شبیه‌سازی اثرات تنش خشکی و نیتروژن بر عملکرد، کارایی مصرف آب و نیتروژن ذرت با استفاده از مدل شبیه‌سازی CERES-Maize

محسن قمری*[۱]، بهرام اندرزیان[۲]، عبدالمهدی بخشنده[۳]، محمد حسین قرینه[۴]و قدرت‌اله فتحی[۵]

۱) دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران.
۲) مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (اهواز)، ایران.
۴،۳و۵) دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران.

***نویسنده مسئول مکاتبات** : mghamari63@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۵/۰۲ **تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۷/۱۲**

چکیده

به منظور شبیه‌سازی اثرات تنش خشکی و نیتروژن بر عملکرد، کارایی مصرف آب و نیتروژن ذرت، مدل CERES-Maize ابتدا واسنجی و سپس مورد استفاده قرار گرفت. در تحقیق حاضر مدل CERES-Maize با استفاده از تحقیقات انجام شده در سال‌های ۱۳۷۴و ۱۳۸۵ به ترتیب در اهواز و رامین واسنجی، و با استفاده از داده‌های آزمایش انجام شده در سال ۱۳۸۱ در صفی آباد دزفول ارزیابی گردید. RMSE نرمال و شاخص توافق *(d)* به ترتیب معادل ۴/۲٪ و ۰/۹۷ برای زمان گلدهی، ۸/۹٪ و ۰/۹۶ برای رسیدگی فیزیولوژیک و ۱۲/۶٪ و ۰/۶۰ برای عملکرد دانه بودند که نشان دهنده کارکرد خوب مدل در این شرایط بود. سپس آزمایش شبیه‌سازی با ۶ سطح تنش خشکی (I) شامل آبیاری بعد از تخلیه ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و ۶ سطح کود نیتروژن (N) شامل۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره، با استفاده از آمار بلند مدت هواشناسی اهواز طراحی و مدل اجرا گردید. براساس نتایج شبیه‌سازی، در سطوح بالاتر مصرف کود، کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی بیشتر گردید. کارایی اقتصادی مصرف آب با کاهش حجم آب مصرفی تا حدودی افزایش یافت. درسطوح بالای تنش خشکی کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافت. بطور کلی کاهش مصرف کود نیتروژن در شرایطی که آب آبیاری محدود است و احتمال بروز تنش خشکی وجود دارد برای کشاورزان جهت افزایش سود اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بر اساس نتایج بدست آمده توصیه می‌شود در شرایط اقلیمی و خاک اهواز در کشت ذرت آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد ظرفیت زراعی انجام گردد و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار استفاده شود.

واژه های کلیدی: ذرت، تنش خشکی، نیتروژن.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

ذرت از جمله گیاهان زراعی مهم در ایران به شمار می‌رود که سطح زیر کشت آن بر اساس گزارش فائو ۲۲۶ هزار هکتار و تولید آن معادل ۱/۶۵ میلیون تن می با شد که ۲/۸ درصد از کل تولید غلات را شامل می‌گردد (FAO, 2011). با توجه به اینکه ذرت گیاهی با عملکرد بالا بوده و دور نمایی مطلوب برای آینده کشاورزی دارد، دانستن فرآیندهای تولیدی این گیاه برای مقابله با تغییرات شرایط اقلیمی، ضروری است (Samuhel and Siska, 2007). عوامل اقلیمی نقشی اساسی در فرآیند تولید گیاهان زراعی ایفا می‌نمایند و این عوامل کمیت و کیفیت محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهند. از جمله این عوامل کمبود آب است که غالباً یکی از علل کاهش عملکرد در واحد سطح خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک بشمار می‌رود (فاطمی و همکاران، ۱۳۸۵). نظر به اینکه با افزایش جمعیت جهان، نیاز صنایع و خانوارها به آب افزایش می‌یابد، تقاضا برای آب شیرین به طور جهانی و پیوسته در حال افزایش است. این رشد تقاضا به آب شیرین ایجاب می‌کند که بخش کشاورزی سیاست‌های خود را از مدیریت تامین آب به مدیریت تقاضای آب تغییر داده و مصرف آب با کارایی بیشتر را در تولید غذا، علوفه و الیاف در دستور کار خود قرار دهند. دانشمندان کشاورزی با این دیدگاه که آب مورد استفاده در آبیاری محدود است باید توجه بیشتری به مدیریت تولید گیاهان زراعی با کارآمدی بیشتر داشته باشند. از دیگر عوامل محدود کننده محیطی عنصر نیتروژن است که نقش بسزایی در فرآیند ماده‌سازی و فیزیولوژی عملکرد محصولات زراعی مختلف بخصوص غلات دارد و کمبود آن می‌تواند عملکرد گیاه زراعی را بشدت تحت تاثیر قرار دهد. تاکنون گزارشات متعددی در خصوص اثر مثبت نیتروژن بر عملکرد دانه ارایه شده است (لک و همکاران ۱۳۸۶؛ مجیدیان و همکاران ۱۳۸۷) . توجه به میزان مصرف کود متناسب با مقدار آب موجود برای حصول یک عملکرد قابل قبول حایز اهمیت می باشد چرا که در شرایط کمبود آب در خاک جذب عناصر غذایی خصوصا نیتروژن کاهش می‌یابد و این امر ایجاب می‌کند که تناسب مطلوبی بین میزان فراهمی آب و مصرف کود برقرار گردد تا هزینه تولید کاهش یافته و از مصرف بی‌مورد نیتروژن که تاثیری بر افزایش عملکرد ندارد خودداری گردد (مجدم و همکاران، ۱۳۸۸) . وجود تکنیک‌های مدیریتی و شرایط متنوع محیطی و همچنین مطالعه اثرات آنها بر قدرت باروری خاک و گیاه زراعی تبدیل به یک مشکل پیچیده در سیستم‌های کشاورزی شده است (Ritchie and Basso,. 2008). امروزه از مدل‌های شبیه‌سازی برای ارزیابی راهبردهای مختلف مدیریت زراعی و به نژادی در راستای بهینه‌سازی استفاده از منابع موجود استفاده می‌شود. همچنین با استفاده از این مدل‌ها هزینه و زمان مورد نیاز برای انجام آزمایش‌ها کاهش می‌یابد و علاوه بر آن می‌توان با این مدل‌ها به جای چند سال آزمایش در مزرعه، با استفاده از آمار بلند مدت هواشناسی گیاه مورد نظر را برای چند سال تحت تاثیر تیمارهای مختلف کشت کرد و نتایج آنها را مورد ارزیابی قرار داد ((Soltano and Hoogenboom., 2007).

Archive of SID

www.SID.ir

مدلCERES-Maize یک مدل شبیه‌ساز ذرت است که می‌تواند اثرات دامنه وسیعی از شرایط محیطی و زراعی را بر رشد، نمو و عملکرد ذرت شبیه‌سازی نماید. از این مدل تا کنون در تحقیقات زیادی مانند ارزیابی اثرات تنش خشکی، مدیریت کود، تاریخ کاشت، تراکم گیاهی، تغییر اقلیم و... استفاده شده است (Bannayan and Hoogenboom,. 2009). هدف از این مطالعه ارزیابی مدل CERES-Maize و استفاده از آن برای شبیه‌سازی تاثیر تنش‌های خشکی و نیتروژن عملکرد و کارایی مصرف آب و نیتروژن در شرایط آب و هوایی اهواز می‌باشد.

مواد و روش ها

در این تحقیق به منظور واسنجی مدل CERES-Maize از اطلاعات و داده‌های آزمایش کرد (۱۳۷۴) با عنوان: "بررسی اثر تراکم بوته و روش کشت ذرت SC704 در اهواز" و لک و همکاران (۱۳۸۵) با عنوان: "بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن، تراکم و تنش رطوبتی بر عملکرد، اجزای عملکرد وکارایی مصرف آب ذرت دانه ای رقم SC704 در اهواز" و برای ارزیابی مدل از داده‌های آزمایش خرمیان (۱۳۸۱) با عنوان: "بررسی اثر کم آبیاری به روش جویچه‌ای بک در میان بر عملکرد ذرت دانه‌ای SC704 در دزفول" استفاده شد.

توصیف مدل CERES-Maize

به طورکلی مجموعه مدل‌های CERES را تحت عنوان مدل عمومی غلات دانه‌ای مطرح می‌کنند که از جمله این مدل‌ها می‌توان به CERES-Wheat، CERES-Barley و CERES-Rice اشاره نمود. در مدل CERES-Maize پتانسیل رشد تابعی از تشعشعات فعال فتوسنتزی، مقدار تشعشع جذب شده وابسته به شاخص سطح برگ، فاصله ردیف، تراکم گیاهی و کارایی تبدیل تشعشع به زیست توده است. مدل کمیت فرآیندهای اساسی رشد و نمو ذرت را که شامل توسعه زایشی و فنولوژیک، توسعه رویشی کانوپی، شکل‌گیری اندام‌ها، فتوسنتز و تخصیص مواد هستند و همچنین پویایی فرآیندهای آب و نیتروژن گیاه و خاک (رواناب، نفوذ، جریان اشباع و غیر اشباع و زهکشی) می‌باشند، تعیین می‌کند. بنابراین مدل می‌تواند اثر آب و هوا، آب و نیتروژن خاک را بر رشد و عملکرد ذرت شبیه‌سازی نماید. مدل CERES-Maize و دیگر مدل‌های مجموعه DSSAT تاکنون برای دامنه گسترده‌ای از مقاصد علمی به منظور بررسی واکنش ذرت به مدیریت‌های مختلف زراعی و عوامل محیطی در نقاط مختلف دنیا بکار گرفته شده‌اند (Bannayan and Hoogenboom, 2009; Jones and Kinery, 1986).

Archive of SID

www.SID.ir

واسنجی مدل

به منظور واسنجی مدل، ضرایب ژنتیکی ذرت دانه‌ای هیبرید SC704 که به شکل وسیع در خوزستان کشت می‌شود تعیین گردید. ضرایب بدست آمده در این آزمایش برای این هیبرید در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

جدول۱: ضرایب ژنتیکی محاسبه شده برای ذرت رقم SC704

(GDD) P1	(GDD) P2	(GDD) P5	G2 (max دانه)	G3 (میلی‌گرم در روز)	(GDD) PHINT
۴۳۰	۸۰	۷۰۰	۸۸۰	۷.۵	۶۰

P۱: زمان حرارتی بر حسب درجه-روز (با دمای پایه ۸ درجه سانتیگراد) از زمان ظهور گیاهچه تا پایان فاز جوانی که در این مدت گیاه به تغییرات طول روز حساس نیست. P ۲: تاخیر در نمو بر حسب روز به ازای هر ساعت افزایش در فتوپریود بیش از ۱۲/۵ ساعت. (به این معنا که اگر طول روز کمتر از ۱۲/۵ ساعت باشد سرعت نمو حداکثر خواهد بود). P۵: زمان حرارتی بر حسب درجه-روز (با دمای پایه ۸ درجه سانتیگراد) از زمان ظهور ابریشم تا رسیدگی فیزیولوژیکی. G ۲ : حداکثر تعداد دانه ممکن در هر گیاه. G۳ : سرعت رشد دانه در طول مرحله خطی پر شدن دانه در شرایط بهینه برحسب میلی گرم در روز. PHINT: زمان حرارتی بین ظهور دو نوک برگ متوالی

ارزیابی مدل

برای مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی بوسیله مدل با نتایج مشاهده شده، از شاخص‌های آماری RMSE[1] نرمال (ریشه میانگین مربعات خطا) که به صورت درصد بیان می‌شود و شاخص توافق d ویلموت استفاده گردید (Soler *et al*, 2007., Cedron *et al*., 2008).

$$d = 1 - \left[\sum_{i=1}^{n} (P_i - O_i)^2 / \sum_{i=1}^{n} \left(|P_i'| + |O_i'| \right)^2 \right] \qquad (۱)$$

$$RMSE = \left[N^{-1} \sum_{i=1}^{n} (P_i - O_i)^2 \right]^{0.5} \times \frac{100}{M} \qquad (۲)$$

در این فرمول‌ها N تعداد مقادیر مشاهده شده، O_i و P_i بترتیب مقادیر مشاهده و پیش‌بینی شده برای داده iام، $P_i' = P_i - \bar{O}$ و $O_i' = O_i - \bar{O}$ ($M = \bar{O}$ =میانگین مشاهدات) هستند. هر کدام از این شاخص‌ها یک دامنه قابل قبول برای تایید صحت کارکرد مدل دارند. اگر RMSE نرمال حاصل از یک صفت کمتر از ۱۰٪ باشد کارکرد مدل عالی، بین ۱۰٪ تا ۲۰٪ خوب، بین ۲۰٪ تا ۳۰٪ متوسط و بیشتر از ۳۰٪ ضعیف ارزیابی می‌گردد (Jamieson *et al*, 1991). نزدیک بودن شاخص توافق ویلموت به یک نیز بیانگر نزدیکی مقادیر شبیه‌سازی شده به مشاهده شده و در حقیقت کارکرد بهتر مدل است.

Archive of SID

www.SID.ir

کاربرد مدل برای شبیه‌سازی اثرات تنش‌های خشکی و نیتروژن

پس از ارزیابی مدل و تأیید کارکرد مناسب آن، سناریوی شبیه‌سازی با استفاده از اطلاعات خاکشناسی (رسی سیلتی) و داده‌های آب و هوایی اهواز طی یک دوره ده ساله (۱۳۷۵ الی۱۳۸۴) طراحی و مدل اجرا گردید. تیمارهای این آزمایش شامل ۶ سطح تنش خشکی (I) شامل آبیاری بعد از تخلیه ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و ۶ سطح نیتروژن (N) شامل۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره بودند.

نتایج و بحث

بررسی صحت مدل نشان داد که با وجود تفاوت‌هایی که بین درجه حرارت و ساعات آفتابی اهواز و دزفول وجود دارد مدل می‌تواند مراحل مهم فنولوژیک و همچنین عملکرد را با دقت بالایی شبیه‌سازی نماید. براساس شاخص توافق ویلموت (d) و RMSE نرمال کارکرد مدل برای شبیه‌سازی زمان گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک بسیار خوب بود. همچنین شبیه‌سازی عملکرد دانه طبق شاخص دو شاخص آماری قابل قبول ارزیابی شد (جدول ۲). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مدل CERES-Maize قادر است با دقت بالایی اثر تنش‌های اعمال شده را بر نمو و عملکرد ذرت شبیه‌سازی نماید. Jagtap و همکاران (۱۹۹۳) شبیه‌سازی مدل CERES-Maize برای مراحل نموی، عملکرد دانه، وزن دانه، تعداد دانه در متر مربع و بیوماس کل را در محدوده ۱۰درصدی داده‌های مشاهده شده گزارش دادند. Soler و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی اثر تاریخ کاشت بر چهار هیبرید ذرت مشاهده نمودند که RMSE نرمال برای صفات زمان گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک به ترتیب برابر ۱/۶ و ۰/۷ درصد بودند. Panda و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی اثرات تنش خشکی بر ذرت گزارش دادند که مدل CERES-Maize با کارایی بالایی قادر است عملکرد دانه و ماده خشک کل را شبیه‌سازی کند. Cedron و همکاران(۲۰۰۵) در بررسی ۳ نسخه ۲۰۰۳ ، ۳/۵ و ۴ مدل CERES-Maize مشاهده نمودند که نسخه ۴ این مدل با اختلاف اندکی نسبت به مقادیر مشاهداتی عملکرد دانه را شبیه‌سازی می‌کند. نتایج تحقیق Mati (۲۰۰۰) شبیه‌سازی میزان عملکرد دانه با استفاده از این مدل را در محدوده ۵ تا ۱۰ درصدی مقادیر مشاهده شده گزارش داد.

جدول ۲ : نتایج صحت سنجی مدل با استفاده از داده های سال ۱۳۸۱

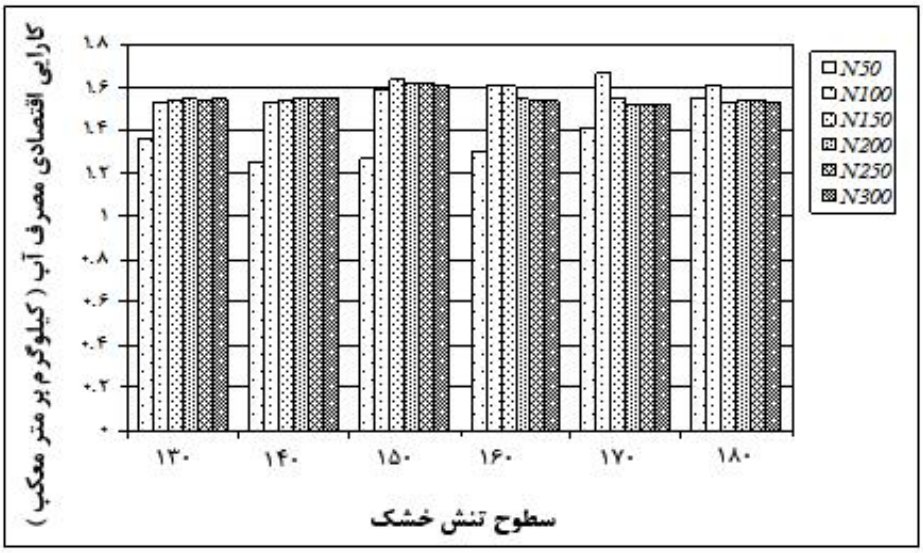
صفت	مشاهده شده	شبیه‌سازی شده	RMSE	RMSE نرمال (%)	شاخص توافق (*d*)
گلدهی (روز بعد ازکاشت)	۷۱	۷۴	۳	۴.۲	۰.۹۷
رسیدگی فیزیولوژیکی(روز بعد از کاشت)	۱۲۴	۱۳۵	۱۱	۸.۹	۰.۹۶
عملکرد ماده خشک دانه (کیلوگرم در هکتار)	۵۵۰۳.۵	۶۰۰۹.۵	۶۹۷.۵	۱۲.۶	۰.۷۰

Archive of SID

www.SID.ir

عملکرد دانه

براساس نتایج شبیه‌سازی شده بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری مطلوب (۱۳۰) و کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن معادل ۹۹۷۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد در تیمار تنش شدید رطوبتی (۱۸۰) و کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن معادل ۷۰۰۷ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل۱). اختلاف چندانی بین دو سطح تنش رطوبتی ۱۳۰ و ۴۱۰ وجود نداشت اما با افزایش شدت تنش علمکرد کاهش محسوسی پیدا کرد. در سطوح بالاتر مصرف کود کاهش عملکرد در اثر تنش خشکی بیشتر مشاهده گردید. به عنوان مثال ۱۸٪ کاهش عملکرد در تیمار آبیاری بعد از تخلیه ۸۰٪ FC و کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن و ۳۰٪ کاهش در سطح رطوبتی مشابه و کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن نسبت به شرایط مطلوب رطوبتی (۱۳۰) وجود داشت. این مسئله می‌تواند به علت منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی خاک در شرایط تنش خشکی باشد (Pandey و همکاران ۲۰۰۰). با توجه به اینکه عملکرد دانه در ذرت برآیندی از وزن دانه و تعداد دانه در بلال می باشد عواملی که بر روی این اجزاء اثرات نامطلوب داشت باشند عملکرد را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهند. تنش خشکی و نیتروژن می‌توانند وزن دانه‌ها را به دلیل کاهش انتقال مواد و دوره پرشدن دانه‌ها کاهش دهد. همچنین تعداد دانه در بلال به دلایلی مانند کم شدن تعداد سنبلچه‌های تمایز یافته و همچنین تعداد گلچه‌های تلقیح شده در زمان گرده افشانی کم می‌گردد (کلامیان و همکاران، ۱۳۸۴،. ,2004Cakir مجیدیان و همکاران ۱۳۸۷و حمیدی و محمدی نسب، ۱۳۸۰).

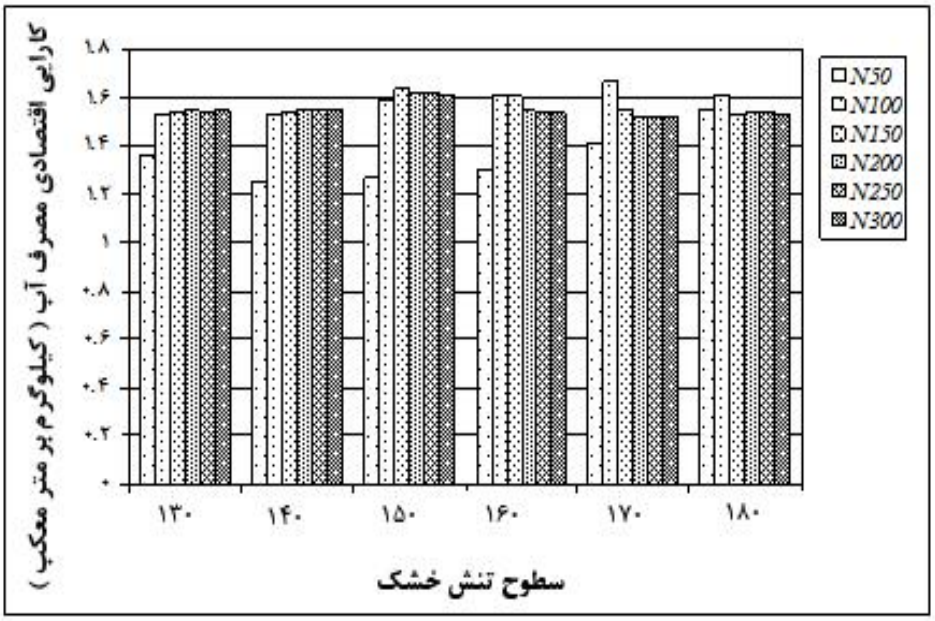


شکل۱: شبیه‌سازی اثرات متقابل تنش خشکی و نیتروژن بر عملکرد ماده خشک دانه

www.SID.ir

کارایی اقتصادی مصرف آب

مطابق شکل۲ کارایی اقتصادی مصرف آب با کاهش حجم آب مصرفی افزایش یافت. اگر چه تنش خشکی می‌تواند منجر به کاهش عملکرد دانه شود، اما احتمالا در شرایط بهینه از لحاظ رطوبتی به دلیل رواناب، تبخیر و نفوذ عمقی، آب از دسترس ریشه خارج شده و عملاً آب مصرف شده سهمی در افزایش عملکرد نداشته است. ایجاد تنش خشکی می‌تواند منجر به ذخیره منابع آبی گردد اما باید در جهت افزایش کارایی مصرف آب و نیز کمتر کردن اثرات نامطلوب بر رشد و عملکرد نهایی ذرت گردد (Yang et al., 2007). براین اساس طبق نتایج بدست آمده آبیاری بعد تخلیه ۵۰-۴۰ درصد ظرفیت زراعی در شرایط محل تحقیق حاضر بهترین کارایی مصرف آب را دارد اما با ادامه این روند به دلیل بروز تنش شدید خشکی عملکرد کاهش می یابد و کارایی مصرف آب کم می‌گردد.



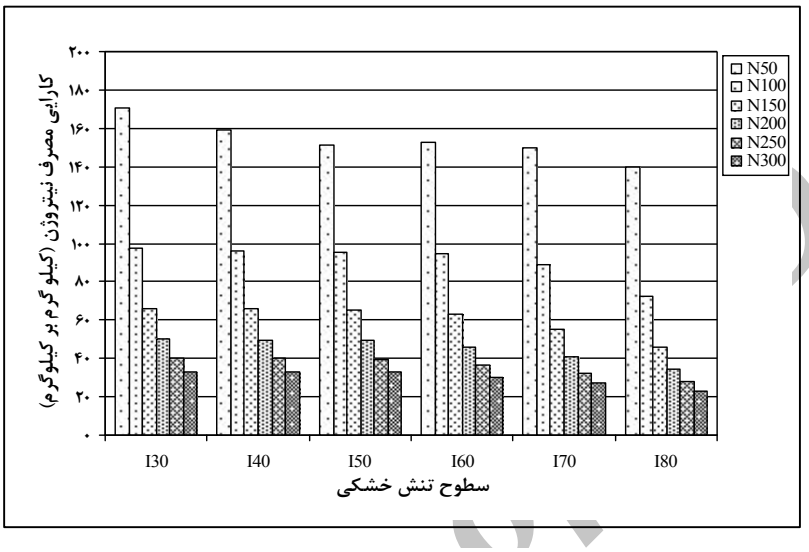
شکل۲: شبیه‌سازی اثرات متقابل تنش خشکی و نیتروژن بر کارایی

کارایی مصرف نیتروژن

طبق شکل۳، در مقادیر اولیه کود مصرفی جذب عناصر غذایی و در نتیجه کارایی مصرف کود بیشتر بود. سطوح کودی ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلو گرم با افزایش شدت تنش خشکی تا تخلیه ۵۰ درصد ظرفیت زراعی تغییری نداشتند ولی درسطوح بالاتر تنش خشکی به دلیل ناتوانی گیاه در جذب نیتروژن کارایی مصرف کود کاهش یافته است. هنگامی که کمبود عناصر غذایی در گیاه رخ می دهد گیاه در برابر مصرف کود واکنش مثبت نشان می دهد. این واکنش در واحدهای اولیه مصرف کود بیشتر است به همین دلیل در مقادیر اولیه کود مصرفی میزان جذب عناصر غذایی و در نتیجه کارایی مصرف کود بیشتر می‌گردد (واعظی و همکاران ۱۳۸۱).

www.SID.ir

برخی مطالعات نشان داده است که در مقادیر بالای مصرف کود نیتروژن گیاه ذرت توانایی استفاده از مکانیسم C4 را نداشته و به همین دلیل از کارایی مطلوبی برخوردار نیست (Greef, 1994). هدر روی کود نیتروژن به دلیل دنیتریفیکاسیون، رواناب های سطحی، آبشویی، تبخیر و انتشار گازی از گیاه می‌باشد (Raun and Johanson., 1999).



شکل۳: اثرات متقابل تنش خشکی و نیتروژن بر کارایی

با توجه به میانگین نتایج ده‌ساله توصیه می‌شود در شرایط اقلیمی و خاک اهواز در کشت ذرت آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد ظرفیت زراعی انجام گردد و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار استفاده شود. این نکته از حیث افزایش کارایی نهاد های آب و کود نیتروژن و نیز بهینه‌سازی تولید اقتصادی اهمیت ویژه‌ای دارد. تحقیقات مختلف نشان می‌دهد وقوع تنش خشکی در فازهای سبزینه‌ای اثر منفی کمتری بر ذرت دارد توصیه می‌شود زمان اعمال تیمارهای تنش بخصوص کم آبیاری با توجه به زمان وقوع مراحل نموی صورت گیرد. قدرت مدل در پیش بینی مراحل نموی در این زمینه می‌تواند مفید باشد. با توجه به اثر منفی شدیدتر تنش خشکی در مقادیر زیادتر کود نیتروژن، پیشنهاد می‌شود برای افزایش کارایی مصرف نیتروژن در شرایطی که آب آبیاری محدود است و احتمال بروز تنش خشکی وجود دارد از مصرف زیاد کود خودداری گردد. این نکته برای کشاورزان جهت افزایش سود اقتصادی هم از طریق افزایش میزان تولید و هم از طریق کاهش هزینه نهاده‌ها حایز اهمیت می باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

- **حمیدی، آ.، و دباغ محمدی نسب، ع.، ۱۳۸۰**. بررسی تاثیر تراکم بوته و سطوح مختلف نیتروژن بر فنولوژی دو هیبرید متوسط رس ذرت. مجله ی علوم کشاورزی ایران. ۳۲(۴): ۸۷۴-۸۵۷.
- **خرمیان، م. ۱۳۸۱**. بررسی اثر کم آبیاری به روش جویچه‌ای بک در میان بر عملکرد ذرت دانه‌ای در شمال خوزستان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۳(۱۱). ۱۰۱-۹۱.
- **فاطمی، ر.، کهراریان، ب.، قنبری، ا.، و ولی زاده، م.، ۱۳۸۵**. بررسی اثر رژیم های مختلف آبیاری و نیاز آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت هیبرید سیگل کراس ۷۰۴. ویژه‌نامه علمی-پژوهشی علوم کشاورزی. (۳)۱۲: ۱۴۱-۱۳۳.
- **کرد، ح.، ۱۳۷۴**. بررسی تاثیر کشت در دو تراکم بر روی عملکرد ذرت رقم SC704 در شرایط آب و هوایی اهواز. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید چمران. ۱۵۰ صفحه .
- **کلامیان، س.، مدرس ثانوی، س. ع. م.، و سپهری، ع.، ۱۳۸۴** تاثیر تنش کمبود آب در مراحل رشد رویشی و زایشی در هیبریدهای پر برگ و تجاری ذرت. پژوهش کشاورزی آب، خاک و گیاه در کشاورزی. ۵: ۵۳-۳۸.
- **لک، ش.، نادری، ا.، س. ع. سیادت.، ا. آینه بند. و ق. نور محمدی. ۱۳۸۵**. اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته در شرایط مختلف رطوبتی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه ای سینگل کراس ۷۰۴ در خوزستان. مجله علوم زراعی ایران. ۸: ۱۶۹-۱۵۳.
- **مجدم، م.، نادری، ا.، نور محمدی، ق.، سیادت، س. ع.، و آینه بند، ا.، ۱۳۸۸**. تاثیر تنش کمبود آب و مدیریت نیتروژن بر عملکرد دانه , میزان انتقال مجدد ماده خشک و فتوسنتز جاری ذرت دانه ای در شرایط آب و هوایی خوزستان. فصلنامه علمی تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱: ۹۵-۸۶.
- **مجیدیان، م.، قلاوند. کریمیان، ن.، و کامکار حقیقی، ع. ا.، ۱۳۸۷**. تاثیر مقادیر مختلف نیتروژن، کود دامی و آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۱(۲). ۸۵-۶۷ .
- **واعظی، ع. ر.، همایی، م.، و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۱**. اثر کود آبیای بر کارایی مصرف کود و آبدر ذرت علوفه ای. مجله خاک و آب. ۱۶: ۱۹۵-۱۵۲.

- **Bannayan, M. and Hoogenboom, G. 2009.** Using pattern recognition for estimation cultivar coefficients of a crop simulation model. Field Crops Research. 111:290-302.
- **Cakir, R. 2004.** Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research.89: 1-16.

Archive of SID

www.SID.ir

- **Cedron, F. X. L., Boot, K. J., Nogueira, B. R. and Sau, F. 2005.** Testing CERES-Maize versions to estimate maize production in a cool environment. European Journal Agronomy. 23: 89-102.
- **FAO. 2011 available on [**http://www.fao.org/corp/statistics/en/]**.**
- **Greef, J. M. 1994.** Productivity of maize (*Zea mays* L.) in relation to morphological characteristics under varying amounts of nitrogen supply. Journal of Agronomy and Crop Science. 27:317-326.
- **Jagtap, S. S., Mornu, M., and Kang, B. T. 1993.** Simulation of growth, development and yield of maize in the transition zone of Nigeria. Agricultural Systems. 41: 215-229.
- **Jamieson, P. D., Porter J. R. and Wilson, D. R. 1991.** A test of computer simulation model ARC-WHEAT1 on wheat crops grown in New Zealand. Field Crop Research. 27:337-350.

-Jones, C. A. Kinery, J. R. 1986. CERES-Maize. A simulation model for maize growth and development. Texas A&M University Press, Callege Station, TX. 194p.

- **Mati, B. M. 2004.** The influence of climate change on maize production in the semi-humid-semi-arid areas on Kenya. Arid Environments. 46: 333-344.
- **Panda, R. K., Behera, S. K. and Kashyap, P. S. 2004.** Effective management of irrigation water for maize under stressed condition. Agricultural Water Management. 66: 181-203.
- **Pandey, R. K., Maranville, J. W. and Admou, A. 2000.** Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a sahelian environment I. Grain yield and yields components. Agricultural Water Management. 46: 1-13.
- **Pandey, R. K., Maranville, J. W. and Admou, A. 2000.** Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a sahelian environment II. Shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. Agricultural Water Management. 46: 15-27.
- **Ritchie, J. T. and Basso, B. 2008.** Water use efficiency is not constant when crop water supply is adequate of fixed; the role of agronomic management. European Journal Agronomy. 28: 273-281.
- **Raun, W. R., and Johanson, G. V. 1999.** Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal.91:357-363.
- **Samuhel, P. and Siska, B. 2007.** Parameterization of crop simulation model CERES-Maize in Nitro-Dolna. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management. 15:25-30.

www.SID.ir

- **Soler, C., Sentelhas, P. and Hoogenboom, G. 2007.** Application CSM-CERES-maize model for planting date evaluation and yield forecasting for maize grown off-season in a subtropical environment. European Journal Agronomy. 27: 165-177.
- **Soltani, A. and Hoogenboom, G. 2007.** Assessing crop management options with crop simulation models based on generated weather data . Field Crop Research. 103:198-207.
- **Willmott, C. J., Akleso, G. S., Davise, R. E., Feddema, J. J., Klink, K. M., Legates, D. R., Odonnell, J. and Rowe, C. M. 1985.** Statistics for the evaluation and comparison of models. Geophysics Research. 90: 8995-9005.
- **Yang, H., Irmak, S., Tarkalson, D., Walters, D. T. and Cassman, K. 2007.** Corn water use efficiency with deficit irrigation in high yielding settings. International annual meeting, Nowember 4-8, New Olreans, Louisiana.

Archive of SID

www.SID.ir