ارزیابی مدل MSM و استفاده از آن برای پیش‌بینی محصول و آب مورد نیاز ذرت علوفه‌ای جهت کاشت در یک محدوده زمانی مناسب

ابوالفضل مجنونی هریس، شاهرخ زندپارسا، علیرضا سپاسخواه و علی‌اکبر کامگار حقیقی[۱]

چکیده

با پیشرفت علم رایانه، محققین امور کشاورزی با شبیه‌سازی رشد گیاهان و عوامل مؤثر بر رشد آنها گامی مهم در جهت مدیریت تولید برداشتند. با کاربرد این مدل‌ها ضمن کاستن از هزینه‌های سنگین طرح‌های متعدد، بسیاری از عوامل مؤثر بر رشد را نیز به راحتی می‌توان بررسی نمود. از جمله این عوامل تعیین زمان کاشت مناسب می‌باشد. در این تحقیق برای واسنجی و سنجش اعتبار مدل شبیه سازی رشد ذرت (MSM) جهت تخمین ماده خشک تولیدی، آزمایشی در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ انجام گرفت. آزمایش‌ها شامل ۴ تیمار آب و ۳ تیمار کود نیتروژن در غالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی پیاده شدند. تیمارهای آبیاری شامل I4، I3، I2 و I1 بودند که عمق آب آبیاری به ترتیب برابر بیست درصد بیشتر از نیاز بالقوه، برابر نیاز بالقوه، بیست درصد و چهل درصد کمتر از نیاز بالقوه ذرت بودند. تیمارهای نیتروژن شامل N3، N2 و N1 بودند که به ترتیب برابر ۳۰۰، ۱۵۰ و صفر کیلوگرم نیتروژن خالص بر هکتار بودند. مدل با داده‌های سال اول کشت برای آبیاری جویچه‌ای واسنجی شد. با استفاده از داده‌های مستقل سال دوم اعتبار مدل برای پیش‌بینی ماده خشک مورد تأیید قرار گرفت. از مدل واسنجی و تأیید شده (MSM)، برای تعیین محدوده زمانی مناسب کاشت، میزان آب مورد نیاز برای زمان‌های مختلف کاشت و افزایش سطح زیر کشت ذرت علوفه‌ای استفاده شد. محدوده زمانی مناسب کاشت ذرت علوفه‌ای در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز از تاریخ ۲۰ اردیبهشت ماه تا تاریخ ۱۰ تیر ماه تعیین شد. با اعمال مدیریت تاریخ کاشت پیشنهادی در این پژوهش، در شرایط محدود بودن آب، سطح زیر کشت ذرت علوفه‌ای ۱۷/۹۰ درصد و علوفه تولیدی به مقدار ۱/۹۰ تن بر لیتر بر ثانیه افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: مدلMSM، واسنجی مدل، سنجش اعتبارمدل، ذرت علوفه‌ای، تاریخ کاشت، محدودیت آب

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) از جمله گیاهانی است که به علت سازگاری خوب این گیاه با شرایط آب و هوایی اکثر نقاط ایران، سطح زیر کشت آن رو به افزایش است. این گیاه به علت عملکرد بالای سیلویی، مواد قندی و نشاسته‌ای یکی از بهترین گیاهان علوفه‌ای به حساب می‌آید.

برای جبران کمبود علوفه جهت تغذیه دام‌های کشور، یکی از راه‌ها، افزایش سطح زیر کشت ذرت در اکثر نقاط کشور

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار، استاد و دانشیار بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-05]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.7.1]

می‌باشد. برای افزایش سطح زیر کشت بسیاری از محصولات زراعی با وجود خاک‌های حاصلخیز در اکثر استان‌های کشور، کمبود آب مهم‌ترین عامل محدود کننده کشت می‌باشد. امروزه در بسیاری از نقاط دنیا با مدیریت صحیح کشاورزی، ضمن استفاده مناسب از آب و خاک موجود، سعی می‌شود تولیدات کشاورزی افزایش یابد. با پیشرفت تکنولوژی رایانه‌ای و کاربرد آن در علوم کشاورزی، امکان مطالعه و مدیریت بسیاری از عوامل مؤثر بر رشد گیاهان مانند آب، خاک، کود، تاریخ کاشت و شرایط اقلیمی، ساده‌تر از گذشته شده است. یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد گیاهان، تاریخ مناسب کاشت می‌باشد که به دلیل اهمیت زیاد آن، بسیاری از پژوهشگران در مورد آن تحقیق کرده‌اند.

راتگب و همکاران (۶) با توصیه تاریخ‌های کاشت مناسب برای ایالت مریلند آمریکا پیشنهاد می‌کنند که تاریخ کاشت ذرت می‌تواند به اندازه کافی تأخیر بیفتد تا سرمای اول فصل به بستر بذر آسیب نرساند. سوان سون و همکاران (۷) با بررسی آثار تاریخ کاشت و بقایای گیاهی روی رشد، تسهیم ماده خشک و عملکرد ذرت نشان دادند که کاشت ذرت قبل یا بعد از تاریخ بهینه کاشت باعث کاهش عملکرد، شاخص سطح برگ و ماده خشک می‌گردد. چوکان و مساوات (۱) اثر ۴ تاریخ کاشت تابستانه را بر عملکرد هیبرید ذرت در منطقه گرگان بررسی کردند. این آزمایش نشان داد تأخیر، در کاشت بعد از ۱۵ تیرماه به شدت موجب کاهش محصول گردید.

به طور کلی تعیین تجربی و عملی تاریخ کاشت، نیاز به کاشت ذرت در زمان‌های مختلف دارد و به دلیل تنوع آب و هوایی کشور، انجام چنین تحقیقاتی هزینه‌های زیادی دارد. امروزه بشر با استفاده از امکانات رایانه‌ای توانسته است بررسی بسیاری از پدیده‌ها را با شبیه سازی رایانه‌ای، آسان‌تر از گذشته نماید. در دهه‌های اخیر مدل‌های زیادی جهت شبیه‌سازی رشد محصولات زراعی و مدیریت آب خاک توسط پژوهشگران امور کشاورزی توسعه داده شده است. این مدل‌ها در مدیریت کشاورزی نوین، نقش غیر قابل انکاری برعهده دارند. جونز و کینیری (۴) با در نظر گرفتن اثر آب و کود در رشد گیاه، مدل CERES را ارائه کردند. یانگ و همکاران (۱۰) مدل CERES را با مدل‌های INTERCOM (۱۰) و WOFOST (۸) ترکیب کرده و مدل Hybrid-Maize را ارائه کردند. این مدل ماده خشک تولیدی گیاه را از روی تابش رسیده به سطح زمین تخمین می‌زند. پوپوا و کراچوا (۵) مدل CERES را در نواحی صوفیا در بلغارستان واسنجی کردند و اعتبار عملکرد آن را در شرایط بارندگی شدید و خشکسالی بررسی کردند. زند پارسا و همکاران (۱۲) مدل MSM (Maize Simulation Model) را ارائه دادند. در مدل MSM اثرات آب، کود، خاک و عوامل هواشناسی در پیش‌بینی محصول ذرت در نظر گرفته شده است. این مدل مقدار ماده خشک را با استفاده از تشعشع تابیده شده به برگ‌های گیاه شبیه‌سازی می‌کند. این مدل برای یکسال آبیاری بارانی واسنجی شده و صحت اعتبار مدل برای دو سال آبیاری جویچه‌ای با استفاده از داده‌های محدودی بررسی شده است (۱۲).

در این پژوهش (الف): مدل شبیه‌سازی رشد ذرت MSM جهت تولید ماده خشک در آبیاری جویچه‌ای در یک سال آزمایش، ارزیابی گردید. (ب): با استفاده از داده‌های سال دوم اعتبار مدل در پیش‌بینی ماده خشک آزمون گردید. (ج): محدوده زمانی مناسب کاشت ذرت علوفه‌ای در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز تعیین شد (د): با توجه به گسترش محدوده تاریخ کاشت، میزان متوسط نیاز آبی خالص دوره‌ای ذرت تعیین و با کاشت ذرت در زمان‌های مختلف در این محدوده زمانی و نیاز کمتر به دبی جریان آب آبیاری، امکان افزایش سطح زیر کشت ذرت علوفه‌ای بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

تشریح مدل MSM

مدل MSM (Maize Simulation Model) جهت شبیه سازی رشد ذرت هیبرید SC704 به زبان Quick Basic در بخش آبیاری دانشگاه شیراز تهیه شده است (۱۲). این مدل دارای یک

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-05]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.7.1]

برنامه اصلی و نه زیر برنامه می‌باشد. زیر برنامه‌های مدل عبارت‌اند از:۱- جریان آب خاک ۲- جریان گرمایی خاک ۳- حرکت نیتروژن در خاک ۴- تحلیل تغییر شکل‌های نیتروژن، ۵- جذب نیتروژن توسط گیاه ۶- تخمین تبخیر- تعرق واقعی گیاه ۷- تحلیل توسعه ریشه ۸- تحلیل تشعشع و ۹- تولید ماده خشک. نمای عملیاتی مدل در شکل ۱ نشان داده شده است. مدل با گرفتن مقادیر ورودی شامل عوامل هیدرولیکی خاک [ضرایب معادله ون‌گنوختن (۹)]، مقدار و زمان کوددهی، مقادیر و زمان‌های کوددهی و آبیاری، دما و رطوبت خاک در روز کاشت و داده‌های هواشناسی (شامل حداکثر و حداقل دما، حداکثر و حداقل رطوبت نسبی، ساعات آفتابی، سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین و مقدار بارش) عملیات خود را آغاز می‌کند. ابتدا تغییر شکل‌های نیتروژن را روزانه تخمین زده و سپس مقدار نیتروژن جذب شده توسط قسمت‌های هوایی گیاه را به صورت ساعتی پیش‌بینی کرده و در گام بعدی تشعشع بالای جو، تشعشع رسیده به سطح زمین، تشعشع تابیده شده به برگ‌های گیاه و تشعشع خالص را در هر ساعت تخمین می‌زند. با استفاده از مقدار تشعشع تابیده شده به برگ‌های گیاه و اصلاح آن با دما و نیتروژن جذب شده، مقدار ماده خشک تولیدی تخمین زده می‌شود. شاخص سطح برگ، تبخیر- تعرق واقعی، توزیع دمای خاک ، جریان گرمایی محسوس، جریان گرمایی خاک، هیدرولیز اوره، توزیع نیترات و آمونیوم در خاک را ساعت به ساعت در طول فصل رشد شبیه‌سازی می‌نماید و این عملیات تا زمان برداشت ادامه می‌یابد.

واسنجی و سنجش اعتبار مدل

برای واسنجی و سنجش اعتبار مدل MSM (Maize Simulation Model)، در طی سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ بذرگیاه ذرت (*Zea mays* L.) از نوع سینگل‌کراس ۷۰۴ (SC704) که هیبرید دیررس می‌باشد در جویچه‌هایی به عرض ۰/۷۵ متر و در عمق ۰/۰۷ متر از سطح خاک در کرت‌هایی به طول ۱۰ متر، شامل ۵ ردیف ذرت با تعداد ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار در زمینی به مساحت حدوداً ۲۰۰۰ متر مربع در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز کاشته شد. طول و عرض جغرافیایی منطقه و ارتفاع آن از سطح دریا به ترتیب برابر '۵۲°۰۲ شرقی، '۲۹°۵۶ شمالی و ۱۸۱۰ متر از سطح دریا می‌باشد. برای جلوگیری از آسیب احتمالی به تیمارهای آزمایشی، هم‌چنین برای از بین بردن اثر واحه‌ای در اطراف تیمارهای آزمایشی، به عرض سه متر ذرت کاشته شد. مزرعه کشت شده شامل ۴ تیمار آبیاری I_4، I_3، I_2 و I_1 به ترتیب حدود بیست درصد بیشتر از نیاز آبی بالقوه ذرت، برابر نیاز آبی بالقوه آن، بیست درصد و چهل در صد کمتر از نیاز بالقوه آن و شامل ۳ تیمار کود نیتروژنه (به صورت اوره) N_3، N_2 و N_1 به ترتیب برابر با۱۵۰،۳۰۰ و صفر کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در ۳ تکرار به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی پیاده گردید. برای واسنجی و سنجش اعتبار مدل جهت پیش‌بینی ماده‌خشک تولیدی در قسمت‌های هوایی گیاه، در روزهای مختلف دوره رشد، از تمامی کرت‌ها با بریدن دو بوته نمونه‌برداری می‌شد. نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک می‌شدند و وزن ماده خشک تولیدی در هکتار تعیین می‌شد.

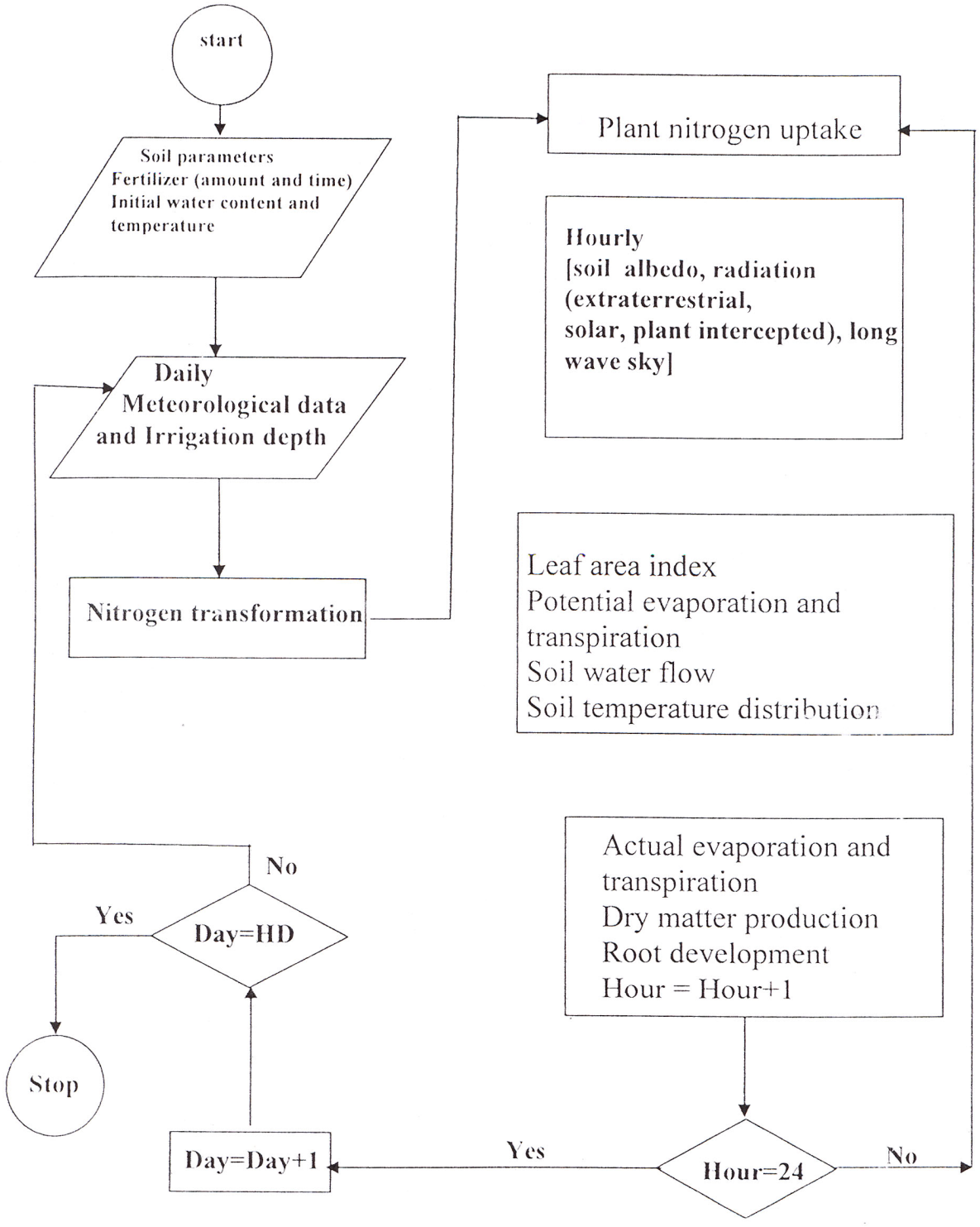
نتایج و بحث

واسنجی و سنجش اعتبار مدل MSM

در این پژوهش مدل MSM برای شبیه سازی ماده خشک تولیدی ذرت تحت آبیاری جویچه‌ای واسنجی گردید. ماده خشک از برهمکنش عواملی همچون تابش جذب شده، شرایط جوی، کود و آب تأثیر می‌پذیرد. برای ارزیابی نحوه پیش‌بینی ماده خشک در روزهای مختلف بعد از کاشت، در طول فصل رشد، مرتباً ماده خشک تیمارهای مختلف اندازه‌گیری می‌شد. مقدار ماده خشک تولید شده در طول فصل رشد افزایش یافته و در روز برداشت به حداکثر مقدار خود می‌رسد. در مدل MSM، مقدار پتانسیل ماده خشک تولیدی در قسمت‌های هوایی گیاه از ۱۶ روز بعد از کاشت به بعد، ساعت به ساعت با استفاده از معادله زیر پیش‌بینی می‌شود (۱۲):

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-05]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.7.1]



Hour: ساعت (۲۴-۰)، Day: روزهای بعد از کاشت، HD: روز برداشت.

شکل ۱. نمای عملیاتی مدل MSM

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-05]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.7.1]

$$HDMP^{j+1} = K_{DM} \times RSLT^{j+1} \quad [1]$$

که در آن $HDMP^{j+1}$ ماده‌خشک پتانسیل تولید شده قسمت‌های هوایی گیاه در $j+1$ ساعت بعد از کاشت حسب $Mg\ ha^{-1}$، K_{DM} راندمان مصرف تشعشع است که مقدار آن توسط زندپارسا و همکاران (۱۲) در تیمار بدون تنش آب و کود برابر ۰/۰۱۴۶ $Mg\ ha^{-1}MJ^{-1}m^2$ ($1/46g\ MJ^{-1}$) به دست آمده است. نحوه تعیین ماده خشک واقعی تولید شده بستگی به مقدار آب و نیتروژن جذب شده توسط ریشه گیاه دارد که در منبع (۱۲) توضیح داده شده است. $RSLT^{j+1}$ تشعشع اصلاح شده با دما و تابیده شده به پوشش سبز گیاه حسب $MJ\ m^{-2}h^{-1}$ می‌باشد. نحوه تعیین مقدار $RSLT^{j+1}$ توسط زندپارسا و همکاران (۱۲) توضیح داده شده است.

مدل برای تخمین پتانسیل ماده خشک تولید شده تا ۱۶روز بعد از کاشت از رابطه زیر استفاده می‌کند:

$$HDMP^{j+1} = ۰/۰۰۸۵۷۱\ RSL^{j+1} \quad [2]$$

برای ارزیابی مدل، داده‌های اندازه‌گیری شده با مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل مقایسه گردید. در کل مدل توانست تخمین قابل قبولی از ماده خشک ارائه دهد و نیاز به تغییر اساسی نبود، به جز این که روز ۱۶ بعد از کاشت به روز ۳۰ بعد از کاشت تغییر کرد. این تغییر با توجه به داده‌های اندازه‌گیری شده در اوایل فصل رشد، باعث بهبود پیش‌بینی مدل نسبت به حالت قبلی آن گردید. نتایج این مقایسه در تیمارهای آزمایشی در شکل ۲ نشان داده شده است. مطابق شکل ۲، اغلب مقادیر پیش‌بینی شده ماده خشک در محدوده مقادیر اندازه‌گیری شده قرار دارند. مقادیر پیش‌بینی شده ماده خشک در تیمارهایی که آب بیشتری دریافت کرده‌اند، بیشتر از مقادیر اندازه‌گیری شده هستند. اعتبار مدل برای پیش‌بینی ماده خشک قسمت‌های هوایی گیاه با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده در سال دوم کشت آزمون گردید. مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که عملکرد مدل برای پیش‌بینی ماده خشک تأیید می‌شود.

نکته دیگری که در ارزیابی مدل باید توجه کرد این است که در شکل ۲ علی‌رغم معنی‌دار نبودن اختلاف‌ها، در اوایل فصل رشد مقادیر پیش‌بینی شده در محدوده یک انحراف معیار مقادیر اندازه‌گیری شده قرار ندارند، که این مسأله ناشی از تراکم زیاد بوته‌ها بوده و بعد از تنک کردن ذرت‌ها به طرف انتهای فصل رشد این مشکل کم رنگ‌تر شده است. در سال دوم که از اول، مزرعه تراکم مناسبی داشت و نیاز به تنک کردن زیاد نبود، این مشکل مشاهده نمی‌شود.

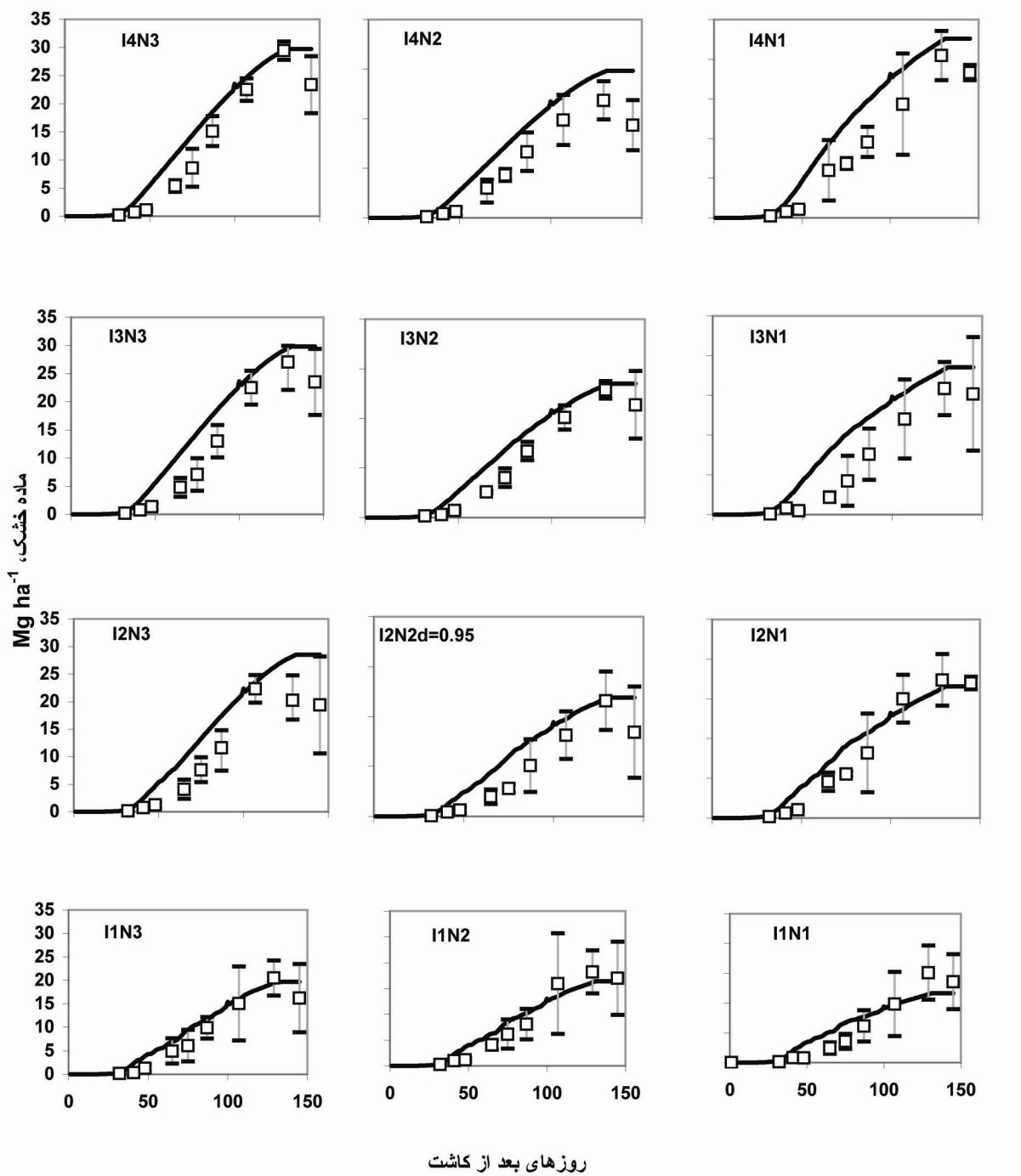
برای تجزیه و تحلیل آماری، چگونگی پیش‌بینی ماده خشک در تیمارهای مختلف هر دو سال مورد کشت از آزمون F استفاده شد. در جدول ۱ ضریب تعیین (R^2) معادله رگرسیونی بین مقادیر پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده ماده خشک تولیدی، مقادیر F محاسبه شده مربوط به شیب خط رگرسیون با شیب خط یک به یک و F محاسبه شده مربوط به عرض از مبدأ معادلات رگرسیونی با مقدار صفر، آورده شده است. مقایسه شیب و عرض از مبدأ معادلات رگرسیونی به دست آمده با شیب و عرض از مبدأ خط یک به یک در سطح اطمینان ۹۹٪ نشان داد که عرض از مبدأ معادلات رگرسیونی در همه ۱۲ تیمار مورد بررسی در طی دو سال آزمایش دارای اختلاف معنی‌داری با عرض از مبدأ خط یک به یک نیستند. شیب معادلات رگرسیونی نیز در اغلب موارد به جز در چند تیمار محدود و تنش دیده، دارای اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد با شیب خط یک به یک نیستند. این اختلاف‌ها می‌توانند ناشی از شرایط ناشناخته حاکم خاک این تیمارها باشد، زیرا در این آزمایش‌ها فرض شده است که به جز آب و کود، سایر مواد غذایی خاک به مقدار بهینه در خاک موجود هستند در صورتی که ممکن است در برخی از تیمارها این حالت واقعی نباشد. در مجموع نتایج به دست آمده توانایی پیش‌بینی مدل را تأیید می کند.

تعیین محدوده زمانی مناسب کاشت

برای تعیین محدوده زمانی مناسب کاشت ذرت علوفه‌ای در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (واقع در ۱۸

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-05]

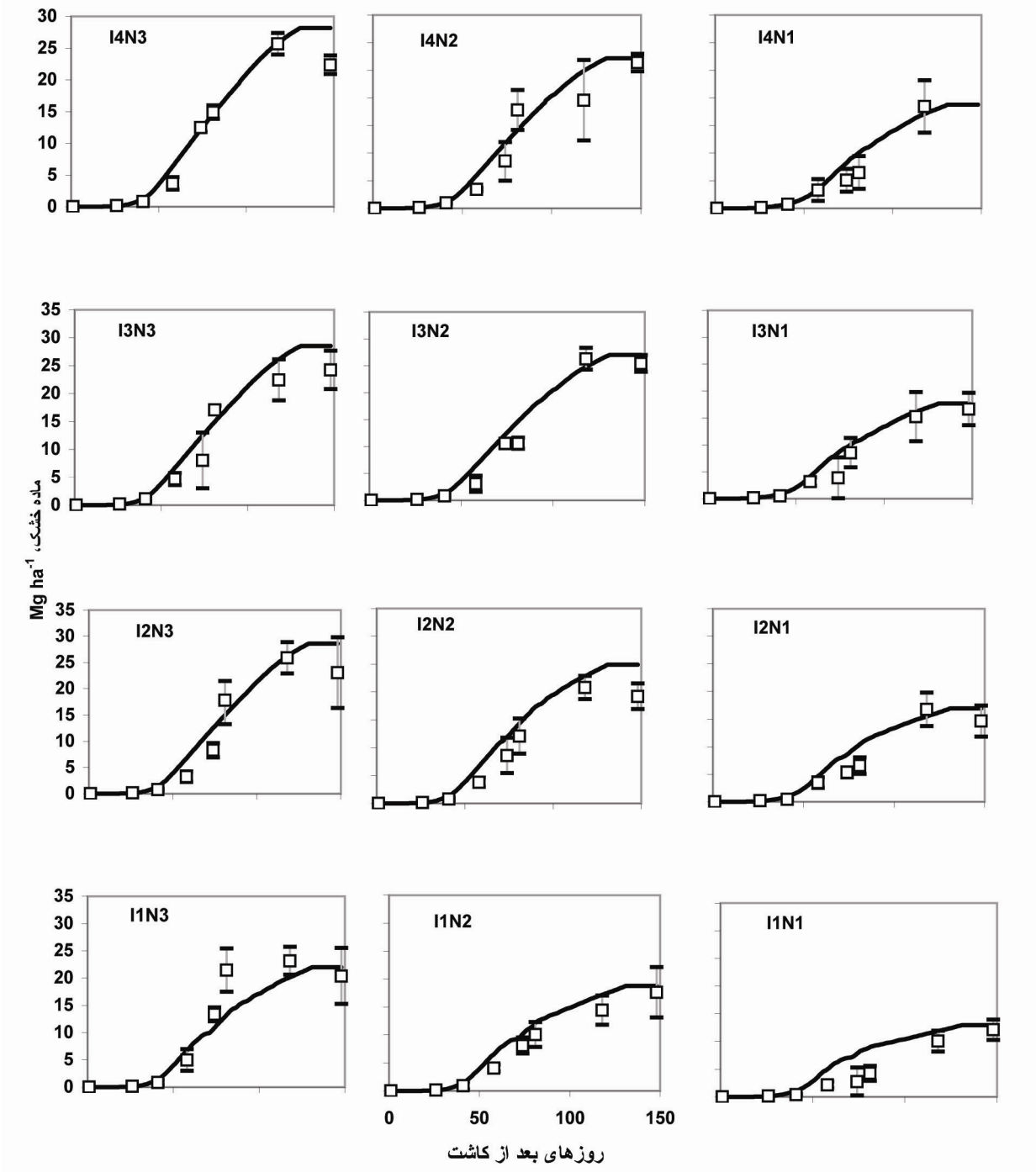
[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.7.1]



شکل ۲. مقایسه متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده و انحراف معیار آنها با مقادیر پیش‌بینی شده ماده خشک تولیدی در قسمت‌های هوایی گیاه در تیمارهای مختلف تا روز برداشت سال اول (▩ اندازه‌گیری شده، ⋀ پیش‌بینی شده).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-05]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.7.1]



شکل ۳. مقایسه متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده و انحراف معیار آنها با مقادیر پیش‌بینی شده ماده خشک تولیدی در قسمت‌های هوایی گیاه در تیمارهای مختلف تا روز برداشت سال دوم (▩ اندازه‌گیری شده، ⌒ پیش‌بینی شده).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-05]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.7.1]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.7.1] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-05]

جدول ۱. مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده ماده خشک تولید شده ذرت در طول دو سال آزمایش با خط یک به یک با استفاده از آزمون F

تیمار	سال اول				سال دوم			
	رابطه رگرسیونی*	R^2	F_{slope}	$F_{intercept}$	رابطه رگرسیونی	R^2	F_{slope}	$F_{intercept}$
I1N1	y=0/73x+2/60	0/75	0/68 ns	0/50 ns	y=1/04x+1/80	0/85	6/20 ns	0/22 ns
I2N1	y=0/92x+1/40	0/94	0/70 ns	0/86 ns	y=1/01x+1/20	0/93	2/90 ns	0/34 ns
I3N1	y=1/15x+0/75	0/97	23/0 s	0/01 ns	y=1/03x+1/01	0/95	3/70 ns	0/42 ns
I4N1	y=1/16x+0/63	0/98	27/0 s	0/00 ns	y=1/00x+0/96	0/95	1/90 ns	0/28 ns
I1N2	y=0/90x+1/33	0/94	0/16 ns	0/54 ns	y=1/10x+0/68	0/99	17/6 s	0/21 ns
I2N2	y=1/02 x+1/24	0/95	8/10 ns	0/02 ns	y=1/20x+0/78	0/98	24/0 s	0/03 ns
I3N2	y=1/07x+1/15	0/98	8/30 ns	0/38 ns	y=0/98x+1/50	0/97	1/30 ns	0/95 ns
I4N2	y=1/19x+0/40	0/91	7/30 ns	0/52 ns	y=1/02x+0/84	0/94	1/70 ns	0/01 ns
I1N3	y=0/80x+1/26	0/86	1/11 ns	0/05 ns	y=0/82x+0/71	0/90	1/68 ns	0/05 ns
I2N3	y=1/11x+1/16	0/89	7/50 ns	0/14 ns	y=1/02x+1/19	0/94	2/30 ns	0/08 ns
I3N3	y=1/09x+0/59	0/96	8/30 ns	0/01 ns	y=1/10x+0/54	0/96	6/80 ns	0/00 ns
I4N3	y=1/06x+0/43	0/97	5/19 ns	0/00 ns	y=1/07x+0/38	0/97	3/60 ns	0/00 ns

ns : مقادیر فوق در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار نیستند.

s : مقادیر فوق در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشند.

F_{slope} : مقدار F محاسبه شده مربوط به مقایسه شیب با شیب خط یک به یک می‌باشد.

$F_{intercept}$: مقدار F محاسبه شده مربوط به مقایسه عرض از مبدأ معادله رگرسیونی با صفر.

*x : مقدار اندازه‌گیری شده ماده خشک و y مقدار پیش‌بینی شده ماده خشک حسب $Mg\ ha^{-1}$ می‌باشد.

کیلومتری شمال شهر شیراز) مدل واسنجی و تأیید شده MSM برای ده سال داده‌های هواشناسی اجرا شد. اطلاعات هواشناسی از سال ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۲ از ایستگاه هواشناسی موجود در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز تهیه گردید. برای این قسمت از پژوهش کود در نظر گرفته شده مشابه تیمار N2 و آب آبیاری به صورت پتانسیل نیاز آبی ذرت در نظر گرفته شد. جهت تعیین محدوده زمانی مناسب کاشت ذرت علوفه‌ای، تعداد ۱۱ تاریخ کاشت از تاریخ ۱۰ اردیبهشت ماه تا ۲۰ مرداد به فاصله ۱۰ روز از هم در نظر گرفته شدند.

مدل ضمن پیش‌بینی ساعتی ماده خشک تولید شده در قسمت‌های هوایی گیاه، میزان تبخیر- تعرق گیاه ذرت را نیز تخمین می‌زند. در این تحقیق کاشت ذرت در اراضی دانشکده کشاورزی از تاریخ ۲۰ اردیبهشت ماه تا ۱۰ تیرماه (۶ تاریخ کاشت مختلف) در نظر گرفته شد. متوسط دبی خالص حسب لیتر بر ثانیه بر هکتار با استفاده از میزان تبخیر- تعرق پیش‌بینی شده توسط مدل با دوره آبیاری ۷ روزه محاسبه گردید. زمین موجود به ۶ قسمت مساوی تقسیم شد و در ۶ تاریخ کاشت متفاوت از ۲۰ اردیبهشت ماه تا ۱۰ تیرماه رشد محصول و مقدار تبخیر و تعرق روزانه گیاه با مدل MSM شبیه‌سازی شد. به دلیل کاهش چشمگیر محصول در تاریخ‌های دیر کاشت (تاریخ‌های ۲۰ تیر به بعد) و به دلیل وجود برخی مشکلات ناشی از زود کاشت (تاریخ‌های قبل از ۲۰ اردیبهشت ماه) در محدوده تاریخ مناسب قرار داده نشدند. بر اساس مقادیر تبخیر- تعرق پیش‌بینی شده در روزهای مختلف بعد از کاشت دبی خالص هر دوره (q^j) از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$q^j = \frac{\sum_{i=1}^{s} ET_i^{j-i+1} \times A}{\Delta T \times A_t} \qquad [۳]$$

که در آن ET_i^{j-i+1} مقدار متوسط تبخیر- تعرق روزانه در قطعه i و در دوره j-i+1 ، A مساحت قطعه، A_t مساحت کل زمینی است که قرار است زیر کشت باشد، s تعداد قطعات و ΔT مدت زمان محاسبه دبی متوسط است که در اینجا دور آبیاری هفت روزه در نظر گرفته شده است (۳ و ۱۱).

زمان برداشت ذرت علوفه‌ای در این منطقه ۹۰ الی ۹۵ روز است (۲). در این پژوهش با در نظر گرفتن تاریخ کاشت ۳۰ اردیبهشت ماه مقدار تابش رسیده به سطح زمین در مدت ۹۰ روز بعد از کاشت (در روز برداشت) برابر ۲۵۰۰ مگاژول بر مترمربع به دست آمد. مدل طوری اصلاح شد تا روز رسیدن به مقدار تابش فوق را روز برداشت و در صورت تأخیر در کاشت و عدم رسیدن به تابش فوق، ۹۵ روز بعد از کاشت را به عنوان روز برداشت در نظر می‌گیرد.

میانگین ماده خشک پیش‌بینی شده از اجرای مدل برای ۱۱ تاریخ کاشت انتخابی با ده سال داده‌های هواشناسی برای اراضی دانشکده کشاورزی در جدول ۲ آورده شده است. حداکثر مقدار ماده خشک پیش‌بینی شده در تاریخ کاشت ۳۰ اردیبهشت ماه است که برداشت آن ۹۰ روز بعد از کاشت برابر با ۱۸/۴۶ تن بر هکتار برآورد شده است. به علت افزایش محصول در تاریخ ۳۰ اردیبهشت این تاریخ به عنوان بهترین تاریخ کاشت ذرت در این منطقه در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده با نرم افزار SAS نشان داد که بین تاریخ‌های کاشت ۲۰ اردیبهشت تا ۳۰ خرداد اختلاف معنی‌داری طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود ندارد. تاریخ ۱۰ اردیبهشت ماه مشابه تاریخ‌های فوق عمل کرده ولی به دلیل سردی خاک عملکرد کمتری نسبت به آنها دارد. تاریخ کاشت ۱۰ تیر ماه نیز مشابه تاریخ ۱۰ اردیبهشت می‌باشد. تاریخ‌های ۲۰ تیر تا ۲۰ مرداد هم با تاریخ‌های فوق و هم با همدیگر دارای اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارند. دلیل کم بودن ماده خشک ذرت در این تاریخ‌ها دریافت نکردن تابش لازم به دلیل تأخیر در کاشت بوده است. تولید ماده خشک معادل ۹/۳۷ تن بر هکتار در این تاریخ‌ها ۲۰ مرداد ممکن است به علت فرارسیدن سرمای پاییزی بوده باشد. این نتایج با نتایج چوکان و مساوات (۱) در منطقه گرگان مطابقت دارد. ایشان نتیجه گرفتند که کاشت ذرت بعد از تاریخ ۱۵ تیر ماه محصول را به شدت کاهش می‌دهد. با این بررسی محدوده مناسب کشت ذرت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-05]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.7.1]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.7.1] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-05]

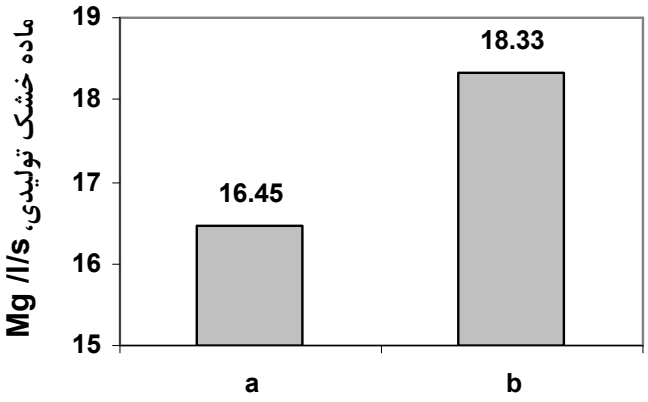
جدول ۲. متوسط ماده خشک تولیدی (DM) در تاریخ‌های مختلف کاشت ذرت علوفه‌ای در مدت ده سال در اراضی دانشکده کشاورزی

عامل	تاریخ کاشت									
	۱۰ اردیبهشت	۲۰ اردیبهشت	۳۰ اردیبهشت	۱۰ خرداد	۲۰ خرداد	۳۰ خرداد	۱۰ تیر	۲۰ تیر	۳۰ تیر	۱۰ مرداد	۲۰ مرداد
DM *، $Mgha^{-1}$	۱۷/۵۵^{ab}	۱۸/۳۶^{a}	۱۸/۴۶^{a}	۱۸/۴۴^{a}	۱۸/۱۸^{a}	۱۷/۸۱^{a}	۱۶/۵۵^{b}	۱۴/۸۲^{c}	۱۳/۷۸^{d}	۱۲/۳۸^{e}	۹/۳۷^{f}

* : مقادیری که در یک حرف مشترک هستند اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد ندارند.

جدول ۳. حداکثر دبی خالص حسب لیتر بر ثانیه بر هکتار در حالت کاشت همه زمین در یک تاریخ ۳۰ اردیبهشت (Q_{p1}) و در حالت کاشت زمین در تاریخ‌های مختلف از ده اردیبهشت تا ده تیر ماه (Q_{p2}) و درصد سطح زیر کشت افزایش یافته، در اثر کاشت در تاریخ‌های مختلف در اراضی دانشکده کشاورزی

عامل	سال محاسبه									
	۱۳۷۳	۱۳۷۴	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	متوسط
Q_{p1}، $l\ s^{-1}ha^{-1}$	۱/۱۲	۱/۰۵	۱/۰۸	۱/۲۰	۱/۰۹	۱/۰۶	۱/۰۸	۱/۱۶	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۱۲
Q_{p2}، $l\ s^{-1}ha^{-1}$	۰/۹۷	۰/۹۲	۰/۹۴	۱/۰۲	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۹۴	۱/۲۰	۰/۹۴	۱/۰۰	۰/۹۸
درصد افزایش	۱۷/۴	۱۷/۱	۱۷/۴	۱۷/۷۱	۱۷/۵۸	۲۰/۴۰	۱۶/۰۲	۱۶/۸۰	۱۸/۱	۲۰/۴۰	۱۷/۹۰



شکل ۴. علوفه خشک پیش‌بینی شده در ۹۰ روز بعد از کاشت به ازای جریان خالص یک لیتر بر ثانیه در حالت‌های کاشت زمین در تاریخ ۳۰ اردیبهشت ماه (a) و در حالت کاشت از تاریخ ۲۰ اردیبهشت ماه تا ۱۰ تیر ماه (b) دراراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

علوفه‌ای در منطقه مورد مطالعه از اواسط اردیبهشت تا اواسط تیرماه تعیین شد.

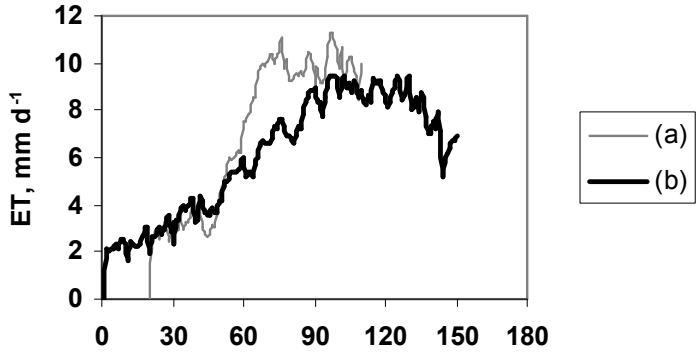
افزایش سطح زیر کشت

برای بررسی امکان افزایش سطح زیر کشت ذرت، ابتدا فرض شد همه زمین در مناسب‌ترین تاریخ کاشت (۳۰ اردیبهشت) کاشته شده باشد. با استفاده از تبخیر- تعرق روزانه پیش‌بینی شده توسط مدل، دبی لازم در زمان‌های مختلف آبیاری در فصل رشد و حداکثر آن تخمین زده شد. در حالت دوم زمین به ۶ قسمت مساوی تقسیم شد و کاشت در هر ۶ قطعه در ۶ تاریخ متفاوت از ۲۰ اردیبهشت تا ۱۰ تیرماه شبیه سازی شد. در این حالت نیز دبی در دوره‌های مختلف محاسبه گردید و حداکثر دبی برای هر سال تخمین زده شد. این محاسبات برای ۱۰ سال مورد مطالعه تکرار شدند. در حالت دوم به دلیل این که حداکثر میانگین دبی خالص دوره ۷ روزه تک تک قطعات به علت کاشت آنها در تاریخ‌های متفاوت در روزهای مختلف اتفاق می‌افتد، بنابراین متوسط حداکثر دبی خالص لازم برای کل زمین در طول دوره رشد، کمتر از مقدار آن در حالت اول گردید. با استفاده از کاهش دبی حاصله از اعمال این روش می‌توان زمین بیشتری را زیر کشت برد. در جدول ۳ حداکثر دبی‌های خالص روزانه در دوره رشد در دو حالت کشت ذرت در اراضی دانشکده کشاورزی آورده شده است. در صورت کاشت تدریجی ذرت در ۶ تاریخ کشت متفاوت در این اراضی می‌توان ۱۷/۹ درصد زمین بیشتری را زیر کشت برد. در شکل ۴ مقدار ماده خشک پیش‌بینی شده در هکتار در دو حالت کاشت زمین در یک تاریخ خاص و کاشت زمین در تاریخ‌های مختلف نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در صورت محدود بودن دبی جریان و در اختیار بودن اراضی کشاورزی، مقدار ماده خشک تولیدی با کاشت تدریجی ذرت در تاریخ‌های مختلف حدود ۱/۹ تن بر لیتر بر ثانیه افزایش یافته است. در شکل ۵ متوسط شدت تبخیر تعرق روزانه برای دو حالت کاشت زمین در یک تاریخ خاص و کاشت تدریجی زمین در تاریخ‌های متفاوت نشان داده شده است. با کاشت تدریجی زمین در تاریخ‌های مختلف، میانگین شدت تبخیر- تعرق روزانه به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است.

از مزایای دیگر کاشت ذرت در تاریخ‌های مختلف می‌توان به برداشت تدریجی متفاوت ذرت در زمان‌های مختلف اشاره کرد که به تدریج علوفه به سیلو حمل می‌شود. این محدوده زمانی دو ماهه بسته به شرایط آب هوایی قابل افزایش می‌باشد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-05]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.7.1]



شکل ۵ . تغییرات زمانی میانگین شدت تبخیر تعرق روزانه (ET) مزرعه ذرت در حالت‌های کاشت زمین در تاریخ ۳۰ اردیبهشت (a) و در حالت کاشت از تاریخ ۲۰ اردیبهشت ماه تا ۱۰ تیر ماه (b) در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

نتیجه‌گیری

مدل MSM با استفاده از داده‌های به دست آمده از کشت ذرت با آبیاری جویچه‌ای در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واسنجی گردید و اعتبار آن با داده‌های اندازه‌گیری شده مستقل در کشت سال دوم سنجیده شد. با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده در اوایل فصل رشد و با توجه به مقادیر مثبت میانگین خطای ماده خشک پیش‌بینی شده، تغییراتی در نحوه تخمین ماده خشک در اوایل فصل رشد در مدل ایجاد شد. نتایج آزمون مقایسه شیب و عرض از مبدأ معادلات رگرسیونی بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده ماده خشک در طول دو سال آزمایش با شیب و عرض از مبدأ خط یک به یک نشان داد، بین عرض از مبدأ مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده ماده خشک در همه موارد و بین شیب آنها در اغلب موارد در طی دو سال آزمایش اختلاف معنی‌داری طبق آزمون F در سطح اطمینان ۹۹ درصد وجود ندارد. در مجموع ارزیابی مدل نشان داد که مدل قادر است ماده خشک را در حد قابل قبولی پیش‌بینی نماید. اعتبار مدل با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده در سال دوم کشت آزمون شد. نتایج حاصله، اعتبار پیش‌بینی مدل را مورد تأیید قرار داد. از این مدل برای تعیین محدوده زمانی مناسب کاشت ذرت علوفه‌ای در اراضی دانشکده کشاورزی استفاده شد و محدوده مناسب کاشت ذرت علوفه‌ای در این منطقه از تاریخ ۲۰ اردیبهشت ماه تا ۱۰ تیر ماه تعیین شد. با استفاده از مقادیر تبخیر- تعرق بالقوه پیش‌بینی شده توسط مدل، دبی خالص بر حسب لیتر بر ثانیه بر هکتار محاسبه شده و با شبیه سازی کاشت تدریجی زمین در تاریخ‌های متفاوت به جای کاشت آن در یک تاریخ خاص، ۱۷/۹ در صد به اراضی زیر کشت اضافه گردید. با اعمال این روش مدیریتی در صورت محدود بودن دبی جریان و در اختیار بودن اراضی کشاورزی، مقدار ماده خشک تولیدی حدود ۱/۹ تن بر هکتار بر لیتر بر ثانیه افزایش یافت. هم‌چنین با کاشت تدریجی زمین در تاریخ‌های مختلف شدت تبخیر- تعرق روزانه به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. از مزایای دیگر این روش می‌توان به برداشت متفاوت ذرت در زمان‌های مختلف اشاره کرد که به تدریج علوفه به سیلو حمل می‌شود. این محدوده زمانی دو ماهه، بسته به شرایط آب و هوایی قابل افزایش می‌باشد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-05]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.7.1]

منابع مورد استفاده

۱. چوکان، ر. و ا. مساوات. ۱۳۷۹. اثر تاریخ کاشت تابستانه (کشت دوم) بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه هیبریدهای ذرت و تعیین روابط بین آنها از طریق تجزیه علیت. نهال و بذر ۱۶:۹۷–۸۸.

۲. کوچکی، ع. ۱۳۸۱. *زراعت در مناطق خشک (غلات، حبوبات، گیاهان صنعتی و گیاهان علوفه‌ای)*. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۰۲ صفحه.

۳. هنر، ت. ۱۳۷۳. واسنجی و اصلاح مدل کامپیوتری مدیریت و برنامه‌بندی آبیاری و تخمین محصول ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد، آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

4. Jones, C. A. and J. R. Kiniry. 1986. The CERES-Maize: A Simulation Model of Maize Growth and Development. Texas A& M Univ. Press, College Station.
5. Popova, Z. and M. Kercheva. 2005. CERES model application for increasing preparedness to climate variability in agricultural planting- calibration and validation test. Phys. and Chem. of the Earth 30: 125-133.
6. Rothgeb, R. G., J. R. Miller and J. L. Newcomer. 1968. Growing Corn in Maryland Agric. Exp. Stn. Bull. 225pp.
7. Swanson S.P. and W. W. Wilhelm. 1996. Planting date and residue rate effects on growth, partitioning and yield of corn. Agron. J. 88:205-210.
8. Van Diepen, C. A., J. Wolfe, H. Van Keulen and C. Rappoldt. 1989. WOFOST a simulation model of crop production. Soil Use Manag. 5: 16-24.
9. Van Genuchten, M. T. H. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. Soil Sci. Soc. Amer. J. 44:892-898.
10. Yang, H. S., A. Dobermann, J. L. Lindquist, D. T. Walters, T. J. Arkebauer and K. G. Cassman. 2004. Hybrid-maize- a simulation model that combines two crop modeling approaches. Field Crop Res. 87: 131-154.
11. Zand-Parsa, SH. 2001. A simulation model for prediction of water and nitrogen effects on corn yield. Ph. D. Thesis, Irrigation Department, Shiraz University.
12. Zand-Parsa, Sh., A. R. Sepaskhah and A. Ronaghi. 2006. Development and evaluation of integrated water and nitrogen model for maize. Agric. Water Manag. 81:227-256.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-02-05]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.3.7.1]