نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۶، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۱، ص. ۵۳-۳۹

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 16, Apr.-May. 2022, p. 39-53

مقاله علمی-پژوهشی

پیش‌بینی عملکرد نیشکر تحت مدیریت‌های مختلف مزرعه با استفاده از مدل Aqua Crop (مطالعه موردی: کشت و صنعت سلمان فارسی)

سید مرتضی مرادیان وفائی[۱]، امیر سلطانی محمدی[۲*]، عبدعلی ناصری[۳]، پیتر وان اوئل[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۸

چکیده

دشت خوزستان به علت داشتن انرژی فوق‌العاده بالای خورشیدی و خاک حاصلخیز از نوع رسوبی دارای استعداد بالقوه و بالایی جهت تولید نیشکر می‌باشد. نیشکر گیاهی چندساله و دارای دوره رشد طولانی و نیاز آبی زیاد است؛ بنابراین اعمال مدیریت صحیح آبیاری با هدف صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش عملکرد نیشکر از اهمیت خاصی برخوردار است. از طرفی مدل‌سازی رشد گیاه ابزار مهمی در ارزیابی اثرات مدیریت مزرعه بر روی عملکرد محصول و در نتیجه آن، تصمیم‌گیری برای روش‌های مدیریتی مناسب می‌باشد. در این تحقیق عملکرد گیاه نیشکر در مزرعه ۲۵ هکتاری واحد کشت و صنعت سلمان فارسی در استان خوزستان در حالت‌های مختلف مدیریت مزرعه، بررسی گردید. هم‌چنین با استفاده از اطلاعات اندازه‌گیری شده، مدل آکواکراپ واسنجی و با استفاده از آن هجده سناریوی مدیریتی (شامل سه حالت مالچ ۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد به ترتیب از جنس آلی و معدنی، دو روش آبیاری شامل سطحی و قطره‌ای و سه سطح کود دهی شامل ۳۰۰، ۳۵۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) برای مزرعه اجرا و نتایج محاسبه شد. نتایج نشان داد افزایش مصرف کود به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش تقریبی ۲/۵ تن محصول در هکتار می‌گردد. استفاده از آبیاری قطره‌ای به‌طور متوسط ۱/۵ تن در هکتار عملکرد محصول را نسبت به آبیاری سطحی افزایش می‌دهد و همچنین استفاده از پوشش مالچ به میزان ۸۰ درصد موجب افزایش ۳/۵ تن محصول در هکتار می‌گردد. نهایتاً بر اساس نتایج حاصله از این پژوهش، بیش‌ترین عملکرد مربوط به سناریو آبیاری قطره‌ای با پوشش مالچ ۸۰ درصد و میزان کود ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. با اعمال این شرایط ۸/۶ تن در هکتار تولید بیوماس افزایش می‌یابد و پیشنهاد می‌گردد در مزارع نیشکر استان خوزستان از این روش استفاده گردد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، آکواکراپ، مالچ، مدیریت مزرعه، نیشکر

مقدمه

با توجه به افزایش جمعیت و لزوم تأمین غذا و حفظ محیط‌زیست، اهمیت دادن به بحران آب در سال‌های اخیر و به‌خصوص ابتدای قرن ۲۱ بیشتر شده است. کاهش منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی و از بین رفتن محیط‌زیست و اکوسیستم‌های آبی از نشانه‌های بحران آب در سطح ایران و جهان است (Mekonnen and Hoekstra, 2014). نتایج پژوهش‌ها حاکی از آن است که از سال ۲۰۰۰ میلادی، ایران در فهرست کشورهای دارای کسری آب قرارگرفته و تا سال ۲۰۳۰ منابع آب تجدیدپذیر کشور کمتر از ۱۵۰۰ مترمکعب برای هر نفر خواهد بود (Yang et al., 2006).

دشت خوزستان به علت داشتن انرژی فوق‌العاده بالای خورشیدی و خاک حاصلخیز از نوع رسوبی دارای استعداد بالقوه و بالایی جهت تولید نیشکر می باشد (نجف آبادی و آسودار، ۱۳۸۸). فصل داشت و آبیاری نیشکر به‌طور عمده در ماه‌های گرم سال و مصادف با دوره کم آبی رودخانه کارون است. نیشکر گیاهی چندساله و دارای دوره رشد طولانی و نیاز آبی زیاد است. این گیاه در طول دوره رشد به آب فراوان احتیاج داشته و از طرفی نسبت به کم‌آبی حساس است و در عین حال ریشه آن به غرقاب شدن در درازمدت سازگاری ندارد،

۱ - دانشجوی دکتری آبیاری زهکشی دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲ - دانشیار گروه آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۳ - استاد گروه آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۴ - دانشیار گروه مدیریت منابع آب دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه واگنینگن، واگنینگن، هلند
(* - نویسنده مسئول: (Email: a.soltani@scu.ac.ir
DOR: 20.1001.1.20087942.1401.16.1.4.1

بنابراین اعمال مدیریت صحیح آبیاری با هدف صرفه جویی در مصرف آب و افزایش عملکرد نیشکر از اهمیت خاصی برخوردار است. نیشکر از نظر نیاز آبی، بعد از برنج پرمصرف‌ترین گیاه و در رتبه دوم قرار دارد. آب موردنیاز نیشکر در اقلیم‌های مختلف بین ۱۱۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی‌متر در سال (معادل ۱۱ الی ۱۵ هزار مترمکعب در هکتار) متغیر است (عباسی و شینی دشتگل، ۱۳۹۵).

مدل سازی رشد گیاه ابزار مهمی در ارزیابی اثرات تنش خشکی بر روی عملکرد محصول و در نتیجه آن، انتخاب تاریخ کشت بهینه و تصمیم‌گیری برای روش‌های مدیریتی مناسب می باشد. یکی از جدیدترین مدل‌های گیاهی مدل آکواکراپ است که توسط فائو توسعه داده‌شده و اساس آن عکس‌العمل عملکرد محصول نسبت به آب مصرفی می‌باشد و با استفاده از متغیرهای اقلیمی، گیاه، خاک و مدیریتی، عملکرد محصول را شبیه‌سازی می‌نماید. مدل مذکور بایستی برای هر محصول و در هر منطقه خاص واسنجی و ارزیابی گردد. این مدل نقش مهمی در مدیریت کشاورزی هوشمند ایفا می‌کند که نه‌تنها اطلاعات کمی در مورد توسعه محصول ارائه می‌دهد، بلکه استراتژی‌های مختلف مدیریت را نیز ارزیابی می‌کند (Zhang, 2019).

استفاده از مدل آکواکراپ در سال‌های اخیر به‌طور گسترده‌ای توسط متخصصان برای ارزیابی عملکرد بسیاری از محصولات از جمله پنبه، گندم، ذرت، سیب‌زمینی، برنج و نیشکر در نقاط مختلف دنیا مورداستفاده قرار گرفته است که از آن جمله می توان به تحقیقات گلابی و ناصری (۱۳۹۴)، امداد و تافته (۱۴۰۰)، هراث و همکاران (Herath et al., 2014)، کریمی و همکاران (karimi et al., 2019) و سبزیان و همکاران (sabzian et al., 2021) ، هی و همکاران (He et al., 2021) و وانگ و همکاران اشاره کرد (Wang et al., 2015).

آزمایشات متعددی در رابطه با دقت مدل آکواکراپ برای گیاهان مختلف در مناطق مختلف جهان انجام شده است. به‌عنوان‌مثال این مدل با استفاده از داده‌های تجربی شش فصل زراعی بر روی ذرت در دانشگاه کالیفرنیا مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که زیست‌توده و عملکرد محصول در شرایط مختلف تراکم بوته، تاریخ کاشت و نیاز آبی با دقت مناسبی شبیه‌سازی می‌شود (Hsiao et al., 2009).

محققین در پژوهشی به‌منظور پیش‌بینی عملکرد نیشکر و شوری پروفیل خاک تحت تنش شوری در جنوب خوزستان از مدل آکواکراپ استفاده کردند. ایشان پس از کالیبره کردن مدل، پیش‌بینی عملکرد محصول را توسط آن انجام داده و نتایج نشان داد این مدل توانایی مناسبی برای پیش‌بینی نیشکر تحت تنش شوری دارد (گلابی و ناصری، ۱۳۹۴).

همچنین در تحقیق به‌منظور بررسی کارایی مدل آکواکراپ در تعیین زمان آبیاری گیاه نیشکر و پایش آن با شاخص تنش آبی گیاه در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در اراضی کشت و صنعت نیشکر دعبل خزاعی پژوهشی در جنوب اهواز انجام شد. واسنجی لازم برای تعیین دقت مدل در زمان آبیاری گیاه نیشکر شامل بررسی شاخص تنش آبی گیاه با دماسنج مادن قرمز بود که این واسنجی نشان داد، مدل آکواکراپ در تعیین زمان آبیاری گیاه نیشکر از قدرت شبیه‌سازی نسبتاً بالایی برخوردار می‌باشد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۸).

کارایی مدل آکواکراپ در منطقه خوزستان و برای گیاه نیشکر تحت سناریوهای کم آبیاری توسط پژوهشگران موردبررسی قرار گرفت. ایشان برای انجام این پژوهش چهار سناریو آبیاری شامل ۷۰، ۸۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه را بررسی نمودند. نتایج بررسی شاخص‌های آماری نشان داد مدل کارایی مطلوب در برآورد عملکرد محصول را دارد (Bahmani and Eghbali, 2018).

هم‌چنین این مدل برای شبیه‌سازی محصول زمستانه گندم در دشت شمالی چین واسنجی و صحت سنجی گردید. نتایج نشان داد که عملکرد محصول و زیست‌توده در شرایط مختلف کم آبیاری با دقت مناسبی توسط مدل برآورد می‌شود (Egbal et al., 2014).

در پژوهشی قابلیت مدل آکواکراپ در شبیه‌سازی محصول نیشکر، تحت سناریوهای آبی و کود متفاوت در کشت و صنعت امیرکبیر موردبررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که این مدل قادر است به‌خوبی عملکرد محصول و میزان زیست‌توده را شبیه‌سازی کند (Haghnazari et al., 2020).

همچنین این مدل در منطقه پاکدشت برای پیش‌بینی عملکرد جو در شرایط کم‌آبیاری نتایج قابل‌قبولی ارائه داد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۸).

مدل آکواکراپ نیز برای شبیه‌سازی عملکرد سیب‌زمینی، ماده خشک و مقدار آب خاک در شرایط مختلف تنش آبی اجرا گردید. نتایج نشان دادند که این مدل قابلیت بالایی در شبیه‌سازی دارد (Razzaghi et al., 2017).

نونس و همکاران نشان دادند که مدل آکواکراپ به‌صورت مناسبی عملکرد نخودفرنگی و تولید بیوماس را تحت آبیاری‌های مختلف شبیه‌سازی کند و دقت بالایی دارد (Nunes et al., 2021).

آدرتو و همکاران راهکار کاهش مصرف آب را در تولید نیشکر در جنوب آفریقا بررسی کردند. ایشان برای این کار تأثیر سیستم‌های مختلف مالچ پاشی و آبیاری خاک را موردمطالعه قراردادند. یافته‌ها نشان داد که مصرف آب برای نیشکر با پوشش مالچ ضخیم به میزان قابل‌توجهی کمتر از آبی است که با پوشش مالچ سبک رشد می‌کند. مصرف آب نیشکر در آبیاری قطره‌ای ۸ تا ۱۰ مترمکعب در تن به دلیل راندمان کاربرد بیشتر کمتر از سایر روش‌ها بود. همچنین بهره‌وری اقتصادی استفاده از آب برای نیشکر در آبیاری قطره‌ای نیز بیشتر بود (Adetoro et al., 2020).

در پژوهشی آزمایش‌های کودآبیاری در یکی از مزارع کشت و

صنعت نیشکر دهخدا برای افزایش بهره‌وری آب، بهبود مدیریت مصرف کود و کاهش مصرف کود اوره اجرا گردید. آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد و شامل سه تیمار تقسیط کود بود. نتایج نشان دادند که فاکتور تقسیط تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر صفات کمی و کیفی نیشکر دارد. به‌طوری‌که میانگین همه صفات کمی و کیفی موردمطالعه در تیمارهای چهار تقسیطی در رتبه اول قرار گرفتند (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴).

همچنین به منظور بررسی اثر تعداد تقسیط و سطوح مختلف کود اوره در روش کودآبیاری جویچه ای نیشکر بر عملکرد و برخی صفات کمی و کیفی نیشکر، آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار، انجام شد که نتایج نشان داد مدیریت بهینه مصرف کود می‌تواند به کاهش میزان کود مصرفی و درنتیجه آب شویی کمتر نیتروژن در کشت و صنعت‌های نیشکری بینجامد (سلامتی و همکاران، ۱۳۹۴).

با توجه به اهمیت گیاه نیشکر در خوزستان به دلیل سطح کشت وسیع (حدود ۱۰۰ هزار هکتار) و نیاز آبی بالای این گیاه، بدیهی است که مدیریت صحیح آبیاری با هدف صرفه جویی در مصرف آب و افزایش عملکرد آن از اهمیت خاصی برخوردار است و دست‌یابی به روش مدیریتی صحیح می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش مصرف آب توسط این محصول گردد.

در زمینه مدیریت مصرف آب تحقیقات بسیاری صورت گرفته است که بخشی از آن‌ها روی گیاه نیشکر تمرکز داشته‌اند. علیرغم این پژوهش‌ها تاکنون در ایران مطالعه جامعی درباره بررسی اثر مدیریت‌های مختلف مزرعه بر عملکرد نیشکر با استفاده از مدل آکواکراپ صورت نگرفته است. بنابراین در این پژوهش عملکرد نیشکر در سناریوهای مختلف مدیریت مزرعه توسط مدل آکواکراپ شبیه‌سازی گردید (شامل سه حالت مالچ ۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد، دو روش آبیاری قطره‌ای و سطحی، سه سطح کود دهی ۳۰۰، ۳۵۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) و در نهایت با مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از این مدل، بهترین سناریو مشخص گردید.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، جهت دستیابی به اهداف، گیاه نیشکر در شرایط مزرعه، به مدت یک سال زراعی (از مردادماه سال ۱۳۹۷ تا بهمن‌ماه ۱۳۹۸) کشت و اندازه‌گیری‌های لازم در ابتدا، طول و انتهای دوره کشت در مزرعه و آزمایشگاه انجام گردید.

شرکت کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی با مساحت ۱۲۷۰۰ هکتار، یکی از واحدهای هفت‌گانه شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان است که در کیلومتر ۴۰ جاده اهواز- آبادان واقع شده (شکل ۱) و بهره‌برداری از آن در سال ۱۳۸۳ شروع شده است. اندازه‌گیری پارامترهای موردنیاز جهت این پژوهش در یک مزرعه به مساحت ۲۵ هکتار (۱۰۰۰ متر طول، ۲۵۰ متر عرض) انجام گردیده است. در مزارع کشت و صنعت سلمان فارسی تخلیه زهکش‌های زیرزمینی به‌صورت آزاد بوده و عمق لترال‌های زهکشی ۱.۸۰ متر از سطح زمین می‌باشد.

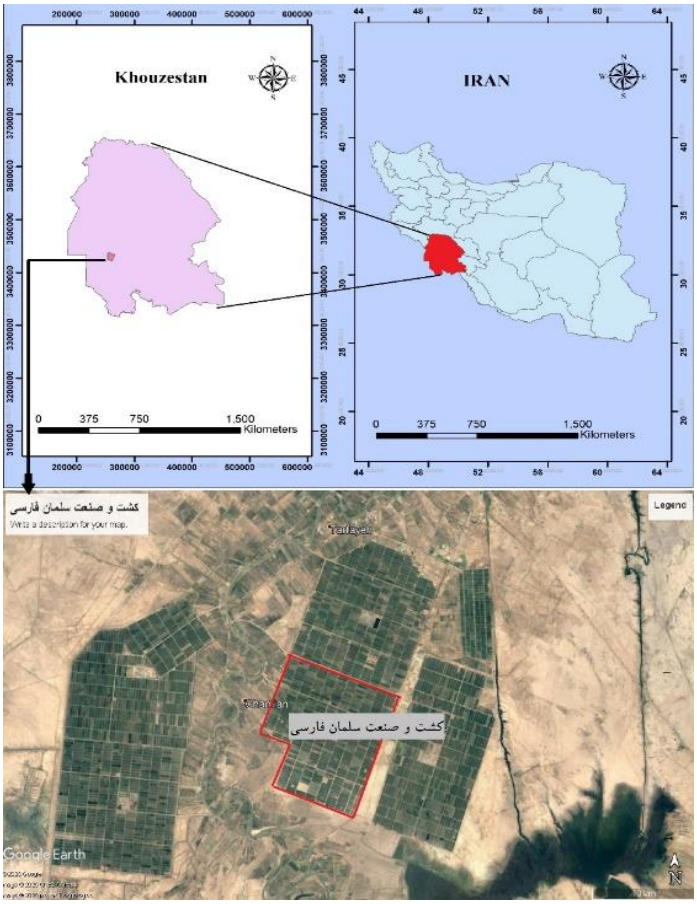
در مزارع موردپژوهش ضریب هدایت آبی اشباع (K) ۱ $m.day^{-1}$، ضریب زهکشی (q) ۶ $mm.day^{-1}$ و عمق لایه غیرقابل نفوذ (D) ۴m می‌باشد. بافت خاک عموماً از جنس لومی رسی شنی و رسی شنی می‌باشد که مشخصات آن در جدول ۱ آمده است. داده‌های هواشناسی موردنیاز جهت اجرای مدل با استفاده از اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی واحد کشت و صنعت سلمان فارسی در طی دوره رشد اخذ گردیدند (جدول ۳). همچنین لازم به ذکر است میزان تبخیر در این ایستگاه با استفاده از تشت تبخیر کلاس A اندازه‌گیری شده است.

روش آبیاری

آبیاری مزارع نیشکر با آب رودخانه کارون با متوسط هدایت الکتریکی آن ۲/۶ دسی زیمنس بر متر انجام شد. لازم به ذکر است هدایت الکتریکی مناسب آب آبیاری برای تولید حداکثر محصول برای گیاه نیشکر ۱/۱ دسی زیمنس بر متر است (Doorenbos and Kassam, 1979). آب از رودخانه با کانال بتنی روباز منتقل می‌شود و سپس با استفاده از سیستم کم‌فشار مورداستفاده قرار می‌گیرد. در این سیستم آبیاری سطحی آب به مخزنی که ۵ متر ارتفاع دارد (برای تأمین هد آب) و سپس توسط لوله‌هایی که زیر زمین تعبیه شده‌اند به تانک آب بتنی کوچک منتقل و از آنجا توسط هیدروفلوم و سوپاپ نصب‌شده روی آن به فاروها (به طول ۲۵۰ و عرض ۱/۸۴ متر) می‌ریزد. برای تأمین آب مزارع این لوله‌ها به موازات طول مزرعه قرار گرفته‌اند.

جدول ۱- اطلاعات خاک مزرعه موردمطالعه

نام مزرعه	بافت خاک	عمق لایه (cm)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	مواد آلی (%)	EC_e (dS/m)	pH
L7-5	S.C.L	۴۰-۰	۵۹/۷	۱۷/۶	۲۲/۱	۱/۴۱	۰/۳۳	۴/۱	۷/۶
L7-5	S.C.L	۸۰-۴۰	۵۱/۵	۲۰/۳	۲۸/۳	۱/۴۵	۰/۳۲	۴/۰	۷/۶
L7-5	S.L	۱۲۰-۸۰	۵۵/۳	۲۸/۱	۱۸/۹	۱/۴۶	۰/۲۹	۴/۲	۷/۶



شکل ۱- موقعیت مکانی منطقهٔ موردمطالعه

برای تعیین دور آبیاری از اندازه‌گیری رطوبت غلاف برگ استفاده می‌شود. بدین ترتیب که از هر ۴ مزرعه یک مزرعه به‌عنوان نمونه انتخاب گردیده و در این مزارع منتخب نیز ۵ ایستگاه (کراپ لاگ) مشخص شده است. اندازه‌گیری میزان رطوبت غلاف برگ در هر مزرعه از ساعت ۸ الی ۹ صبح هر روز در ۵ نقطه کراپ لاگی انجام می‌گردد و نمونه‌های برداشت‌شده به آزمایشگاه منتقل می‌گردند. سپس با استفاده از رابطه ۱ رطوبت غلاف به دست می‌آید.

$$VWC = \frac{FW - DW}{DW} * 100 \quad (۱)$$

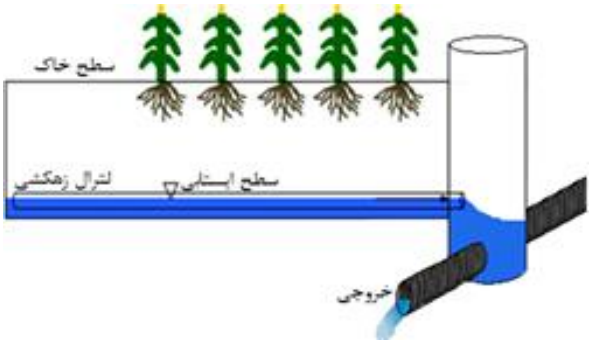
که در آن VWC درصد رطوبت گیاه، FW وزن تر گیاه و DW وزن خشک گیاه است. اگر رطوبت غلاف برگ نیشکر کمتر از ۷۵ درصد باشد، در گیاه علائم تنش نمایان می‌گردد. در طول فصل رشد هر هفته چند نوبت (با توجه به دوره رشد) نمونه‌گیری جهت اندازه‌گیری میزان رطوبت غلاف برگ انجام می‌شود و با بررسی میزان رطوبت در هر زمان، میزان کمبود رطوبت مشخص گردیده و سپس از طریق آبیاری کمبود رطوبت جبران می‌گردد. به‌طورکلی نیشکر در طول دوره کاشت ۲۲ نوبت آبیاری می‌گردد. مقدار آب ورودی به مزرعه از روش حجمی و با استفاده از ظرف مدرج و زمان‌سنج انجام شد. روش اندازه‌گیری به این شکل بود که دریچه‌هایی که باز بوده و آب از آن ها خارج می‌گردید شمرده شده و به ۵ قسمت تقسیم می‌شدند. از هر قسمت یک دریچه (میانی) انتخاب و میزان حجم آب خروجی با استفاده از زمان سنج و ظرف مدرج ۳ نوبت اندازه‌گیری شده و میانگین آن ثبت می‌گردید. فواصل زمانی آبیاری در مزارع به شرح جدول ۲ می‌باشد که در مجموع طی دوره رشد نیشکر میزان آب استفاده‌شده برای مزرعه ۱۶۴۰ میلی‌متر به دست آمد.

جدول ۲- فواصل آبیاری مزارع نیشکر در دوره رشد-روز

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
فواصل آبیاری	۱۰-۱۵	۸-۱۲	۵-۷	۶	۵-۷	۸-۱۰
ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
فواصل آبیاری	۱۰-۱۲	۱۵-۲۰	۲۰-۲۵	۳۰	۳۰	۱۵-۲۰

جدول ۳-آمار میانگین ماهانه پارامترهای هواشناسی کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی در طول دوره تحقیق

ماه	میانگین درجه حرارت (C)			درصد رطوبت نسبی	میزان تبخیر(mm)	ساعات آفتابی	بارندگی(mm)
	حداقل	حداکثر	میانگین				
مرداد	۲۶.۱	۴۵.۶	۳۵.۸	۳۹.۳	۴۹۵.۷	۳۰۰.۰	۰.۰
شهریور	۲۴.۵	۴۵.۳	۳۴.۹	۴۹.۰	۳۲۷.۱	۲۶۱.۰	۰.۰
مهر	۲۰.۹	۳۸.۸	۲۹.۹	۵۰.۳	۲۳۳.۷	۱۹۷.۳	۹.۸
آبان	۱۵.۳	۲۶.۶	۲۰.۹	۷۱.۷	۹۳.۶	۱۷۱.۷	۳۵.۶
آذر	۱۱	۲۱.۶	۱۶.۳	۸۰.۴	۵۵.۹	۱۴۵.۱	۷۷.۳
دی	۷.۲	۱۷.۴	۱۲.۳	۷۹.۸	۴۸.۸	۱۲۷.۴	۲۸.۰
بهمن	۷.۶	۲۰.۰	۱۳.۸	۷۱.۶	۷۹.۵	۱۸۵.۳	۲۴.۴
اسفند	۹.۲	۲۲.۸	۱۶.۰	۶۴.۹	۱۳۴.۳	۲۳۰.۳	۱۲.۵
فروردین	۱۵.۴	۲۹.۲	۲۲.۳	۵۹.۴	۱۹۰.۶	۱۹۵.۲	۱۷.۱
اردیبهشت	۱۹.۰	۳۴.۹	۲۶.۹	۴۸.۶	۲۸۳.۲	۳۰۵.۳	۱.۳
خرداد	۲۶.۱	۴۴.۵	۳۵.۳	۴۲.۳	۴۴۲.۸	۳۶۵.۶	۰.۰
تیر	۲۶.۳	۴۵.۲	۳۵.۷	۳۸.۵	۵۲۹.۰	۳۵۴.۳	۰.۰
مرداد	۲۶.۳	۴۵.۱	۳۵.۷	۳۹.۸	۴۹۸.۰	۳۳۱.۶	۰.۰
شهریور	۲۴.۱	۴۳.۸	۳۳.۹	۴۷.۱	۳۴۸.۰	۳۱۸.۴	۰.۰
مهر	۲۱.۸	۳۹.۳	۳۰.۵	۵۲.۹	۲۰۹.۴	۲۴۷.۵	۰.۰
آبان	۱۴.۱	۲۷.۷	۲۰.۹	۶۴.۶	۱۱۵.۴	۲۰۰.۵	۵۱.۷
آذر	۱۰.۳	۲۰.۰	۱۵.۲	۸۰.۷	۵۸.۰	۱۲۹.۸	۸۶.۹
دی	۷.۴	۲۰.۰	۱۳.۷	۷۰.۰	۵۸.۴	۲۱۵.۵	۲.۱
بهمن	۶.۳	۱۹.۳	۱۲.۸	۶۸.۰	۸۹.۳	۲۰۸.۵	۲۰۶



شکل ۲- زهکشی مزارع

-سیستم زهکشی

مزرعه موردنظر دارای سیستم زهکشی آزاد می‌باشد که سطح ایستابی را در عمق ۱۸۰ سانتیمتری از سطح خاک نگه می‌دارد. هر مزرعه دارای ۴ لترال به فواصل ۶۰ متر می‌باشد که به کلکتورهای مجاور مزرعه تخلیه می‌گردند. در شکل (۲) نمای شماتیک زهکشی مزارع نشان داده شده است.

-تشریح مدل آکواکراپ

در این پژوهش از نسخه 6.1 مدل اکواکراپ استفاده شد این مدل مقدار عملکرد محصول را بر اساس رابطه (۲) شبیه‌سازی می‌کند.

$$B = WP^*_{adj} \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{T_r}{ET_o}\right) \quad (۲)$$

که در این رابطه B توده گیاهی به‌عنوان عملکرد گیاه بر حسب (ton/ha)، WP_{adj} بهره‌وری مصرف آب که توسط تبخیر تعرق مرجع و غلظت دی‌اکسید کربن (۳۶۹ PPM) اصلاح و نرمال شده است و بر حسب (Kg/m^3)، T_r تعرق گیاه بر حسب (mm/day) و ET_0 تبخیر تعرق گیاه مرجع بر حسب (mm/day) می‌باشد. این مدل با استفاده از متغیرهای اقلیمی، گیاه، خاک و مدیریتی، عملکرد محصول را شبیه‌سازی می‌نماید و باید برای هر محصول و در هر منطقه خاص واسنجی و ارزیابی گردد. بدین منظور ابتدا با استفاده از داده‌های

به‌دست‌آمده از مزرعه، مدل واسنجی گردید و پس از اصلاح ضرایب (که در جدول ۵ به آن‌ها اشاره شده است)، از آن جهت پیش‌بینی تولید محصول در شرایط آبیاری متفاوت (سناریوهای مختلف) استفاده شد.

در این پژوهش از مدل برای پیش‌بینی تولید محصول در سناریوهای مختلف (۱۸ سناریو) استفاده شده است (جدول ۴).

چشم پوشی از آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در شبیه‌سازی رشد گیاهان زراعی از فرضیه‌های حاکم بر مدل آکواکراپ است. همچنین لازم به ذکر است وضع موجود اغلب مزارع نیشکر در این کشت و صنعت شامل سیستم آبیاری سطحی، بدون استفاده از مالچ و میزان کود ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد.

جدول ٤-سناریوهای مدیریتی مختلف

ردیف	متغیر	تعداد	توضیحات	خصوصیات سناریو
۱	نوع سیستم آبیاری	۲	سطحی قطره‌ای	جویچه‌ای- روش مرسوم در کشت و صنعت با سطح خیس شدگی ۳۰ درصد
۲	مالچ	۳	بدون مالچ مالچ معدنی ۸۰٪ مالچ آلی (بقایای نیشکر) ۱۰۰٪	روش مرسوم در کشت و صنعت پوشش بستر جویچه‌ها پوشش کامل سطح خاک
۳	کود اوره	۳	۳۰۰ – میزان کود اوره بر حسب کیلوگرم در هکتار ۳۵۰ – میزان کود اوره بر حسب کیلوگرم در هکتار ۴۰۰ – میزان کود اوره بر حسب کیلوگرم در هکتار	دو تقسیطی: نیمه دوم اردیبهشت ۶۰٪ و نیمه اول تیر ۴۰٪ و در هر دومرتبه به‌صورت محلول در آب و همراه با آبیاری

برای سنجش اعتبار و درستی نتایج شبیه‌سازی مدل از آماره‌های ضریب تعیین (R^2)[1] و میانگین مربعات خطای نرمال شده (NRMSE)[2] استفاده شد (روابط ۳ و ۴).

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - \bar{O})^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2} \quad (۳)$$

$$NRMSE = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{n}\right)^{\frac{1}{2}} \times \frac{100}{\bar{O}} \quad (۴)$$

در این روابط P_i مقادیر پیش‌بینی‌شده، O_i مقادیر اندازه‌گیری شده، n تعداد نمونه‌ها و $\bar{O}$ مقدار متوسط پارامتر مشاهده شده است. چنانچه تمام مقادیر پیش‌بینی و اندازه‌گیری شده با هم برابر شود، مقدار عددی R^2 برابر ۱ و NRMSE برابر صفر خواهد شد (Moriasi et al.. 2007).

-داده‌های ورودی موردنیاز مدل

ورودی‌های مدل شامل چهار دسته اطلاعات هواشناسی، گیاه، مدیریتی و خاک است. جدول ۵ فهرست داده‌های موردنیاز هر بخش را نشان می‌دهد.

داده‌های هواشناسی موردنیاز جهت اجرای مدل با استفاده از اطلاعات ثبت‌شده در ایستگاه هواشناسی واحد کشت و صنعت سلمان فارسی در طی دوره رشد اخذ گردیدند. همچنین میزان دی‌اکسید کربن موجود در اتمسفر به‌صورت پیش‌فرض از سال ۱۹۰۲ تا ۲۰۹۹ موجود است (گلابی و ناصری، ۱۳۹۴). داده‌های گیاهی موردنیاز مدل شامل پارامترهای ثابت و ویژه کاربر است. مقادیر پارامترهای گیاهی ثابت با گذشت زمان یا موقعیت جغرافیایی تغییر نمی‌کند و برای گیاهان زراعی مهم به‌صورت پیش‌فرض در مدل وجود دارد. علاوه بر پارامترهای ثابت، برخی اطلاعات موردنیاز برای اجرای شبیه‌سازی، به گونه و محصول زراعی بستگی دارد یا طبق شرایط مدیریتی و محیطی مختلف، مقادیر متفاوتی را داراست که پارامترهای مخصوص کاربر نامیده می‌شود. از جمله این پارامترها می‌توان تاریخ و تراکم کشت، زمان رسیدن مراحل فنولوژیکی گیاه و حداکثر عمق ریشه را نام برد که برای هر ناحیه و محصول با توجه به شرایط خاص خود متغیر است و کاربر تعیین می‌کند (گلابی و ناصری، ۱۳۹۴).

داده‌های مدیریتی در این پژوهش شامل کود، مالچ و آبیاری می‌شود که در سناریوها (جدول ۴) به میزان آن‌ها اشاره شده است. اطلاعات خاک نیز بر اساس آزمایشات صورت گرفته و مشخصات جدول ۱ در مدل وارد گردیده‌اند.

پس از آماده‌سازی مدل با استفاده از حالت مرسوم کشت در مزارع نیشکر، سناریوهای ذکرشده اجرا و نتایج آن در جداول ۸ و ۹ آورده شده است. برای مشخص شدن تمایز بین نتایج اجرای سناریو با حالت مرسوم کشت مزارع در ستون‌های انتهایی جداول ذکرشده تغییرات عملکرد و زیست‌توده به تفکیک نشان داده شده‌اند.

نتایج و بحث

به‌منظور شبیه‌سازی میزان عملکرد محصول نیشکر تحت سناریوهای ذکرشده، ابتدا مدل AquaCrop نسبت به پارامترهای

1- Coefficient of determination
2- Normal Root Mean Square Error

گیاهی بکار رفته در مدل واسنجی شد. هدف از واسنجی مدل تنظیم ضرایب مربوط به گیاه جهت استفاده از آن است. جدول ۶ نتایج واسنجی مدل را نشان می‌دهد.

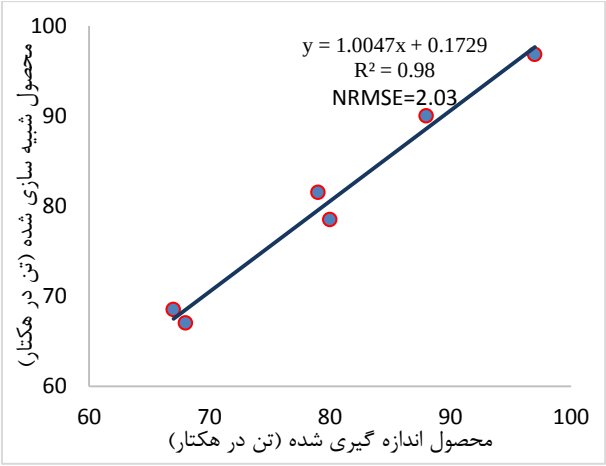
پس از واسنجی مدل، شبیه‌سازی میزان محصول با مدل انجام گرفت و نتیجه صحت‌سنجی و آماره‌های ضریب تعیین (R^2) و میانگین مربعات خطای نرمال شده (NRMSE) در شکل ۳ قابل‌ملاحظه است.

جدول ۵- داده‌های ورودی مدل AquaCrop

ورودی‌های مدل AquaCrop			
داده‌های هواشناسی	**داده‌های مربوط به گیاه**	**داده‌های مدیریتی**	**داده‌های خاک**
حداقل دما	پارامترهای ثابت	مدیریت آبیاری	بافت خاک
حداکثر دما	پارامترهای ویژه کاربر	مدیریت زراعی	تعداد لایه‌های خاک
بارش			هدایت هیدرولیکی اشباع
تبخیر تعرق روزانه گیاه مرجع			رطوبت حجمی در حد اشباع
غلظت دی‌اکسید کربن موجود در جو			ظرفیت زراعی
			نقطه پژمردگی

جدول ٦- پارامترهای گیاهی به‌کاررفته در مدل AquaCrop برای شبیه‌سازی عملکرد نیشکر

پارامتر گیاهی	مقدار	واحد	روش تعیین
دمای پایه T_{base}	۹	$^{\cdot}c$	واسنجی
دمای بالا T_{upper}	۳۲	$^{\cdot}c$	واسنجی
پوشش کانوپی اولیه در زمان تکمیل ۹۰٪ سبز شدن CC_0	۷.۳	cm^2	واسنجی
ضریب رشد کانوپی CGC	۲.۳	%/day	پیش‌فرض
حداکثر کانوپی گیاه CC_x	۹۵	%	واسنجی
ضریب کاهش کانوپی CDC	۰.۰۹۶	%/day	پیش‌فرض
ضریب تعرق گیاهی برای پوشش کامل Kc_{trx}	۱.۳	-	پیش‌فرض
آستانه بالای تخلیه رطوبتی خاک برای گسترش کانوپی P_{upper}	۰.۵۵	-	پیش‌فرض
آستانه پایین تخلیهٔ رطوبتی خاک برای گسترش کانوپی P_{lower}	۰.۲۵	-	پیش‌فرض
فاکتور شکل ضریب تنش آبی خاک برای گسترش کانوپی	۳	-	پیش‌فرض



شکل ۳- شبیه‌سازی محصول نیشکر با مدل Aqua Crop

جدول ۷- عملکرد محصول (زیست‌توده) برداشت‌شده از مزرعه

مزرعه	واریته	سن	مساحت	عملکرد (ton/ha)					
L7-05	CP-69-1062	PC	۲۵	۷۹	۹۷	۸۰	۶۷	۸۸	۶۸

پس از انجام عملیات برداشت، میزان محصول از مزرعه ۹۷/۹ تن در هکتار برداشت شد. مطابق نمودار ۱ آماره R^2 که نسبت پراکندگی را بین مقادیر پیش‌بینی‌شده و اندازه‌گیری نشان می‌دهد، ۰/۹۸ به‌دست آمد که توانایی مناسب مدل را در شبیه‌سازی محصول نشان می‌دهد. مقدار NRMSE نیز ۲/۰۳ می‌باشد که طی تقسیم‌بندی این نمایه، اعداد کوچک‌تر از ۱۰ نشان‌دهنده عملکرد مناسب مدل است. اسکندری‌پور و همکاران (۱۳۹۸) برای پیش‌بینی عملکرد گوجه‌فرنگی پارامترهای آماری ضریب تعیین و خطای نرمال شده به ترتیب برابر با ۰/۹۹ و ۰/۵۲ درصد گزارش کردند. گلابی و ناصری (۱۳۹۴) مقادیر ضریب تعیین و خطای نرمال شده را برای شبیه‌سازی محصول نیشکر در شرایط شوری توسط مدل آکوکراپ به ترتیب برابر با ۰/۹۷ و ۰/۰۸ برای تیمارهای مختلف به‌دست آوردند.

در جدول ۸ و ۹ به ترتیب نتایج حاصل از شبیه‌سازی عملکرد محصول توسط مدل آکواکراپ تحت سناریوهای ذکرشده در حالت آبیاری سطحی و قطره‌ای نشان داده شده است. شبیه‌سازی شامل دو بخش ماده خشک و زیست‌توده است.

جهت تبیین دقیق‌تر این موضوع که هر سناریو به چه میزان بر محصول مزرعه اثرگذار است، در جداول ۸ و ۹ ردیف‌های تغییرات جهت مقایسه با وضعیت موجود مزارع آورده شده است.

در شکل‌های ۴ تا ۹ نتایج حاصل از شبیه‌سازی روند تولید محصول توسط مدل آکواکراپ تحت سناریوهای ذکرشده نشان داده شده است. شبیه‌سازی شامل دو بخش ماده خشک و زیست‌توده است.

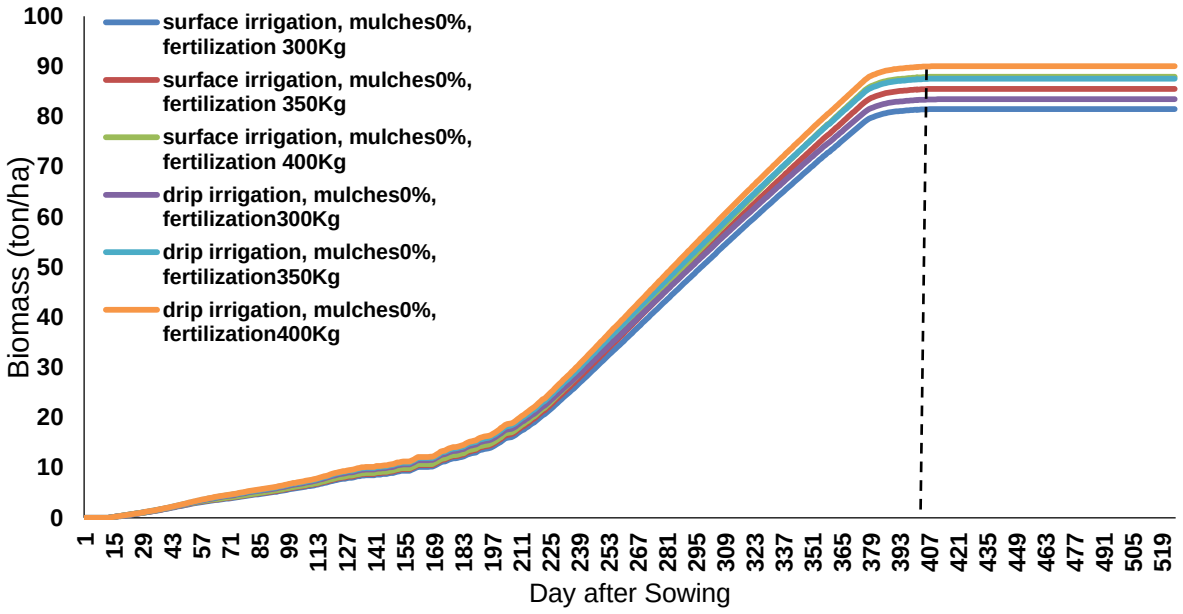
همان‌گونه که در نمودارها ملاحظه می‌گردد رفتار یکسانی در شبیه‌سازی عملکرد نیشکر در تمام سناریوها در طی دوره رشد نیشکر مشهود است. گرمای هوا و رطوبت کافی در خاک منجر به جوانه‌زنی قلمه های نیشکر در اواخر شهریورماه در شرایط خوزستان می گردد. پس از کشت و تا اوایل آبان ماه هنگامی‌که درجه حرارت رو به کاهش می‌رود فقط بخش کمی از رشد نیشکر در مزارع انجام می پذیرد. از این زمان تا اسفندماه تقریباً ماده خشک چشم‌گیری تولید نشده و رشد بسیار کم می‌باشد. درجه حرارت هوا در نیمه دوم اسفندماه افزایش یافته و فعالیت نیشکر مجدداً شروع شده تا اینکه در اوایل اردیبهشت‌ماه عملاً رشد مؤثر گیاه نیشکر آغاز می‌گردد.

جدول ۸- نتایج حاصل از شبیه‌سازی عملکرد نیشکر توسط مدل آکواکراپ تحت سناریوهای آبیاری سطحی

سناریو		زیست‌توده (ton/ha)	عملکرد ماده خشک(ton/ha)	تغییرات زیست‌توده (%)	تغییرات عملکرد ماده خشک (ton/ha)
پتانسیل ۰٪	آبیاری سطحی، میزان کود ۳۰۰ کیلوگرم	۸۱.۵۱	۳۲.۶۰	۰.۰۵-	۱.۶۱-
	آبیاری سطحی، میزان کود ۳۵۰ کیلوگرم	۸۵.۵۳	۳۴.۲۱	۰.۰۰	۰.۰۰
	آبیاری سطحی، میزان کود ۴۰۰ کیلوگرم	۸۷.۹۵	۳۵.۱۸	۰.۰۳	۰.۹۷
پتانسیل ۸۰٪	آبیاری سطحی، میزان کود ۳۰۰ کیلوگرم	۸۶.۰۵	۳۴.۴۲	۰.۰۱	۰.۲۱
	آبیاری سطحی، میزان کود ۳۵۰ کیلوگرم	۹۰.۳۴	۳۶.۱۴	۰.۰۶	۱.۹۲
	آبیاری سطحی، میزان کود ۴۰۰ کیلوگرم	۹۲.۹۱	۳۷.۱۶	۰.۰۹	۲.۹۵
پتانسیل ۱۰۰٪	آبیاری سطحی، میزان کود ۳۰۰ کیلوگرم	۸۴.۴۸	۳۳.۷۹	۰.۰۱-	۰.۴۲-
	آبیاری سطحی، میزان کود ۳۵۰ کیلوگرم	۸۸.۶۸	۳۵.۴۷	۰.۰۴	۱.۲۶
	آبیاری سطحی، میزان کود ۴۰۰ کیلوگرم	۹۱.۲۰	۳۶.۴۸	۰.۰۷	۲.۲۶۷

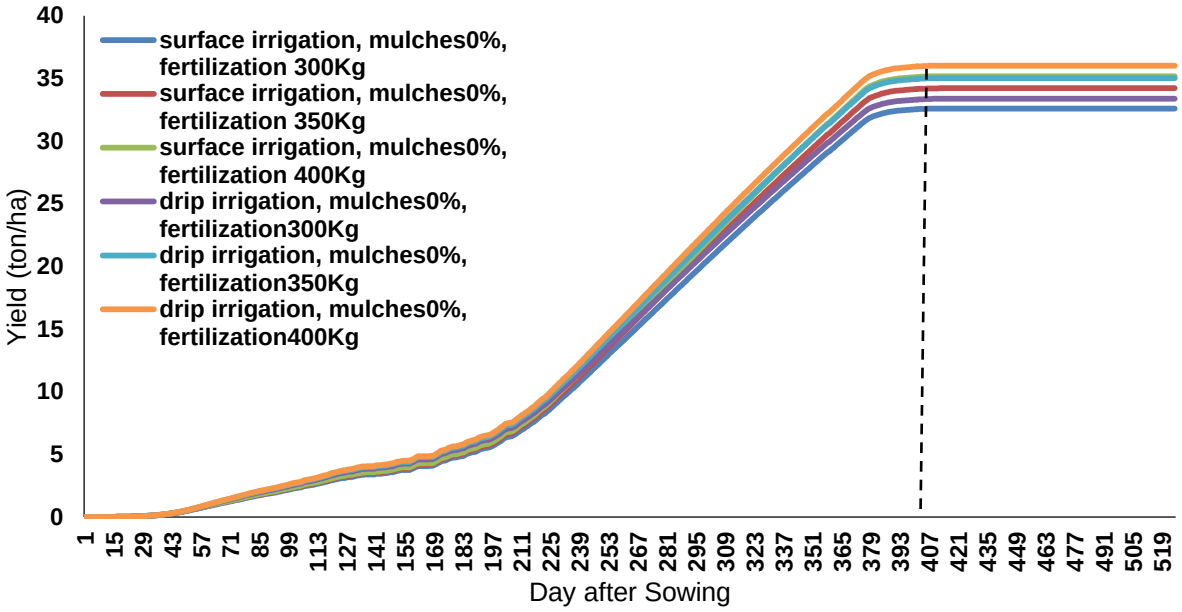
جدول ۹- نتایج حاصل از شبیه‌سازی عملکرد نیشکر توسط مدل آکواکراپ تحت سناریوهای آبیاری قطره‌ای

سناریو		زیست‌توده (ton/ha)	عملکرد ماده خشک(ton/ha)	تغییرات زیست‌توده (%)	تغییرات عملکرد ماده خشک (ton/ha)
مالچ ۰٪	آبیاری قطره‌ای، میزان کود ۳۰۰ کیلوگرم	۸۳.۴۵	۳۳.۳۸	۲.۴۰-	۰.۸۳-
	آبیاری قطره‌ای، میزان کود ۳۵۰ کیلوگرم	۸۷.۵۷	۳۵.۰۳	۲.۴۰	۰.۸۲
	آبیاری قطره‌ای، میزان کود ۴۰۰ کیلوگرم	۹۰.۰۵	۳۶.۰۲	۵.۳۰	۱.۸۱
مالچ ۸۰٪	آبیاری قطره‌ای، میزان کود ۳۰۰ کیلوگرم	۸۷.۱۷	۳۴.۸۷	۱.۹۰	۰.۶۵
	آبیاری قطره‌ای، میزان کود ۳۵۰ کیلوگرم	۹۱.۵۱	۳۶.۶۰	۷.۰۰	۲.۳۹
	آبیاری قطره‌ای، میزان کود ۴۰۰ کیلوگرم	۹۴.۱۲	۳۷.۶۵	۱۰.۰۰	۳.۴۴
مالچ ۱۰۰٪	آبیاری قطره‌ای، میزان کود ۳۰۰ کیلوگرم	۸۵.۷۵	۳۴.۳۰	۰.۳۰	۰.۰۹
	آبیاری قطره‌ای، میزان کود ۳۵۰ کیلوگرم	۹۰.۰۲	۳۶.۰۱	۵.۲۰	۱.۷۹
	آبیاری قطره‌ای، میزان کود ۴۰۰ کیلوگرم	۹۲.۵۸	۳۷.۰۳	۸.۲۰	۲.۸۲

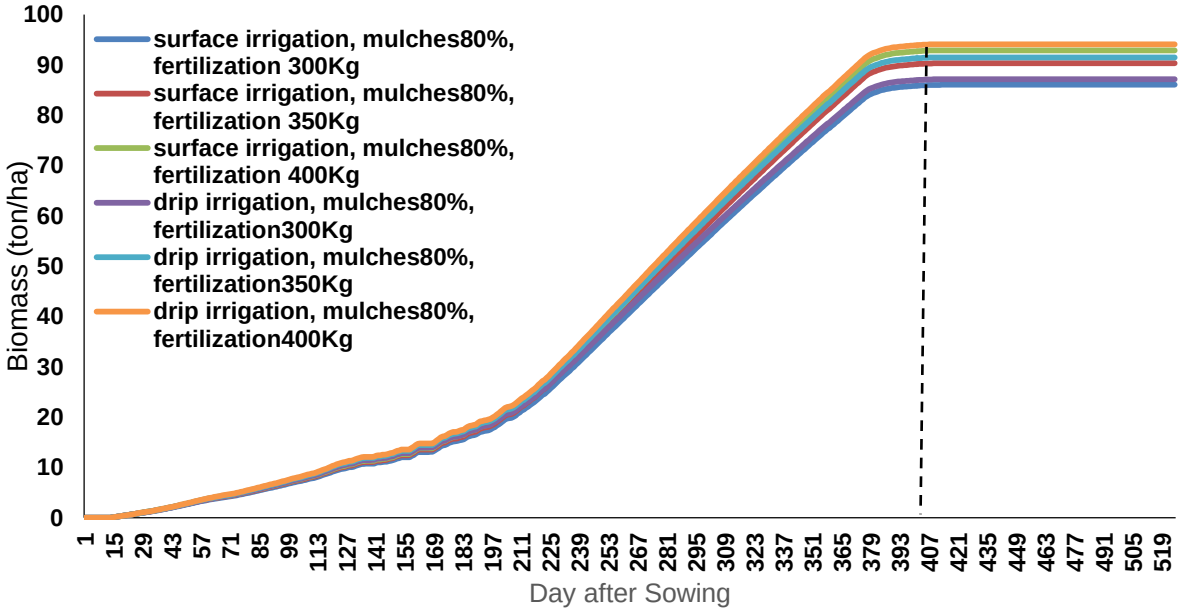


شکل ٤- شبیه‌سازی عملکرد زیست‌توده نیشکر در حالت بدون مالچ در طی دوره رشد

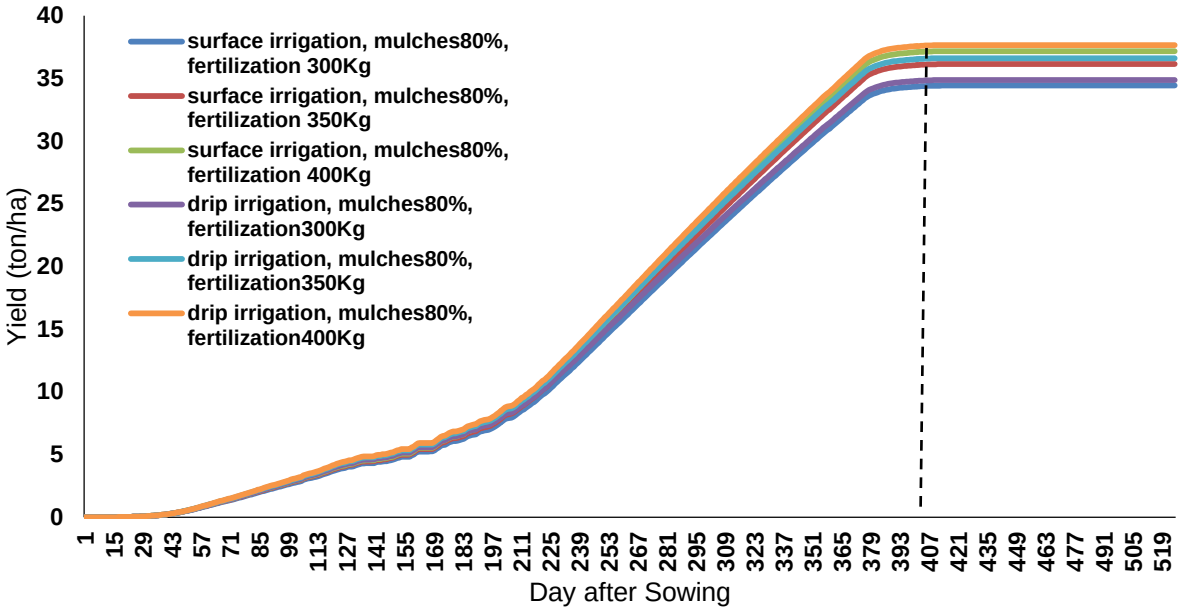
با قطع آب مزارع در اواخر شهریورماه و کاهش درجه حرارت هوا در مهرماه عملیات رسیدگی نیشکر با کاهش رشد رویشی و ادامه عملیات فتوسنتز گیاه جهت تولید و ذخیره قند آغاز می‌گردد. این قسمت در نمودارها با خط عمودی نشان داده شده است. رسیدگی با کاهش بیشتر درجه حرارت در پائیز و زمستان تکمیل یافته و ممکن است با وقوع بارندگی‌های زمستانه و عدم امکان تردد ماشین‌آلات در مزارع، برداشت نیشکر به تعویق افتاده و در بهمن‌ماه صورت می‌گیرد.



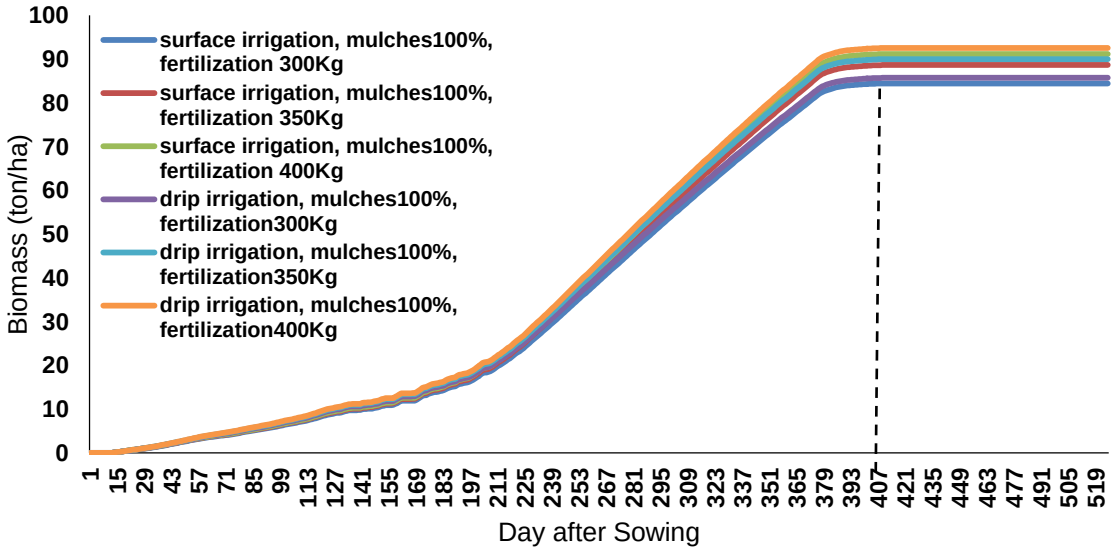
شکل ۵- شبیه‌سازی عملکرد ماده خشک نیشکر در حالت بدون مالچ در طی دوره رشد



شکل ٦- شبیه‌سازی عملکرد زیست‌توده نیشکر در حالت پوشش مالچ ۸۰٪ در طی دوره رشد



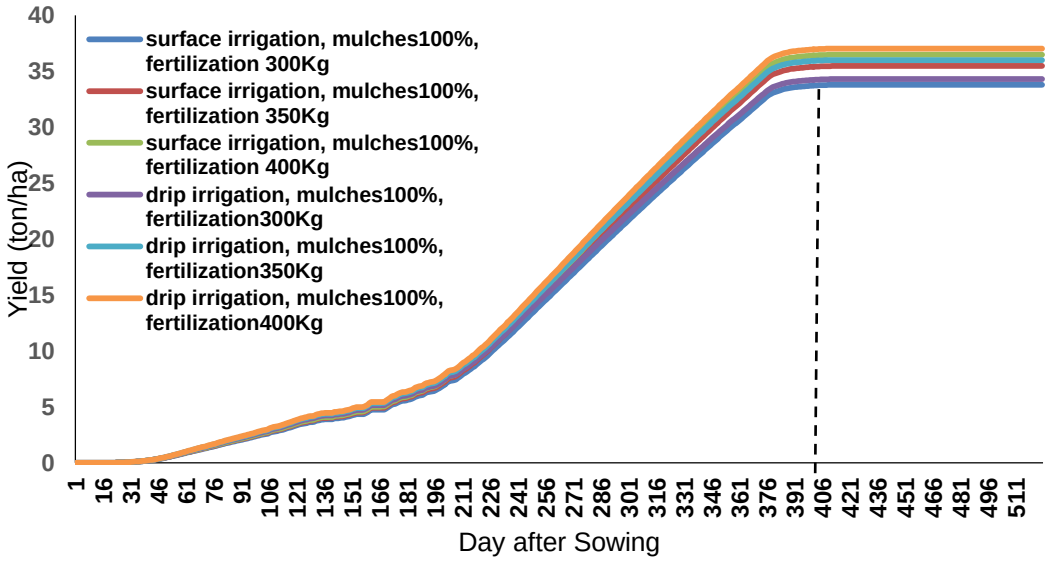
شکل ۷- شبیه‌سازی عملکرد ماده خشک نیشکر در حالت پوشش مالچ ۸۰٪ در طی دوره رشد



شکل ۸- شبیه‌سازی عملکرد زیست‌توده نیشکر در حالت پوشش مالچ ۱۰۰٪ در طی دوره رشد

با کاهش مصرف کود به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌طور متوسط ۴ تن در هکتار میزان تولید زیست‌توده کاهش می‌یابد. همچنین افزایش مصرف کود به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش تقریبی ۲.۵ تن محصول در هکتار می‌گردد. این نتایج نشان می‌دهد ارتباط مصرف کود با تولید محصول بسیار حساس بوده (ملکوتی، ۱۳۸۹) و رابطه تنگاتنگ و مثبتی بین مصرف بهینه کود و تولید محصول وجود دارد و شایسته است دقت بسزایی در تعیین میزان مصرف کود شود؛ چرا که مصرف بیش‌ازحد کود موجب ایجاد مشکلات عدیده می‌گردد که خارج از این بحث می‌باشد.

استفاده از آبیاری قطره‌ای به‌طور متوسط ۱.۵ تن در هکتار عملکرد محصول را نسبت به آبیاری سطحی افزایش می‌دهد. آبیاری قطره‌ای زیرسطحی یکی از مؤثرترین سیستم‌های آبیاری موجود برای کشت نیشکر است. گرچه هزینه اولیه آن بالاست اما مقدار قابل‌توجهی از آب با کاهش میزان تبخیر، روان آب و نفوذ عمقی صرفه‌جویی می‌شود.



شکل ۹- شبیه‌سازی عملکرد ماده خشک نیشکر در حالت پوشش مالچ ۱۰۰٪ در طی دوره رشد

این امر هم‌راستا با تحقیقات محققین فراوانی از جمله شینی و همکاران (۱۳۹۸) و نامداریان و همکاران (۱۳۹۹) است که به افزایش بهره‌وری مصرف آب در آبیاری قطره‌ای نیشکر نسبت به روش سطحی اشاره نمودند.

همچنین استفاده از پوشش مالچ به میزان ۸۰ درصد موجب افزایش ۳.۵ تن محصول در هکتار و مالچ ۱۰۰ درصد ۲.۵ تن در هکتار می‌گردد که کارلس و همکاران طی پژوهشی بر روی گیاه نیشکر، به افزایش عملکرد آن تحت استفاده از مالچ اشاره داشتند (Charles et al., 2017).

ترکیبات مالچ‌ها موجب افزایش مقاومت خاک در برابر نیروهای برشی باد می‌شوند. این مالچ‌ها نیز می‌توانند چسبندگی ذرات خاک و اصطکاک بین ذرات خاک را افزایش دهند (جمیلی و همکاران، ۱۳۹۴).

استفاده از مالچ از تخریب خاک جلوگیری می‌کند و علاوه بر بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک موجب افزایش عملکرد نیشکر می‌گردد (Meyer and Antwerpen, 2001). همچنین نهایتاً بر اساس نتایج حاصله از این پژوهش، بیشترین عملکرد مربوط به سناریو آبیاری قطره‌ای با پوشش مالچ ۸۰ درصد و میزان کود ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. با اعمال این شرایط ۸.۶ تن در هکتار تولید بیوماس و ۲.۴ تن تولید ماده خشک افزایش می‌یابد و پیشنهاد می‌گردد در مزارع نیشکر استان خوزستان از روش زهکشی کنترل‌شده استفاده گردد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه از مدل آکوا‌کراپ جهت پیش‌بینی عملکرد محصول مزرعه گیاه نیشکر در استان خوزستان به ازای سناریوهای مدیریتی مختلف استفاده گردید. در ابتدا مدل آکوکراپ با استفاده از اطلاعات برداشت‌شده از مزارع نیشکر مورد واسنجی قرار گرفت و همچنین نتیجه اعتبارسنجی مدل که با استفاده از ضریب R^2 انجام گرفت گویای شبیه‌سازی با دقت بالای مدل در تخمین عملکرد محصول بود. پس از آن بر اساس هجده سناریو مدیریتی اجرا گردید. طبق نتایج، درکشت نیشکر در شرایط استان خوزستان میزان عملکرد مزرعه در بهترین سناریو شامل آبیاری قطره‌ای با پوشش مالچ ۸۰ درصد و میزان کود ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که در یک مزرعه (۲۵ هکتاری) موجب افزایش عملکرد ۲۱۵ تنی خواهد شد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز در قالب پژوهانه (GN:SCU.WI99.273) در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد. از جناب مهندس نصیریان مدیرعامل کشت و صنعت سلمان فارسی و جناب مهندس پیرپور مدیر واحد آمار و برنامه‌ریزی کشت و صنعت سلمان فارسی که در مهیا شدن بستر همکاری جهت انجام این پژوهش همکاری نمودند تقدیر به عمل می‌آید. همچنین از سازمان آب و برق خوزستان بابت حمایت مالی تشکر می‌شود.

منابع

اسکندری پور، ر.، و خورسند، ا.، و رضا وردی نژاد، و.، و زینال زاده، ک. و نور جو، ا. ۱۳۹۸. بررسی پوشش مالچ مصنوعی جهت افزایش کارایی مصرف آب گوجه‌فرنگی با استفاده از نرم‌افزار AquaCrop اکو فیزیولوژی گیاهی. ۱۱(۳۹): ۸۵-۷۱.

امداد، م. ر. و تافته، آ. ۱۴۰۰. مقایسه کارایی دو مدل دیست و آکواکراپ در شبیه‌سازی عملکرد گندم. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۵(۱): ۲۳۳-۲۲۳.

نجف آبادی، ت.، آسودار، ر. و امین، م. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر مواد آلی به روش مالچ عمودی بر خصوصیات فیزیکی و شمیایی خاک و بهبود عملکرد نیشکر. همایش ملی علوم آب، خاک، گیاه و مکانیزاسیون کشاورزی. دزفول.

جمیلی، ت.، مقدم، خ. و شهبازی، ا. ۱۳۹۴. بررسی ظرفیت نگهداشت آب مالچ‌های نیشکری برای تثبیت شن‌های روان اهواز. آب‌وخاک. ۲۹(۵): ۱۲۸۷-۱۲۷۸.

حق نظری، ف.، قنبریان، م.، شینی دشتگل، ف. و ورناصری قندعلی، و. ۱۳۹۹. ارزیابی عملکرد نیشکر تحت تأثیر سطوح آبیاری و کود با استفاده از مدل Aquacrop. تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک. ۲(۱): ۹۵-۸۷.

شینی دشتگل، ع.، برومندنسب، س. ناصری، ع. ۱۳۹۹. اثر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی روی دینامیک شوری، میزان بهره‌وری آب و عملکرد نیشکر بازرویی. آب‌وخاک. ۴ (۳۴): ۸۱۱-۷۹۷.

سلامتی، ن.، دلبری، م.، عباسی، ف.، شینی دشتگل، ع.، افراسیاب، پ. و کاراندیش، ف. ۱۳۹۴. بررسی اثرات تقسیط و سطوح مختلف کود در کودآبیاری جویچه ای بر عملکرد و برخی صفات کمی و کیفی نیشکر رقم CP69. مجله تحقیقات آب‌وخاک ایران. ۲ (۴۶): ۲۰۵-۱۹۵.

عباسی، ف. و شینی دشتگل، ع. ۱۳۹۵. ارزیابی و بهبود مدیریت آبیاری جویچه ای در اراضی تحت کشت نیشکر خوزستان. دانش آب‌وخاک. ۲ (۲۶۴): ۱۲۱-۱۰۹.

عباسی، ف.، شینی دشتگل، ع. و سلامتی، ن. ۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری آب و کارایی مصرف کود در کودآبیاری جویچه‌ای نیشکر. آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۴ (۲۹): ۹۴۲-۹۳۳.

کریمی اورگانی، ح.، رحیمی خوب، ع. و نظری فر، م.ه. ۱۳۹۸. تحلیل حساسیت مدل آکواکراپ برای محصول جو در منطقه پاکدشت. مجله علوم آب‌وخاک. ۳ (۲۳): ۶۳-۵۳.

گلابی، م. و ناصری ع. ع. ۱۳۹۴. ارزیابی مدل AquaCrop در پیش بینی عملکرد نیشکر و شوری پروفیل خاک تحت تنش شوری. تحقیقات آب وخاک ایران (علوم کشاورزی ایران). ۴۶ (۴): ۶۸۵-۶۹۴.

محمدی معله زاده، ج.، ناصری، ع. ع. و هوشمند، ع. ۱۳۹۸. آبیاری گیاه نیشکر با مدل AquaCrop و بررسی آن با شاخص CWSI. اولین کنگره بین المللی و چهارمین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران. ارومیه.

ملکوتی، م. ۱۳۸۹. رابطه مصرف بهینه کود و تولید محصولات کشاورزی سالم. اکو فیزیولوژی گیاهان زراعی (علوم کشاورزی)، ۴(۱۶): ۱۵۱-۱۳۳.

نامداریان، د.، ناصری، ع. ع.، برومند نسب، س. و پرویزی، م. ۱۳۹۹. اثر مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر شاخص‌های رشد و عملکرد در بازرویی اول گیاه نیشکر. پژوهش آب در کشاورزی. ۳۴ (۲): ۲۱۶-۲۰۳.

Adetoro, A. A., Abraham, S., Paraskevopoulos, A. L., Owusu-Sekyere, E., Jordaan, H. and Orimoloye, I. R. 2020. Alleviating water shortages by decreasing water footprint in sugarcane production: The impacts of different soil mulching and irrigation systems in South Africa. Groundwater for Sustainable Development, 11, 100464. Agronomy Journal. 101: 438–447

Bahmani, O. and Eghbalian, S. 2018. Simulating the Response of Sugarcane Production to Water Deficit Irrigation Using the AquaCrop Model. Agricultural Research .7. 158–166.

Charles, L. and Webber, B. 2017. Comparative Performance of Sugarcane Bagasse and Black Polyethylene as Mulch for Squash (Cucurbita pepo L.) Production. Journal of Agricultural Science. 9 (11)

Doorenbos, J. and Kassam, A. 1979. Yield response to water. Irrigation and drainage paper. 33: 257.

He, Q. Li, S. Hu, D. Wang, Y. and Cong. X. 2021. Performance assessment of the AquaCrop model for film-mulched maize with full drip irrigation in Northwest China. Irrigation Science. 392: 277-292.

Herath, I. Green, S. Horne, D. Singh, R. and Clothier, B. 2014. Quantifying and reducing the water footprint of rain-fed potato production. part I: measuring the net use of blue and green water. Journal of cleaner production. 81: 111-119.

Hsiao, Theodore C., et al. 2009. "AquaCrop- the FAO crop model to simulate yield response to water: III. Parameterization and testing for maize." Agronomy Journal. 101(3): 448-459.

Water Management. 191: 113-123.

Sabzian, M. Rahimikhoob, A. Mashal, M. and Aliniaeifard, S. 2021. In Determination of Performance. Water Use Efficiency and Simulation of Lettuce's Canopy Cover in Hydroponic Cultivation and Soil Cultivation by AquaCrop Model. Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 146: 2075-2088.

Wang, Y. Wu. P. Engel, B. and Sun, S. 2015. Comparison of volumetric and stress-weighted water footprint of grain products in China. Ecological Indicators. 48: 324-333.

Yang, H. Wang, L. Abbaspour, K.C. and Zehnder, A.J. 2006. Virtual water trade: an assessment of water use efficiency in the international food trade. 10(3): 443-454.

Zhang, T. Su, J. Liu, C. and Chen, W. H. 2019. Bayesian calibration of AquaCrop model for winter wheat by assimilating UAV multi-spectral images. Computers and Electronics in Agriculture. 167: 105052.

Iqbal, M. A., Shen, Y., Stricevic, R., Pei, H., Sun, H., Amiri, E. and del Rio, S. 2014. Evaluation of the FAO AquaCrop model for winter wheat on the North China Plain under deficit irrigation from field experiment to regional yield simulation. Agricultural Water Management. 135: 61-72.

Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. 2014. Water footprint benchmarks for crop production: A first global assessment. Ecological indicators. 46: 214-223.

Meyer, J. H. and Van Antwerpen, R. 2001. Soil degradation as a factor in yield decline in the South African sugar industry. In Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. 24: 8-15

Nunes, H. G. G. C. Farias, V. D. S. Sousa, D. P. Costa. D. L. P. Pinto. J. V. N. Moura, V. B. and Souza, P. J. O. P. 2021. Parameterization of the AquaCrop model for cowpea and assessing the impact of sowing dates normally used on yield. Agricultural Water Management. 252: 106880.

Razzaghi, F. Zhou, Z. Andersen, M. N. and Plauborg, F. 2017. Simulation of potato yield in temperate condition by the AquaCrop model. Agricultural

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 16, Apr.-May. 2022, p. 39-53

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۶، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۱، ص. ۵۳-۳۹

Predicting Sugarcane Yield under Different Farm Management Using Aqua Crop model (Case study: Salman Farsi Agro-industry)

S. M. Moradian Vafaei[1], A. Soltani Mohammadi[2,*], A. A. Naseri[3], P. Van Oel[4]

Recived: Sep.03, 2021 Accepted: Oct.10, 2021

Abstract

Khuzestan plain has a high potential for sugarcane production due to its extremely high solar energy and fertile sedimentary soil. Sugarcane is a perennial plant with a long growth period and high water requirement. Therefore, proper irrigation management with the aim of saving water consumption and increasing sugarcane yield is of particular importance. On the other hand, plant growth modeling is an important tool in evaluating the effects of field management on crop yield and consequently, decision-making for appropriate management methods. In this study, the yield of sugarcane in a 25-hectare farm of Salman Farsi agro-industry in Khuzestan province in different state of farm management was investigated. Also, using the measured data, the Aqua crop model was calibrated and using it, eighteen management scenarios (including three 0, 80 and 100% mulch modes, two surface and subsurface drip irrigation methods and three fertilizer levels of 300, 350 and 400 kg/ha) were implemented for the farm and the results calculated. The results showed that increasing fertilizer consumption by 50 kg/ha causes an increase of approximately 2.5 tons of crop per hectare. The use of drip irrigation on average 1.5 tons per hectare increases crop yield compared to surface irrigation and also the use of mulch coating by 80% increases the yield by 3.5 tons per hectare. Finally, based on the results of this study, the highest yield is related to the drip irrigation scenario with 80% mulch coverage and 400 kg /ha fertilizer. By applying these conditions, biomass production will increase by 8.6 tons per hectare and it is suggested to use this method in sugarcane fields of Khuzestan province.

Keywords: Aqua Crop, Drip irrigation, Farm management, Mulch, Sugarcane

1 - Ph.D. Student of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2 - Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
3 - Professor of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
4 - Associate Professor, Department of Water Resources Management, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands
(*-Corresponding Author Email: a.soltani@scu.ac.ir)