برای بررسی کارایی مدل‌ها است و همان‌طور که ارائه‌شده است کارایی روش Raes و Tafteh به ترتیب ۰/۷۹ و ۰/۸۳ بوده است که هر دو مقدار بسیار عالی است و از عملکرد مناسب هر دو حکایت دارد. ولی نشان می‌دهد که روش Tafteh همخوان مناسب‌تری را با داده‌ها اندازه‌گیری شده داشته است. بنابراین برای برنامه‌ریزی و بررسی سناریوهای مختلف آبیاری قابل‌اعتماد هستند و می‌توان از آن‌ها در مدیریت توزیع آب استفاده نمود که این نتایج با گزارش ارائه‌شده توسط Talarico *et al.* (2015) و Shirshahi *et al.* (2020) و Greaves *et al.* 2017 منطبق می‌باشد.

در ادامه بر اساس توابع و نتایج به‌دست‌آمده مقدار ضریب حساسیت از هر دو روش برای هر دو رقم به تفکیک محاسبه شد و نتایج آن در شکل (۴) ارائه‌شده.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- مقایسه ضرایب حساسیت به‌دست‌آمده برای دو رقم ۳۰۲، ۵۰۰ و مقادیر پیشنهادشده توسط Tafteh *et al.* (2014a)

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد مقادیر ضریب حساسیت ارائه‌شده در دو رقم متفاوت است و نشان می‌دهد که در دوره میانی رقم ۳۰۲ حساس‌تر از رقم ۵۰۰ بوده و به همین دلیل عملکرد کمتری را نسبت به رقم ۵۰۰ از خود نشان می‌دهد. درصورتی‌که در دوره ابتدایی واکنش هر دو رقم یکسان می‌باشد ولی از دوره میانی رشد به بعد مقادیر حساست هر دو رقم متفاوت شد. لذا با توجه به شرایط ایران و دوره‌های خشکی و مشکلات توزیع آب رقم ۵۰۰ رقم مناسب‌تری است که این نتایج با گزارش Estakhr an dehghanpoor (2010)، Ansari *et al.* (2006) منطبق هست. همچنین نتایج نشان می‌دهد که ضرایب ارائه‌شده توسط Tafteh *et al.* (2014a) ضرایب مناسبی بوده و برای رقم ۵۰۰ قابل‌استفاده است ولی برای رقم ۳۰۲ این مقادیر می‌بایست طبق شکل (۴) مورد واسنجی و اصلاح قرار گیرد. البته این رقم برای مناطق خشک و دچار کم‌آبی پیشنهاد نمی‌شود.

نتیجه‌گیری

بررسی دو تابع تولید Raes و Tafteh نشان داد این توابع در تعیین عملکرد ذرت رقم ۵۰۰ و ۳۲۰ باهم حدود ۷ الی ۸ درصد خطای نرمال (NRMSE) دارند و بر اساس ضرایب حساسیت پیشنهادی توسط Tafteh *et al.* (2014a) می‌توان تخمین مناسبی از عملکرد ذرت در شرایط کم‌آبی ارائه نمود. همچنین ارزیابی دو تابع با شاخص کارایی مدل (EF) نشان داد که روش Tafteh کارایی مناسب‌تری در تعیین مقدار عملکرد دانه ذرت دارد. بررسی تفکیک‌شده این دو رقم ۳۰۲ و ۵۰۰ نیز نشان داد که رقم ۳۰۲ دارای عملکرد کم‌تر بوده و در شرایط کم‌آبی ضرایب حساسیت آن به گیاه به‌ویژه در دوره میانی رشد بیشتر از رقم ۵۰۰ است. لذا از این رقم برای شرایط کم‌آبی نمی‌توان استفاده نمود. از طرفی رقم ۵۰۰ نسبت به رقم ۳۰۲ عملکرد بالاتری دارد و در شرایط کم‌آبی ضرایب حساسیت آن کمتر بوده و مقاومت بیشتری در تنش آبی از خود نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان در سناریوهای مختلف کمبود آب با استفاده از توابع تولید با دقت مناسب مقدار عملکرد را تخمین زد و در مدیریت آبیاری و حفظ عملکرد و ارتقا بهره‌وری برنامه‌ریزی نمود.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

Ansari, H., Mirlatifi, S.M., and Farshi, A. (2006). The effect of low irrigation on yield and water use efficiency of early maize .Iranian Journal of Soil Research, 20(2), 338-348.

Dagdelen, N., E. Yilmaz, F. Sezgin, and T. Gurbuz. (2006). Water-yield relation and water use efficiency of cotton (Gossypium hirsutum L.) and second crop corn (Zea mays L.) in western Turkey. Agric. Water Manage. 82(1),63-85.

Doorenbos, J. and A. H. Kassam (1979)."Yield response to Water." irrigation and drainage. Paper No. 33, Food and Agricultural Organization. Rome. Italy.

Ebrahimipak, N., Tafteh, A., Asadi Kapourchal, S., Egdernezhad, A. (2020). Evaluation of production functions to estimate potato yield in different irrigation treatments. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 13(6), 1721-1732.

Ebrahimi Pak, N., Tafteh, A., Babazadeh, H. (2014). Evaluation of Alfalfa crop production functions to determine Alfalfa yields in different level of.

www.SID.ir

Archive of SID

irrigation in Qazvin region. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 45(2), 135-145. doi: 10.22059/ijswr.2014.51615.

Ebrahimipak, N., Tafteh, A. (2017). Determination of yield - water use function for sugar beet in Qazvin. *Journal of Sugar Beet*, 33(1), 63-47. doi: 10.22092/jsb.2017.1319.

Estakhr, A., Dehghanpour, Z. (2010). Determination of the Suitable Planting Date for New Early Maturity Maize Hybrids in Second Cropping in Temprate Regions in Fars Province. *Seed and Plant Production Journal*, 26(2), 169-191. doi: 10.22092/sppj.2017.110402.

FAO, (2016). FAO STAT Database - Agricultural production. http://apps.fao.org. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Greaves, Geneille & Wang, yu-min. (2017). Yield response, water productivity, and seasonal water production functions for maize under deficit irrigation water management in southern Taiwan. Plant Production Science. 1-13. 10.1080/1343943X.2017.1365613.

Jensen, J.W. (1968). Water consumption by agricultural plants. In: Kozlowski, T. (Ed.), Water Deficit and Plant Growth. 2,1–22.

Jorooni, E., Alinejadian Bidabadi, A., Maleki, A. (2017). Determination of crop water production function and response of total dry matter and grain yield to deficit irrigation in Maize. *Water and Irrigation Management*, 7(2), 241-256. doi: 10.22059/jwim.2017.235685.546

Moberly JT, Aiken RM, Lin X, Schlegel AJ, Baumhardt RL, Schwartz RC, (2017). Crop water production functions of grain sorghum and winter wheat in Kansas and Texas. J Contem Water Res Educ 162: 42-60. https://doi.org/10.1111/j.1936-704X.2017.03259.x

Panda, R. K., S. K. Behera, and P. S. Kashyap.(2004). Effective management of irrigation water for maize under stressed conditions. Agric. Water. Manage. 66(3),181-203.

Raes. D. (2004). Budjet: a soil water and salt balance model. Refrence Manual. Version 6.0 (http://www.iupware.be and select downloads and next software. last updated June 2004).

Raes, D., S. Greets., E. Kipkorir., J. Wellens and Sahli, A.(2006). Simulation of yield decline as a result of water stress with a robust soil water balance model. Agric.Water Manage. 81,335-357.

Rao, N. H., Sarma, P. BS. and Chander, S. (1988). A simple dated water production function for use in irrigated agriculture. Agricultural Water Management, 13, 25–32.

Sarayi, M., Parsinejad, M., Liaghat, A.M. and Babazadeh, H. (2012). Determining water requirement and soybean crop coefficients in different growth stages. *Applied Field Crops Research*, 25(4), 112-121.

Saeidi, R., Sotoodehnia, A., Ramezani Etedali, H., Kaviani, A., Nazari, B. (2018). Study of Effect of water salinity and soil fertility stresses on evapotranspiration of Maize. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 49(4), 945-954. doi: 10.22059 /ijswr .2018. 247876.667815

Shirshahi, F., Babazadeh, H., EbrahimiPak, N.A. Khaledian, M. (2020). Sustainable optimization of regional agricultural water use by developing a two-level optimization model, Arabian Journal of Geosciences. 10.1007/s12517-020-5175-5, 13, 4.

Tafteh, A., Babazadeh, H., EbrahimiPak, N.A., and F. Kaveh . (2013). Evaluation and improvement of crop production functions for simulation winter wheat yields with two types of yield response factors. J.Agric. Sci. 5 (3),111-122.

Tafteh, A., ebrahimipak, N. (2018). Evaluation of production functions to estimate rapeseed yield in different Interval times. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*, 7(3), 103-113.

Tafteh, A., Babazadeh, H., & EbrahimiPak, N. A., & Kaveh, F. (2014a). Determine yield response factors of important crops by different production functions in Qazvin Plain. Ecology, Environment and Conservation. 20, 415-422

Tafteh A, Babazadeh H, EbrahimiPak NA, Kaveh F. (2014b). Optimization of irrigation water distribution using the MGA method and comparison with a linear programming method. Irrigation and drainage 63 (5), 590-598.

Talarico L., Reniers G., Sörensen K., Springael J. (2015). Intelligent Systems in Managerial Decision Making. In: Kahraman C., Çevik Onar S. (eds) Intelligent Techniques in Engineering Management. Intelligent Systems Reference Library, vol 87. Springer, Cham.

Zhao, Funian & WANG, Runyuan & Zhang, Kai & LEI, Jun & Yu, Qiang. (2019). Predicting spring wheat yields based on water use-yield production function in a semi-arid climate. Spanish Journal Of Agricultural Research. 17. e1201. 10.5424/sjar/2019172-14699.

www.SID.ir