

تغییرات مکانی و زمانی عملکرد جو تحت مدیریت‌های کم‌آبیاری (مطالعه موردی: منطقه ماهیدشت استان کرمانشاه)

مریم احمدی^{1*}، بهمن فرهادی بانسوله² و مختار قبادی³

تاریخ دریافت: 91/02/16 تاریخ پذیرش: 91/12/06

¹ دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه

² استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه

³ استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ahmady_ma120@yahoo.com

چکیده

واکنش گیاه نسبت به کم‌آبیاری و تأثیر آن بر عملکرد گیاه زراعی از عوامل مهم در تعیین مقدار بهینه کم‌آبیاری می‌باشد. مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهی از جمله مدل WOFOST ابزارهایی هستند که می‌توانند جهت بررسی آثار کم‌آبیاری روی عملکرد محصولات مورد استفاده قرار گیرند. ترکیب این مدل‌ها با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی محققین را قادر می‌سازد که تأثیر تغییرات مکانی و زمانی عوامل بیوفیزیکی موثر بر رشد گیاه را آنالیز نمایند. سیستم نظارتی رشد محصول CGMS که جهت پیش‌بینی عملکرد گیاهان زراعی تهیه گردیده است به‌طور هم‌زمان مدل نقطه‌ای شبیه‌سازی رشد گیاهی WOFOST را در واحدهای مختلف سطح یک منطقه اجرا می‌نماید و نتایج آن قابلیت نمایش در GIS را دارند. در این مطالعه از امکانات موجود در سیستم CGMS به منظور بررسی تغییرات مکانی و زمانی عملکرد جو در شرایط کم‌آبیاری در منطقه ماهیدشت استان کرمانشاه استفاده گردیده است. به منظور کاربرد این سیستم منطقه مورد مطالعه به 440 واحد همگن از نظر خصوصیات بیوفیزیکی و اقتصادی - اجتماعی تقسیم گردید. سپس رشد گیاه جو زمستانه تحت چهار مدیریت آبیاری (آبیاری کامل، 20، 40 و 60 درصد کم‌آبیاری) با توجه به اطلاعات گیاهی و اسنجی شده در مطالعات قبلی و داده‌های روزانه هواشناسی (1992 - 2008) ایستگاه‌های موجود در دشت و مناطق مجاور آن شبیه‌سازی گردید. نتایج به دست آمده بیانگر این است که عملکرد (دانه و بیولوژیک) در واحدهای موجود در وسط دشت بیشتر بوده است. علاوه بر این در کم‌آبیاری درصد کاهش عملکرد دانه بیشتر از عملکرد بیولوژیک است. ضمناً درصد کاهش عملکرد در واحدهای مختلف منطقه مورد مطالعه با هم تفاوت معنی‌دار ($\alpha=1\%$) داشتند. همین نتایج بیانگر تفاوت قابل معنی دار عملکرد ($\alpha=1\%$) در سال‌های مختلف می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: جو، کم‌آبیاری، ماهیدشت، CGMS، WOFOST

Spatial and Temporal Variations of Barley Yield under Deficit Irrigation Management (Case study: Kermanshah province, Mahidasht region)

M Ahmadi^{1*}, B Farhadi Bansouleh² and M Ghobadi³

Received: 5 May 2012 Accepted: 24 February 2012

¹Former M.Sc. Student, Dept of Water Eng., Faculty of Agri Eng., Razi Univ., Kermanshah, Iran

²Assist. Prof., Dept of Water Eng., Faculty of Agri Eng., Razi Univ., Kermanshah, Iran

³Assist. Prof., Dept of Agro, Faculty of Agri Eng., Razi Univ., Kermanshah, Iran

*Corresponding author E-mail: ahmady_ma120@yahoo.com

Abstract

Crop response to deficit irrigation and its effects on crop yield are of the important factors for determining the optimum level of deficit irrigation. Crop growth simulation models such as WOFOST are tools which can be used for studying the impacts of deficit irrigation on crop yield. The combination of crop growth simulation models and geographic information system (GIS) provides a platform for researchers to analyze the impacts of spatial and temporal variations of effective biophysical factors on crop growth. Crop growth monitoring system (CGMS) which is developed to forecast crop yield, simultaneously applies point-based crop growth simulation model of WOFOST in the various units of a region and the results of CGMS can be presented in GIS. In this study, available facilities of CGMS have been used in order to study temporal and spatial variations of crop yield under deficit irrigation management in Mahidasht, Kermanshah. The study area was divided to 440 homogenous units in terms of bio-physical and socio-economic conditions. Then growth of winter barley was simulated under four patterns irrigation management (full irrigation and 20, 40 and 60% deficit irrigations) using previously calibrated crop file in the region and daily weather data (1992 – 2008) of the existing meteorological stations of the area and the neighboring regions. Results indicated that the crop yield (Biological and grain) in the middle of the plain was higher than that in the surrounding area. Moreover, results showed that percentage of grain yield reduction was more severe than biological crop yield reduction in the deficit irrigation. The percentage of crop yield reduction varied over the various units in the study area. In addition, results showed a significant difference ($\alpha=1\%$) between crop yields in different years.

Keywords: Barley, CGMS, Deficit irrigation, Mahidasht, WOFOST

مقدمه

دی ویت³ پایه‌گذاری شده است. اصول اولیه مدل WOFOST توسط ون کولن⁴ و ولف⁵ نوشته شده است (بوگارد و همکاران 1998). مدل WOFOST در اصل به عنوان مدل شبیه‌سازی رشد محصول برای ارزیابی عملکرد پتانسیل محصولات مختلف در کشورهای استوایی توسعه یافته است. مدل WOFOST به عنوان ابزاری برای ارزیابی عملکرد نسبت به عوامل مؤثر بر رشد گیاه و تعیین عوامل حساس استفاده می‌گردد. پیش-بینی عملکرد و نیاز آبی گیاه با توجه به پیش‌بینی‌های هواشناسی از دیگر قابلیت‌های این مدل می‌باشد (امیری و همکاران 1388). این مدل رشد گیاه را در شرایط کم‌آبیاری و پتانسیل (آبیاری کامل) شبیه‌سازی می‌کند.

مدل WOFOST در مطالعات مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است. در چارچوب نمایش اکولوژیکی کشت با سنجش از دور و مدل‌های شبیه‌سازی، مدل WOFOST به عنوان ابزار برآورد پتانسیل محصول در برنامه امنیت غذایی در زامبیا مطرح شد. به این منظور مدل WOFOST برای ذرت واسنجی و اعتبارسنجی شد و مورد آزمایش قرار گرفت (هیاجن 1990 و ولف و همکاران 1989). روتر و همکاران (1997) واسنجی و اعتباریابی مدل WOFOST برای ذرت در کنیا را انجام دادند. با استفاده از داده‌های حاصل از مزارع آزمایشی مشخص شد که این مدل مقدار عملکرد را با خطای 15 درصد پیش‌بینی می‌کند. مدل WOFOST برای ارزیابی اثر تغییر شرایط اقلیمی بر رشد محصول نیز مورد استفاده قرار گرفته است (ولف و ون دین 1994).

یوپینگ و همکاران (2008) جهت نظارت رشد گندم زمستانه در شمال چین مدل WOFOST را با سنجش از دور ترکیب کردند. در این مطالعه برای بررسی منطقه‌ای

کم‌آبیاری، انتخاب یک استراتژی بهینه و برتر برای استفاده از آب تحت شرایط کمبود و یا بالا بودن قیمت آب است. کم‌آبیاری همراه با کاهش محصول در واحد سطح بوده و استفاده از واحد آب را بالا می‌برد و هدف از اعمال آن، افزایش راندمان آب مصرفی است. کم‌آبیاری یک روش یا سیستم آبیاری نیست بلکه یک نوع مدیریت کارا و پویای بهره‌برداری به شمار می‌رود که اثرات ویژه‌ای در مدیریت منابع آب، استحصال آب، انتقال و مصرف آن و نهایتاً در اقتصاد کشاورزی (افزایش عملکرد و یا سود خالص به ازای واحد آب مصرفی) دارد (توکلی 1382). در کم‌آبیاری میزان مصرف آب آبیاری، نسبت به سطوح آبیاری کامل کاهش می‌یابد و یک تنش رطوبتی (ملایم) که حداقل تأثیر سوء را بر تولید محصولات زراعی داشته باشد، اعمال می‌گردد. در شرایط خشکسالی و کم‌آبی، تکنیک کم‌آبیاری می‌تواند با تولید حداکثر محصول به ازای هر واحد آب آبیاری، سبب افزایش سود اقتصادی محصول شود. هدف اساسی از کم‌آبیاری، افزایش راندمان مصرف آب با افزایش کفایت آبیاری است (اینگلیش 1990).

در سال‌های اخیر استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاه مورد توجه محققان قرار گرفته است. این مدل‌ها با شبیه‌سازی دینامیکی رشد گیاه می‌توانند پاسخ گیاه را به شرایط مختلف محیطی شبیه‌سازی کنند و به یکی از ابزارهای مهم در این زمینه تبدیل شده‌اند. مدل¹ WOFOST یکی از مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهی می‌باشد که توسط مرکز جهانی مطالعات غذایی در همکاری با دانشگاه واگنینگن² هلند و مرکز بیولوژیکی کشاورزی و حاصلخیزی خاک واگنینگن ایجاد گردیده است. این مدل تکامل یافته مدل‌هایی است که در دانشگاه واگنینگن توسط

³ de Wit⁴ van Keulen⁵ Wolf¹ World Food Studies² Wageningen

2007) اشاره نمود. سیستم CGMS به منظور پیش‌بینی عملکرد محصولات قبل از زمان برداشت توسط مؤسسه JRC ایتالیا و به سفارش اتحادیه اروپا تهیه گردیده است. نتایج این سیستم جهت تدوین سیاست‌های وارداتی و صادراتی محصولات کشاورزی در این اتحادیه مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیستم CGMS از مدل شبیه‌سازی رشد گیاه جهت شبیه‌سازی رشد و برآورد عملکرد و نیاز آبی محصولات زراعی در شرایط پتانسیل و آبیاری محدود (کم‌آبیاری) استفاده می‌نماید (فرهادی بانسوله و همکاران 2009). در این شرایط فرض بر این است که مواد غذایی مورد نیاز گیاه به اندازه کافی تامین شده است و مواد غذایی عامل محدود کننده رشد نیستند. در سیستم CGMS منطقه به تعدادی واحد همگن تقسیم می‌گردد و همزمان رشد گیاه زراعی در تمام و یا بخشی از واحدهای همگن منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل WOFOST شبیه‌سازی می‌گردد. در واقع با استفاده از سیستم CGMS مدل شبیه‌سازی رشد گیاهی در کل منطقه اجرا می‌شود و می‌توان تغییرات مکانی رشد گیاه را که در اثر تغییرات مکانی پارامترهای بیوفیزیکی ایجاد می‌شود بررسی نمود (احمدی 1390).

هدف از این مطالعه بررسی تغییرات زمانی و مکانی عملکرد جو با استفاده از سیستم CGMS در منطقه ماهیدشت به عنوان یکی از دشت‌های حاصلخیز کشاورزی در استان کرمانشاه بوده است.

مواد و روش‌ها

در سیستم CGMS مدل WOFOST که نقطه‌ای است در سطح منطقه اعمال می‌شود و می‌توان تغییرات مکانی رشد گیاه که در اثر تغییرات مکانی پارامترهای بیوفیزیکی در یک منطقه ایجاد می‌شود را شبیه‌سازی نمود. برای این منظور منطقه مورد مطالعه باید به واحدهای همگن از نظر

شاخص پوشش گیاهی خاک (SAVI¹) مدل WOFOST با داده‌های سنجش از دور ترکیب شد. برای واسنجی مدل از زیربرنامه FSEOPT (بوگارد و همکاران 1998) استفاده شد و مدل برای حالت پتانسیل (از نظر آبیاری) اجرا گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که این روش توانایی کمک برای شبیه‌سازی رشد و توسعه گیاه را در مقیاس منطقه‌ای دارد اما به اعتبارسنجی بیشتری نیاز دارد. فرهادی بانسوله و همکاران (2009) حساسیت اجرای مدل شبیه‌سازی WOFOST در برابر روش‌های برآورد تابش خورشیدی روزانه در ایران را تحلیل کردند. مقادیر تخمین و اندازه‌گیری شده تابش در مدل رشد گیاهی WOFOST جهت پیدا کردن حساسیت شبیه‌سازی عملکرد گیاهان نسبت به روش‌های برآورد تابش استفاده شد. بیشترین تفاوت بین عملکرد شبیه‌سازی شده در حالت‌های مختلف برای جو زمستانه و ذرت علوفه‌ای حدود 9 درصد بدست آمده است. طبق مطالعه‌ای که کاتالین و همکاران (2009) برای بررسی امکان‌پذیری کاربرد مدل WOFOST برای شرایط کشور رومانی انجام دادند، گزارش کردند که می‌توان از این مدل برای تحقیقات ویژه مثل بررسی تأثیر تغییرات آب و هوایی بر روی عملکرد استفاده کرد. سگلار و همکاران (2011) از مدل WOFOST جهت شبیه‌سازی توسعه فنولوژیکی ذرت استفاده کردند. در این مطالعه روش‌های مختلف توسعه فنولوژیکی در مدل WOFOST اجرا گردید و پس از آن نتیجه گرفته شد که انتخاب روش‌های مختلف تعیین مراحل توسعه فنولوژیکی تأثیر معنی‌داری روی تخمین عملکرد ندارد مگر در شرایطی که کمبود آب داشته باشیم و یا درجه حرارت بالا باشد.

مدل WOFOST به عنوان شبیه‌ساز رشد گیاه در مدل‌ها و سیستم‌های دیگر نیز به کار رفته است که برای این منظور می‌توان به سیستم² CGMS (باروث و همکاران

¹ Soil Adjustment Vegetation Index

² Crop Growth Monitoring System

هواشناسی است. منظور از واحد هواشناسی (منظم و یا غیر منظم) سطوحی از منطقه می‌باشد که می‌توان پارامتر-های هواشناسی را در آن همگن فرض نمود. در این مطالعه برای جلوگیری از کوچک شدن واحدهای همگن تلفیقی واحدهای هواشناسی و نقشه واحدهای مدیریتی (روستاها) یکسان در نظر گرفته شد. نقشه روستاها با استفاده از نقشه موقعیت روستاها و با استفاده از روش پلیگون تیسن به‌دست آمد (شکل 1-ب). واحدهای تلفیقی که از نظر خاک، پارامترهای هواشناسی و مدیریتی همگن فرض می‌گردند با رویهم‌گذاری واحدهای همگن خاک و واحدهای هواشناسی (نقشه روستاها) در محیط GIS تشکیل گردید (شکل 1 - ج). در این فرآیند واحدهای کوچک (کمتر از 10 هکتار) در واحدهای بزرگتر ادغام شدند.

بعد از مشخص نمودن واحدهای تلفیقی خصوصیات فیزیکی خاک برای این واحدها وارد سیستم گردید. پارامترهای هواشناسی در این واحدها با میانبایی کردن داده‌های هواشناسی روزانه ایستگاه‌های هواشناسی برآورد می‌گردد. برای این منظور ابتدا مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) موجود در دشت و مناطق مجاور (کرمانشاه، روانسر، کوزران، ماهیدشت، اسلام‌آباد غرب و سرارود) همراه با اطلاعات روزانه هواشناسی (سال 1982 تا 2009) این ایستگاه‌ها به سیستم معرفی گردید. داده‌های هواشناسی قبل از استفاده مورد کنترل کیفی قرار گرفتند و داده‌های مشکوک حذف گردیدند.

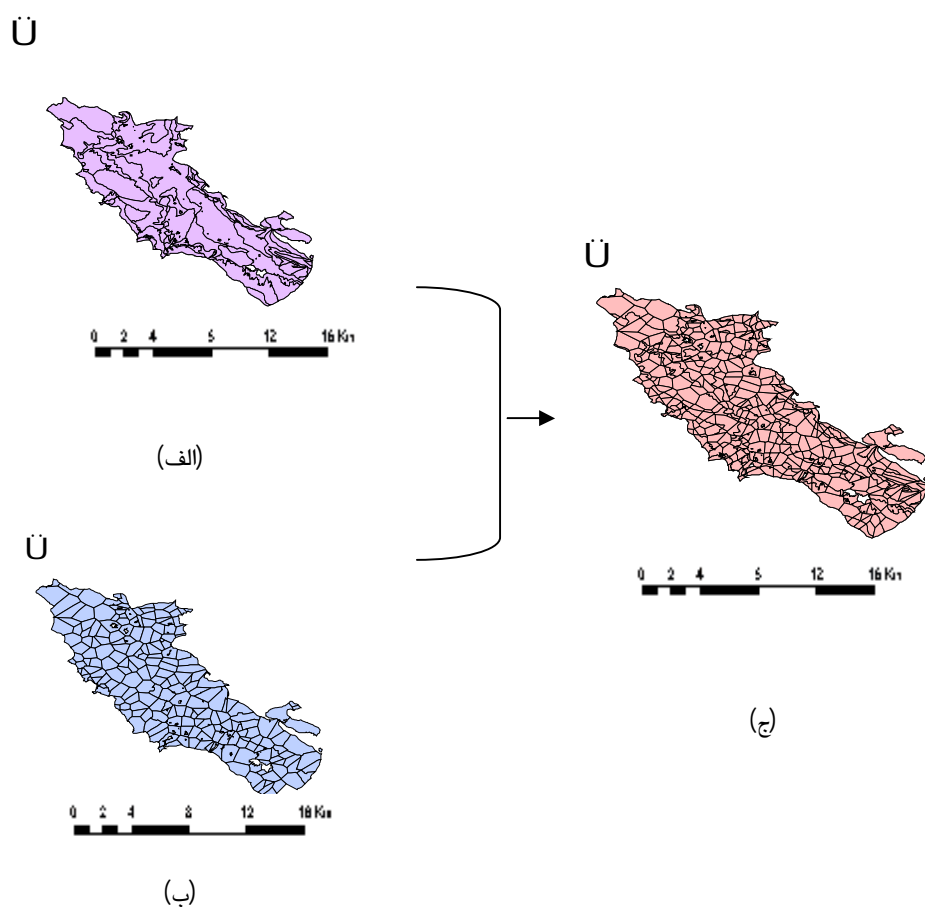
سیستم CGMS قادر می‌باشد که داده‌های هواشناسی در واحدهای همگن هواشناسی را برای هر سال و بر اساس ایستگاه‌های هواشناسی موجود در همان سال با میانبایی وزنی داده‌های ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی برآورد نماید. وزن اختصاص یافته به هر ایستگاه در هر

خصوصیات بیوفیزیکی (خصوصیات خاک و پارامترهای هواشناسی) و مدیریتی تقسیم گردد. رشد گیاه در هر واحد همگن براساس پارامترهای خاک، داده‌های هواشناسی، خصوصیات گیاه و تقویم زراعی، برای حالت‌های پتانسیل و شرایط کمبود آب شبیه‌سازی می‌گردد. نتایج CGMS درحالت آبیاری محدود بیانگر وضعیت رویشی گیاه با رژیم آبیاری اعمال شده می‌باشد. این مدل برای شبیه‌سازی رشد گیاه در حالت پتانسیل فقط به داده‌های گیاهی و هواشناسی نیاز دارد حال آن‌که در حالت کم‌آبیاری پارامترهای خاک را نیز لازم دارد. داده‌های هواشناسی و خاک را می‌توان مستقیماً از گزارشات موجود استخراج و یا محاسبه نمود. پارامترهای گیاهی مورد استفاده در این مدل که تعداد آن‌ها زیاد هم می‌باشد نیاز به مطالعات مزرعه‌ای جهت واسنجی دارند. یکی از محدودیت‌های اصلی استفاده از مدل WOFOST و سیستم CGMS این است که بایستی پارامترهای گیاهی این مدل با توجه به آزمایشات مزرعه-ای برای ارقام محلی واسنجی گردند. در این مطالعه از اطلاعات گیاهی واسنجی شده برای رقم جو کارون در کویر (فرهادی بانسوله 2009) که در کرمانشاه توسط احمدی (1390) اعتبارسنجی شده استفاده گردیده است.

واحدهای همگن تلفیقی، در سیستم CGMS واحدهایی هستند که می‌توان آنها را از نظر خصوصیات بیوفیزیکی و مدیریتی یکسان فرض نمود و سیستم را برای این واحدها اجرا نمود. برای تهیه این واحدها ابتدا نقشه واحدهای خاک منطقه مورد مطالعه با استفاده از اطلاعات موجود در گزارش مطالعات ساماندهی خاک دشت ماهیدشت (بی نام 1382) تهیه گردید. بر این اساس خاک‌های منطقه به هفت گروه و 65 واحد همگن از نظر خصوصیات خاک تقسیم شد (شکل 1- الف). نقشه دیگری که در این سیستم مورد نیاز می‌باشد نقشه واحدهای

باد، فشار بخار (یا رطوبت نسبی) و یکی از پارامترهای تابش خورشیدی، ساعات آفتابی یا پوشش ابر هستند. در ادامه با استفاده از قابلیت‌های موجود در سیستم CGMS مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع در هر واحد هواشناسی با استفاده از فرمول پنمن-مانتیث (الن و همکاران 1998) محاسبه گردید.

واحد هواشناسی بستگی به فاصله مرکز ثقل واحد هواشناسی تا ایستگاه هواشناسی و همچنین اختلاف ارتفاع متوسط واحد هواشناسی و ایستگاه هواشناسی دارد. ایستگاه‌هایی که در بانک اطلاعاتی استفاده می‌شوند معمولاً باید حداقل تعدادی از پارامترهای هواشناسی مورد نیاز مدل را گزارش کرده باشند. این پارامترها شامل حداکثر و حداقل دمای هوا، میزان بارندگی، سرعت



شکل 1- الف - نقشه واحدهای همگن خاک ب- نقشه روستاها (واحدهای هواشناسی) ج- نقشه واحدهای تلفیقی منطقه مورد مطالعه.

ماه و تاریخ جوانه‌زنی 16 آبان ماه در نظر گرفته شد و ابتدا شبیه‌سازی رشد گیاه برای تمامی سال‌های مورد مطالعه در حالت پتانسیل اجرا شد. خروجی‌های سیستم

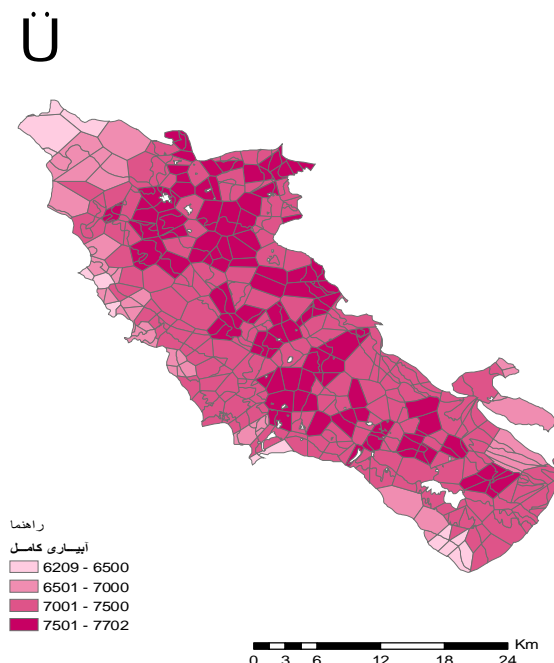
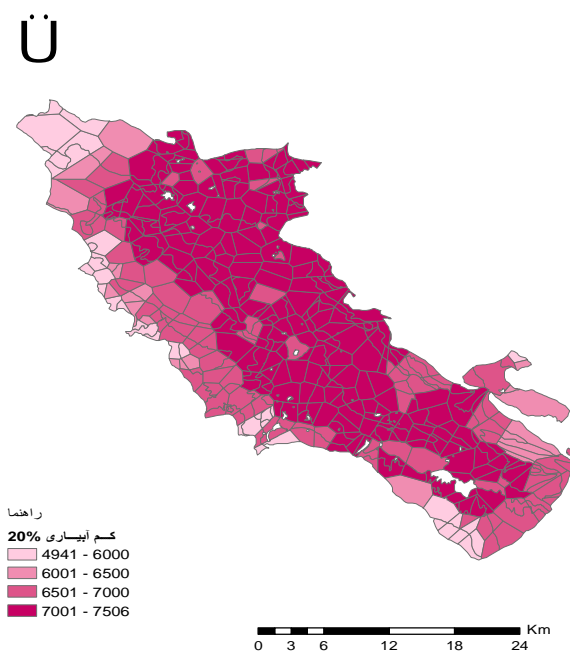
برای شروع شبیه‌سازی توسط سیستم CGMS لازم است که تاریخ کشت و یا جوانه‌زنی به سیستم معرفی گردد. در این آنالیز تاریخ کشت منطقه ششم آبان

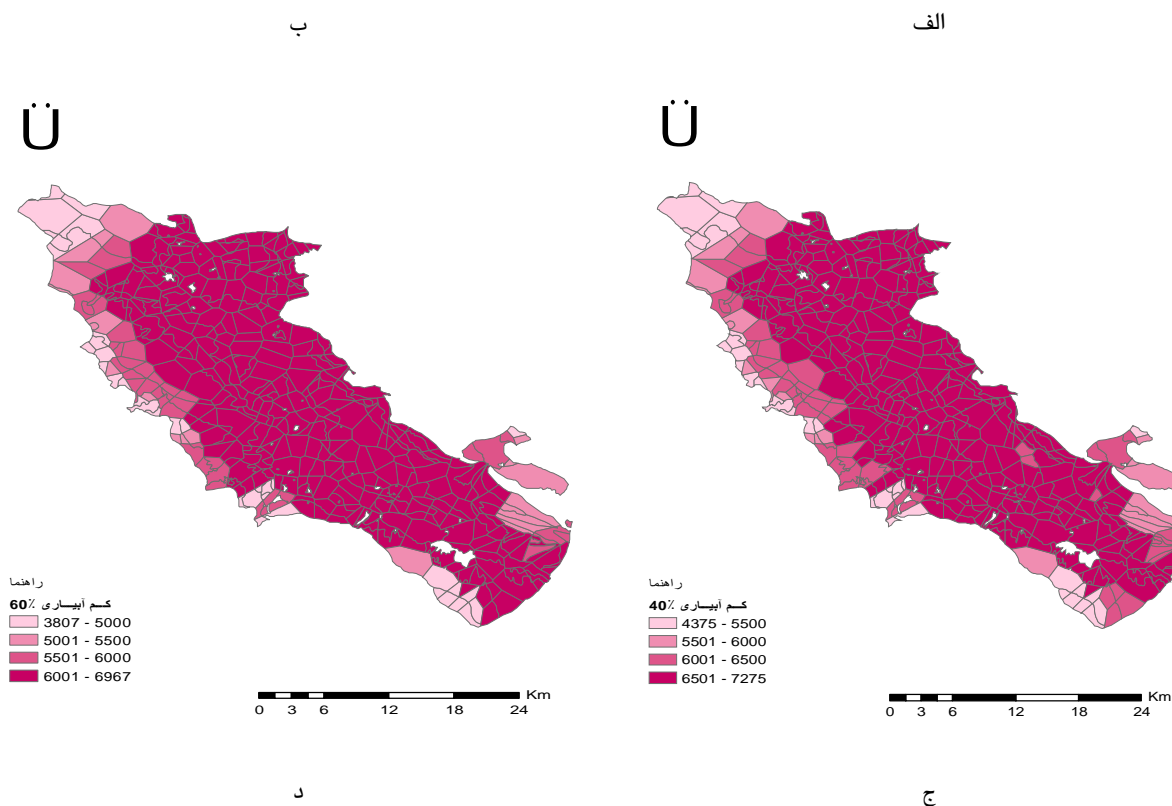
نتایج و بحث

شکل‌های شماره 2 و 3 نقشه‌های مربوط به متوسط مقادیر به‌دست آمده برای عملکرد دانه و بیولوژیک طی سال‌های شبیه‌سازی شده را در شرایط مختلف آبیاری به تفکیک واحدهای تلفیقی نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که عملکردهای برآورد شده با مدل ارائه شده در این مقاله همگی بر اساس ماده خشک می‌باشند. در شکل شماره 2 مشاهده می‌گردد که با کم شدن مقدار آب آبیاری مقدار عملکرد دانه نیز کم می‌شود. در تیمار آبیاری کامل عملکرد دانه در واحدهای مختلف بین 6209 تا 7702 کیلوگرم در هکتار قرار دارد و اکثر واحدها نیز در بالاترین کلاس در محدوده 7000-7700 کیلوگرم در هکتار هستند. عملکرد دانه در تیمارهای 20، 40 و 60 درصد کم‌آبیاری به ترتیب در محدوده 4941-7906، 4375-7275 و 6967-3807 کیلوگرم در هکتار قرار دارند. این تفاوت‌ها به دلیل تفاوت در مقدار آب آبیاری در نظر گرفته شده برای تیمارهای کم‌آبیاری می‌باشد.

شامل عملکرد بیولوژیک، عملکرد اندام ذخیره‌ای، شاخص سطح برگ، مقدار آب مصرف شده، مقدار آب مورد نیاز در حالت پتانسیل و درصد رطوبت خاک در واحدهای همگن به صورت روزانه در طول دوره رشد گیاه می‌باشد.

نیاز خالص آبیاری با استفاده از برنامه تهیه شده توسط فرهادی بانسوله (2009) با توجه به خروجی‌های سیستم CGMS در حالت پتانسیل و بارندگی روزانه محاسبه گردید. سپس نیاز آبیاری در مدیریت‌های مختلف آبیاری (20، 40 و 60 درصد کم‌آبیاری) به صورت ده روزه برای هر واحد هواشناسی محاسبه شد. جهت اجرای سیستم CGMS برای مدیریت‌های کم‌آبیاری اطلاعات بارندگی مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی ویرایش گردید. مجدداً سیستم برای هر سه مدیریت آبیاری اجرا و نتایج مورد آنالیز قرار گرفت. پس از شبیه‌سازی عملکرد دانه و بیولوژیک، نتایج با استفاده از نرم افزار MSTATC در سطح احتمال 1 و 5 درصد مورد بررسی قرار گرفت.



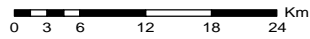
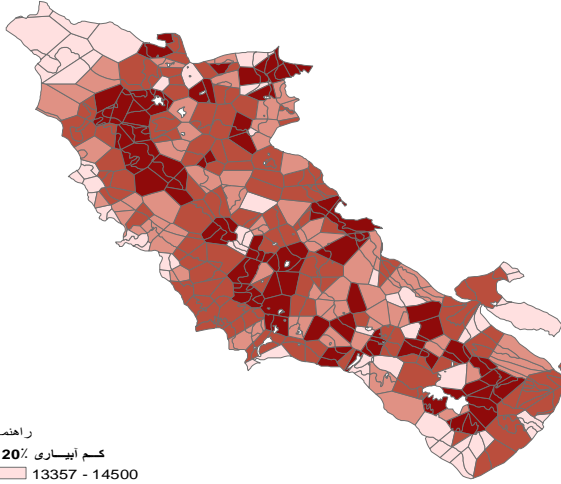


شکل 2- میانگین عملکرد (دانه) شبیه‌سازی شده در مدیریت‌های مختلف آبیاری شامل: الف) آبیاری کامل ب) 20 درصد کم آبیاری ج) 40 درصد کم آبیاری د) 60 درصد کم آبیاری از سال 1992-2008 (kg/ha).

با کم شدن مقدار آب آبیاری مقدار عملکرد دانه و بیولوژیک کاهش پیدا کرده است، اما درصد تغییرات عملکرد بیولوژیک کمتر از عملکرد دانه می‌باشد. این می‌تواند به دلیل بارندگی‌های بهاره باشد زیرا بر اساس آمار هواشناسی معمولاً تا قبل از شروع دوره زایشی گیاه، در منطقه بارندگی اتفاق می‌افتد و این باعث کم شدن تفاوت برای عملکرد بیولوژیک در تیمارهای مختلف می‌شود. مشابه عملکرد دانه برای عملکرد بیولوژیک نیز تفاوت بین تیمارها به دلیل تفاوت در مقدار آب آبیاری در نظر گرفته شده برای هر تیمار می‌باشد.

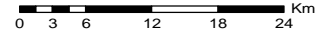
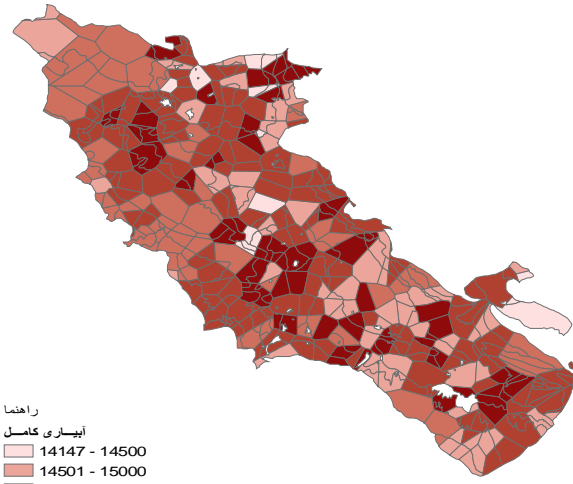
در شکل شماره 3 عملکرد بیولوژیک در سطح منطقه برای مدیریت‌های مختلف آبیاری (کامل، 20، 40 و 60 درصد کم آبیاری) نشان داده شده است. در تیمار آبیاری کامل که بالاترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص داده است عملکرد بین 14147-16500 کیلوگرم در هکتار قرار دارد. عملکرد بیولوژیک در مدیریت‌های 20، 40 و 60 درصد کم آبیاری به ترتیب در محدوده 16151-13357، 12728-15890 و 12085-15553 کیلوگرم در هکتار قرار دارد.

ن



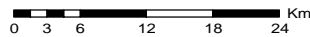
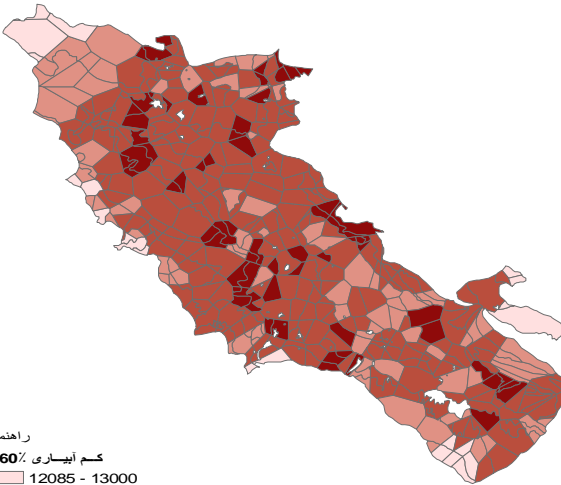
ب

ن



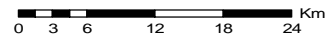
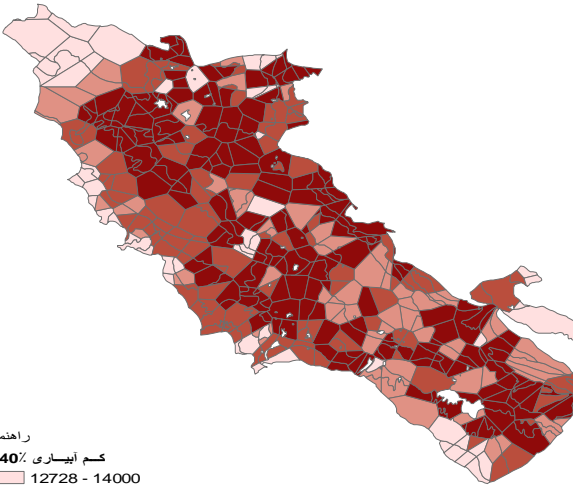
الف

ن



د

ن



ج

شکل 3- میانگین عملکرد (بیولوژیک) شبیه‌سازی شده (الف) حالت پتانسیل (ب) 20 درصد کم‌آبیاری (ج) 40 درصد کم‌آبیاری (د) 60 درصد کم‌آبیاری توسط مدل از سال 1992-2008 (kg/ha).

جدول 1- تجزیه واریانس تغییرات مکانی و زمانی عملکرد دانه و بیولوژیک در تیمارهای آبیاری، (میانگین مربعات).

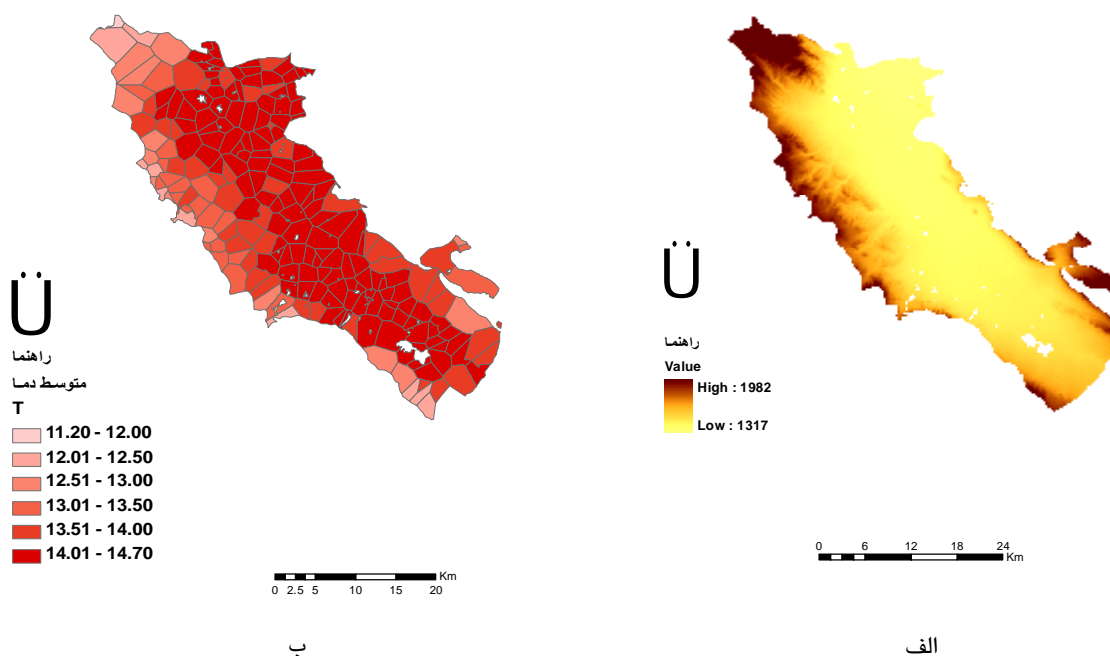
تغییرات زمانی			تغییرات مکانی			منابع تغییر
عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	درجه آزادی	
5391223/452**	5741048/243**	16	891681/16**	1477154/456**	439	تکرار
443865/152**	3618839/583**	3	79066382	101301995	3	تیمار
127937/094	100005/833	48	23296/121	28279/168	1317	خطا
		67			1759	کل

** معنی دار در سطح احتمال 1 درصد

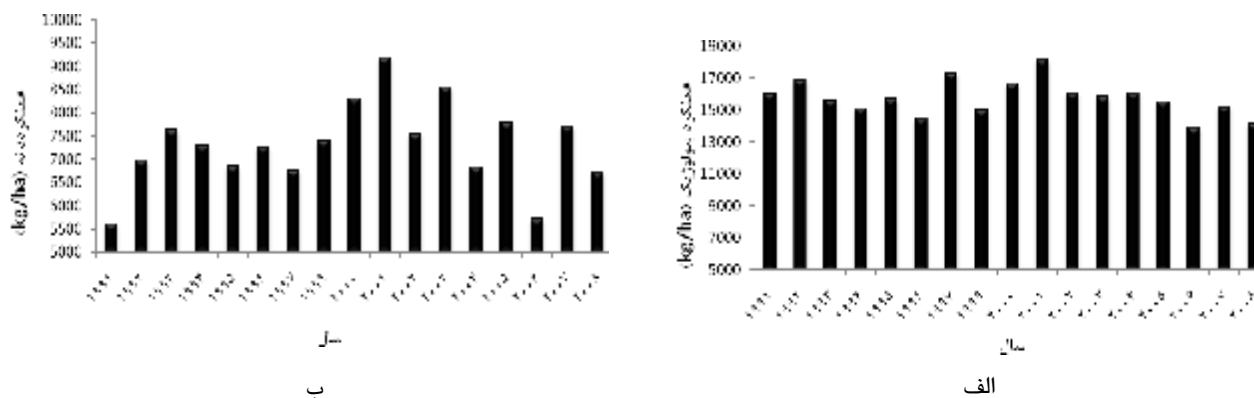
می‌دهد که تغییرات مکانی تشعشع خورشیدی در منطقه اندک است حال آن‌که میانگین دمای سالانه هوا در منطقه از 11/2 تا 14/7 درجه سانتی‌گراد متغیر می‌باشد (شکل 4 الف). تغییرات در متوسط درجه حرارت می‌تواند باعث افزایش و یا کاهش طول دوره رشد و نهایتاً تغییر در میزان عملکرد گردد. مقایسه نقشه درجه حرارت و نقشه های عملکرد شبیه‌سازی شده بیانگر این است که متوسط عملکرد در وسط دشت (با دمای بالاتر)، بیشتر از حواشی دشت با (دمای کمتر) می‌باشد. دمای پایین‌تر پیرامون دشت به علت ارتفاع بالاتر آن نواحی می‌باشد (4-ب). عملکرد بیولوژیک و دانه در سال‌های مختلف نیز متفاوت است (شکل 5). این تفاوت به علت تغییرات پارامترهای هواشناسی در طول سال‌های مختلف است. البته روند این تغییرات برای واحدهای هواشناسی، متفاوت است.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس میزان عملکرد (دانه و بیولوژیک) در واحدهای مختلف برای کلیه مدیریت‌های آبیاری در سطح احتمال 1 درصد متفاوت است (جدول شماره 1). عملکرد پتانسیل فقط به پارامترهای هواشناسی و خصوصیات گیاه بستگی دارد. از آنجا که در این مطالعه خصوصیات گیاه ثابت می‌باشد (چون یک رقم در کل منطقه کشت شده است)، تفاوت عملکرد پتانسیل در واحدهای مختلف بستگی به اختلاف در پارامترهای هواشناسی (از جمله دما و تشعشع خورشیدی) واحدهای هواشناسی دارد. در حالت‌های کم‌آبیاری این تفاوت علاوه بر پارامترهای هواشناسی به پارامترهای خاک واحد همگن و مقدار آبیاری نیز بستگی دارد.

میزان تشعشع خورشیدی و درجه حرارت از مهم‌ترین فاکتورهای هواشناسی می‌باشند که می‌توانند روی طول دوره رشد و میزان عملکرد نقش داشته باشند. بررسی داده‌های هواشناسی در واحدهای همگن نشان



شکل 4- الف - میانگین بلند مدت متوسط دمای سالانه در هر واحد هواشناسی ب - نقشه DEM منطقه ماهیدشت.



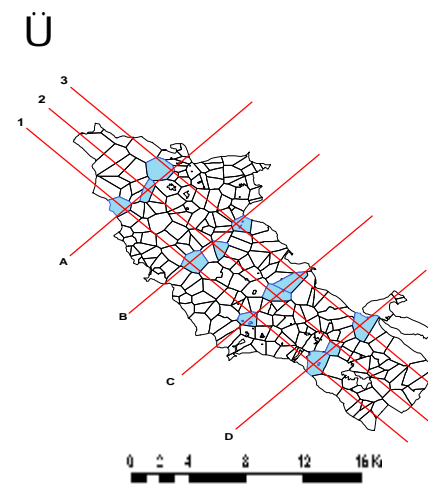
شکل 5- تغییرات زمانی متوسط عملکرد بیولوژیک (الف) و عملکرد دانه (ب) در منطقه در حالت پتانسیل.

نمی‌شود ولی در عمل چنین شرایطی به ندرت برای گیاه فراهم می‌شود، اطلاعات میدانی خاصی برای مقایسه موجود نبود ولی با توجه به کشت آزمایشی انجام شده و عملکرد پتانسیل بدست آمده، مقادیر در رنج قابل قبولی بودند. در حالت معمول چنین شرایطی اختلاف عملکرد بین واحدهای مختلف (شکل 7) به علت تفاوت در مقدار

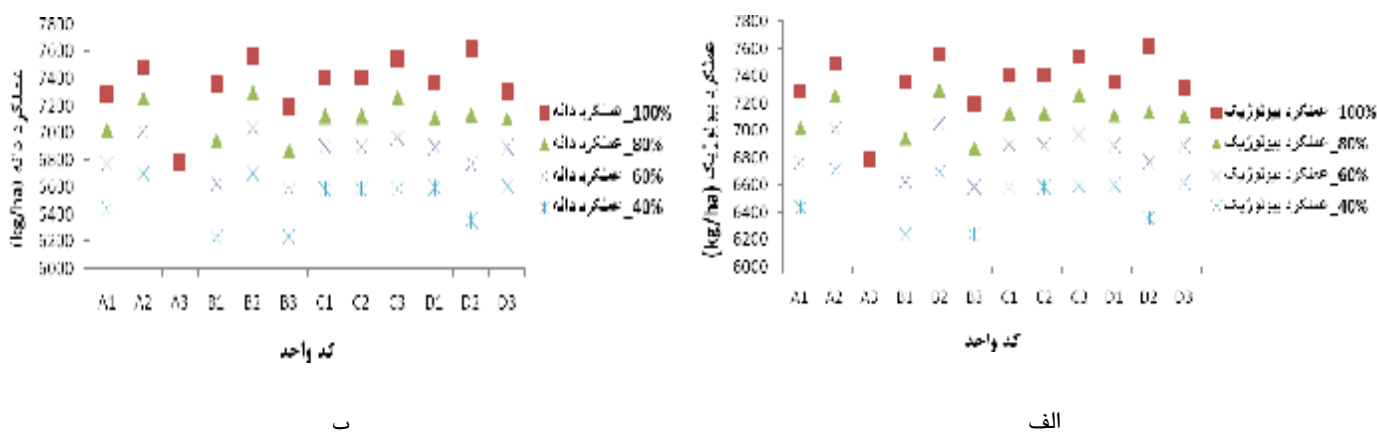
برای بررسی تغییرات مکانی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح منطقه به علت تعداد زیاد بودن واحدهای همگن، منطقه شبکه‌بندی شد و تغییرات مکانی فقط در تعدادی از واحدها (شکل 6) و فقط برای حالت پتانسیل بررسی شد. از آنجایی که در حالت پتانسیل هیچگونه تنشی اعم از آفات، امراض و کم‌آبی به گیاه وارد

نیز با هم متفاوت است. تفاوت در دمای هر منطقه باعث تفاوت در دوره رشد گیاه و عملکرد گیاه می‌شود.

پارامترهای هواشناسی می‌باشد. با توجه به اختلاف ارتفاع در واحدهای مختلف متوسط دمای سالانه واحدها



شکل 6- واحدهای انتخاب شده جهت بررسی مکانی پارامترهای محاسباتی.



شکل 7- الف) متوسط عملکرد بیولوژیک ب) متوسط عملکرد دانه بدست آمده برای واحدهای انتخاب شده.

بیشتر از درصد کاهش عملکرد بیولوژیکی است که دلیل آن می‌تواند بارندگی‌های فصل زمستان و بهار باشد (در این زمان گیاه در مرحله رویشی می‌باشد) که بخشی از کمبود رطوبتی خاک در اثر کم‌آبیاری را جبران می‌نماید. همچنین نتایج این آنالیز بیانگر این است که میزان

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به دست آمده در سطح منطقه با استفاده از سیستم CGMS و نرم‌افزار GIS بیانگر این موضوع می‌باشد که در کلیه تیمارهای کم‌آبیاری میزان عملکرد دانه و بیولوژیک کاهش می‌یابد. البته درصد کاهش عملکرد دانه

تغییرات روزانه درجه حرارت، عملکرد دانه در کشور استرالیا افزایش یافته در حالیکه این تاثیر در فرانسه منفی بود.

به طور کلی چنین سیستمی قادر است که تفاوت بین طول دوره رشد، نیاز آبی و عملکرد گیاه را در واحدهای مختلف یک دشت شبیه‌سازی نماید. فلذا از این نتایج می‌توان جهت برنامه‌ریزی مکانی منابع آب بهره برد و به جای استفاده از مقادیر متوسط عملکرد و نیاز آبی در یک منطقه، مقدار آن را در هر واحد در نظر گرفت (فرهادی بانسوله و همکاران 2009). ضمناً سیستم مورد مطالعه با در نظر گرفتن تاثیر تغییرات پارامترهای هواشناسی طی سال‌های مختلف، میزان عملکرد در حالات پتانسیل آبی و کم‌آبیاری برای یک تاریخ کشت معین برآورد نمود که تفاوت بین عملکرد در سال‌های مختلف نیز قابل ملاحظه می‌باشد.

درصد کاهش عملکرد در اثر کم‌آبیاری در قسمت‌های مختلف یک دشت متفاوت است و سیستم مورد مطالعه قادر به در نظر گرفتن این تفاوت‌ها می‌باشد. بنابراین مناطق میانی دشت استعداد بیشتری برای تولید جو دارند و این نتایج می‌تواند نشان دهنده تغییرات اقلیمی (تشنوع و دما) در حالت پتانسیل در سطح دشت باشد (نصیری محلاتی و کوچکی 1388) و در حالت کم‌آبیاری علاوه بر پارامترهای اقلیمی تابع نوع خاک عناصر غذایی خاک نیز باشد. در تمام تیمارها واحدهای هواشناسی موجود در مناطق پست‌تر عملکرد بالاتری نسبت به واحدهای با ارتفاع بالاتر داشته‌اند. تاثیر تغییرات شرایط مکانی بر عملکرد را در بررسی مشابهی که قبل از واسنجی مدل نیز انجام شده بود می‌توان دلیلی بر صحت نتایج بدست آمده دانست (احمدی و فرهادی بانسوله 2010). در حالی که در بررسی تغییرات درجه حرارت بر عملکرد دانه غلات در مورد گندم توسط لوبل نشان داده شده است که با افزایش

منابع مورد استفاده

- احمدی م، 1390. بررسی اثرات کم‌آبیاری روی عملکرد محصول جو در منطقه ماهیدشت با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاه. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه.
- امیری ا، کاوسی م و کاوه ف، 1388. ارزیابی مدل‌های گیاهی WOFOST و SWAP در مدیریت‌های مختلف آبیاری. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، شماره 10. صفحه‌های 13-28
- توکل‌عی ع ر. 1382. اثر مقادیر مختلف آبیاری تکمیلی و نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم رقم سبلان. مجله نهال و بذر، جلد 19، شماره 3. صفحه‌های 367-381.
- بی نام، 1382. مطالعات مرحله اول ساماندهی دشت‌ها (ماهیدشت سنجایی). وزارت جهاد کشاورزی.
- نصیری محلاتی م و کوچکی ع ر، 1388. پهنه‌بندی اگرواکولوژیک گندم در استان خراسان: برآورد پتانسیل و خلاء عملکرد. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد 7، شماره 2. صفحه‌های 695-709
- Ahmady M and Farhadi Bansouleh B, 2010. Effects of emergence date on barley crop yield using crop growth simulation model of WOFOST in Mahidasht, Kermanshah. The First International Conference on Plant, Water, Soil & Weather Modeling International., Kerman, Iran
- Allen R G, Pereira L S, Raes D and Smith M, 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
- Baruth B, Genovese G, and Leo O, 2007. CGMS version 9.2 User manual and technical documentation. European Commission Joint Research Centre Institute for the Protection and Security of the Citizen, Italy.

- Boogard HL, van Diepen CA, Roller RP, Cabrera JM and van Laar HH, 1998. User's guide for the WOFOST 7.1 crop growth simulation model and WOFOST Control Center 1.5. Technical document 52, DLO Winand Staring Centre, Wageningen, Netherlands.
- Cătălin L, Bettina B, Fabio M and Daniela Anca L, 2009. Adaptation of WOFOST model from CGMS to Romanian condition. *Plant Develop* 16: 97–102.
- Ceglar A, Crepinsek Z, Kajfez-Bogataj L and Pogacar T, 2011. The simulation of phenological development in dynamic crop model: The Bayesian comparison of different methods. *Agricultural and Forest Meteorology* 151: 101-115
- English M, 1990. Deficit irrigation I. An analytical framework. *Irrigation Drainage ASCE* 116: 399-412.
- Farhadi Bansouleh B, Sharifi MA and van Keulen H, 2009. Sensitivity analysis of performance of crop growth simulation models to daily solar radiation estimation methods in Iran. *Energy Conversion and Management* 50: 2826-2836.
- Farhadi Bansouleh B, 2009. Development of a spatial planning support system for agricultural policy formulation related to land and water resources in Borkhar & Meymeh district, Iran. Ph.D. Thesis, ITC/Wageningen University, Enschede/Wageningen, The Netherlands, 267 pp.
- Huygen J, 1990. Simulation studies on the limitations to maize production in Zambia. Report 27. DLO Winand Staring Centre, Wageningen.
- Lobell DB, 2007. Changes in diurnal temperature range and national cereal yields. *Agricultural and Forest Meteorology* 145: 229-238.
- Rotter H, Rvan Keulen H and Jansen MJW, 1997. Variations in yield response to fertilizer application in the tropics: I. quantifying risks for small holders based on crop growth simulation. *Agriculture Systems* 53:41-68.
- Wolf J and van Diepen CA, 1994. Effects of climate change on silage maize production potential in the European Community. *Agricultural Forest Meteorology* 71: 33-60.
- Wolf J, Berkhout JAA, van Diepen CA and van Immerzeel CH, 1989. A Study on the Limitations to Maize Production in Zambia Using Simulation Models and a Geographic Information System. *The Future of the Land, Mobilising and Integrating Knowledge for Land Use Options*, John Wiley & Sons, Wageningen, the Netherlands.
- Yuping M, Shili W, Li Z, Yingyu H, Liwei Z, Yanbo H, and Futang W, 2008. Monitoring winter wheat growth in North China by combining a crop model and remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation* 10: 426-437.