پهنه بندی آگرواکولوژیک گندم در حوضه آبریز بروجن: ارزیابی سیستم های زراعی دیم و آبی

جواد طایی سمیرمی[1*]، احمد قنبری[2]، ابراهیم امیری[3]، عبدالعلی غفاری[4]، براتعلی سیاهسر[2] و شمس اله ایوبی[5]

تاریخ دریافت: 90/5/10 تاریخ پذیرش: 91/4/14

1- دانشجوی دوره دکتری اکولوژی گیاهان زراعی دانشگاه زابل
2- دانشیار و استادیار، گروه زراعت -دانشگاه زابل
3- استادیار گروه آبیاری- دانشگاه آزاد لاهیجان
۴- استادیار-عضو هیئت علمی و ریاست مرکز تحقیقات دیم کشور-مراغه
۵- استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان
- **مسئول مکاتبه** Taiejavad@yahoo.com

چکیده

پهنه بندی آگرواکولوژیک یک مدل چند معیاری است که می تواند برای ایجاد پایگاه اطلاعات مکان دار، ارزیابی و برنامه ریزی استفاده از اراضی کشاورزی مورد توجه قرار گیرد. این پژوهش به منظور پهنه بندی منطقه بروجن از نظر سیستم های زراعی تولید گندم در شرایط پتانسیل و محدودیت آب انجام گرفته است. به این منظور پایگاه داده های دراز مدت روزانه اقلیمی با استفاده از 18 ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژیک پوشش دهنده منطقه مورد مطالعه ایجاد شد و پتانسیل تبخیر و تعرق نیز بر اساس روش پنمن –مونتیث و با استفاده از نرم افزار ET.Calculator محاسبه گردید. برای شبیه سازی عملکرد گندم در شرایط بهینه تولید و شرایط محدودیت آب از مدل WOFOST که قبلا واسنجی شده بود، مورد استفاده قرار گرفت. میزان عملکرد گندم برای همه ایستگاه‌ها شبیه سازی شده و اطلاعات حاصل بصورت داده های مکان دار به محیط نرم افزار ArcGIS وارد گردید و برای تخمین عملکرد در سطح منطقه از تابع Spline برای درونیابی بین داده‌های خروجی حاصل از مدل استفاده شد. نتایج نشان داد عملکرد پتانسیل از 2/2 تا6/4 تن در هکتار در منطقه مورد مطالعه متغیر می‌باشد به طوریکه دشت های مرکزی و شمال شرقی حوضه در مقایسه با نواحی جنوبی و غربی پتانسیل عملکرد بالاتری برای تولید گندم دارند. همچنین عملکرد در شرایط محدودیت آب از2/4 تا 3/7 تن در هکتار متغیر می‌باشد، به طوریکه دشت های جنوب شرقی در مقایسه با نواحی جنوبی و غربی استعداد بیشتری برای تولید گندم در شرایط محدودیت آب یا دیم دارند. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل شکاف عملکرد، منطقه مورد مطالعه به 4 پهنه آگرواکولوژیک تفکیک می گردد:1- ناحیه متناسب برای زراعت آبی تولید گندم با شکاف عملکرد 4/2 تا 6/2 تن در هکتار2-ناحیه متناسب برای زراعت دیم با شکاف عملکرد 3تا 3/6 تن در هکتار 3- ناحیه متناسب برای هر دو سیستم زراعی دیم و آبی با شکاف عملکرد کمتر از 2/4 تن در هکتار و 4- ناحیه نامناسب برای تولید گندم. تحلیل الگوی بیلان آبی در منطقه مورد مطالعه نشان داد، مهمترین عامل ایجاد شکاف عملکرد در حالت پتانسیل نسبت به محدودیت آب در منطقه مورد مطالعه، الگوی توزیع بارش و دمای پایین در طول دوره رشد مرطوب است. به طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که مدل WOFOST توانایی خوبی برای شبیه‌سازی عملکرد گندم در شرایط پتانسیل و محدودیت آب دارد و می توان از آن به عنوان ابزاری مناسب جهت تحلیل سیستم های زراعی در مقیاس‌های منطقه ای استفاده کرد.

واژه های کلیدی: پهنه بندی اگرواکولوژیک، سامانه اطلاعات جغرافیایی، سیستم های زراعی، گندم، **مدل** WOFOST

Agroecological Zoning of Wheat in the Borujen Watershed: Rianfed and Irrigated Wheat Cropping System Evaluation

J Taei Semiromi[1*], A Ghanbari[2], E Amiri[3], A Ghaffari[4] , B Siahsar[2] and Sh Ayoubi[5]

Received: July 4, 2012 Accepted: August 1, 2011
[1]PhD student of Crop Ecology. University Of Zabol. Department of Agronomy. Zabol, Iran
[2]Assoc. Prof and Assist Prof, Department of Agronomy, University Of Zabol. Zabol, Iran
[3]Assist Prof, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Lahijan branch, Lahijan, Iran
[4]Assist Prof, Agricultural Extension, Education and Research Organization (AEERO), Dryland Agricultural Research Institute (DARI).
[5]Assist Prof, Department of Soil sciences, Isfahan University of Technology, Iran
* Corresponding author: Taiejavad@yahoo.com

Abstract

Agroecological zoning is multidisciplinary model that could be applied to create spatial database, due to evaluation and agricultural land use planning. This study was performed in order to evaluate the wheat cropping system with agroecological zoning methodology in the Borujen watershed. Therefore the long term daily climatic database was made from 18 synoptic and climatic stations that covered whole of study area. Potential evapotranspiration was calculated using ET Calculator software base on Penman-Montith method. The WOFOST model showed acceptable performance during validation for predicting yield and development stages of wheat cultivars under potential and water limited conditions. Wheat yield production was simulated for all stations, and then the outputs of model were interred to ArcGIS software setting. The output data of model was interpolated using Spline function for yield estimation overall study area. Results showed, mean potential yield of wheat was varied 6.2 to 6.9 t ha^{-1} overall study area, so that the central and northern east basins are more suitability for yield production in potential mod. Mean water limited yield of wheat was varied 2.4 to 3.7 t ha^{-1} overall study area, so that the eastern south basins (Imam Qeis basin) are more suitable for wheat in rainfed or water limited conditions.The results of yield gap analysis in different wheat cropping systems performed on four different agro-ecological zones, include of Zone1: yield gaps = 4.2-6.2 Mg/ha, Zone 2: yield gaps = 3-3.6 Mg/ha, Zone 3: yield gaps < 2.4 Mg/ha, and Zone 4 is unsuitable area. Analysis of water balance pattern in the study area showed that, the main factors that affected on yield gap are rainfall distribution and low temperature during moisture growing period. This study demonstrates that WOFOST model has the good capability for wheat yield simulation in potential and water limited conditions and can be used as suitable approach to analyze the cropping systems at regional scales.

Keywords: Agroecological zoning, Cropping systems, GIS, WOFOST model, Winter wheat**.**

مقدمه

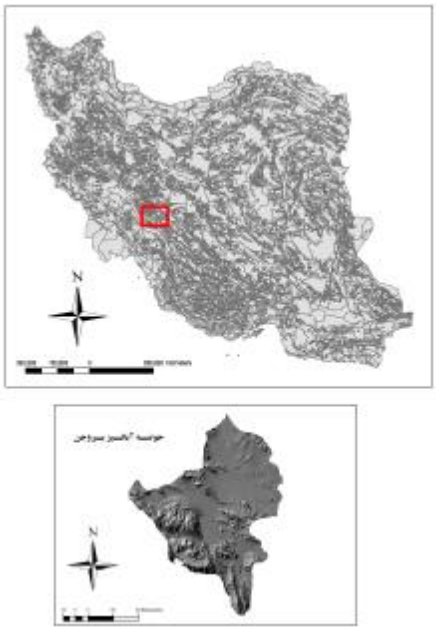
با توجه به اجزای پیچیده و به پیوسته درچالش امنیت غذایی موجود در قرن بیست ویکم، راه حل هایی که فقط یکی ازاجزاء اکوسیستم های زراعی را در بر می‌گیرند مفید و موثر نخواهد بود. این مساله بایستی از طریق برنامه‌های تلفیقی به هم پیوسته و سلسله مراتبی با در نظر گرفتن تمام جوانب مورد بحث قرار گیرد تا در عین حال بتواند به مدیریت پایدار منابع طبیعی منجر گردد. برای این منظور، سازمان خوار و بار جهانی و کمیته بین المللی تحلیل سیستم های کاربردی[1] (*IIASA*) روش پهنه-بندی اکولوژی کشاورزی[2] را ارائه دادند(فائو 1996). در این روش ابتدا بایستی برای هر منطقه ارزیابی دقیقی از منابع اراضی(خاک، آب و اقلیم) انجام گیرد و اطلاعات حاصل، با استفاده از یک سیستم اطلاعات مکانی مورد تحلیل قرار گیرد(محمدرضایی 1388و دپائو2008). امکان تخمین دقیق پتانسیل اراضی و عملکرد گیاه زراعی در سیستم های زراعی مختلف، قبل از برداشت نهایی محصول تنها با استفاده از مدل های شبیه سازی رشد و نمو گیاهان زراعی میسر می-گردد(امیری و رضایی 2009). در اغلب موارد مدل های شبیه سازی رشد و نمو به کاربرد در نقاط مشخص (کاربرد نقطه‌ای) محدود شده است (تاتاری 1387 وماچوا و همکاران1991). تا به حال مطالعات متعددی در مورد کاربرد مدل های زراعی در سطح منطقه ای انجام گرفته است (نصیری 1388 و تیلهام 2006). در بین مدل های شبیه سازی رشد ونمو گیاهان زراعی، مدل WOFOST به دلیل سادگی کاربرد، نیاز به داده های کمتر و قابلیت تلفیق با سامانه اطلاعات جغرافیایی، ابزاری مناسب برای تحلیل و ارزیابی سیستم های زراعی می‌باشد (نصیری1388ودوی‌هارتکامپ 1999). این مدل در برخی مناطق کشور مورد استفاده قرار گرفته و نتایجی اعتبار سنجی بالایی نیز از آن حاصل شده است(تاتاری 1387و نصیری 1388و امیری و رضایی 2009). مدل WOFOST در سیستم پایش رشد گیاهی[3] برای تخمین عملکرد گیاهان مختلف نظیر گندم، جو، پنبه، آفتابگردان، برنج، سویا، سیب زمینی و دانه های روغنی در اتحادیه اروپا مورد استفاده قرار گرفته است (بوگارد و همکاران 1998). با وجود اهمیت این موضوع، تحقیقات انجام شده در ایران در ارتباط با پهنه بندی و پتانسیل یابی محصولات زراعی بسیار محدود می‌باشند. استفاده از مدل WOFOSTدرایران برای شبیه سازی رشد ونمو گندم (تاتاری 1387)، پهنه‌بندی شکاف عملکرد(نصیری1388) و برنج (امیری و رضایی2009) گزارش شده است.

با توجه به جایگاه ویژه گندم در نظام‌های تولید کشور، هدف از این تحقیق تعیین پهنه بندی اگرواکولوژیکی از نظر پتانسیل تولید گندم، مقایسه عملکرد پتانسیل با عملکرد در شرایط محدودیت آب و ارزیابی سیستم های زراعت دیم و آبی در شهرستان بروجن است.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه حوضه آبخیز بروجن است که در جنوب‌شرقی استان چهار محال و بختیاری بین عرض‌های جغرافیایی ′29 °31 و ′13 °32 شمالی و طول‌های جغرافیایی′47 °50 و ′26 °51 شرقی واقع شده است (شکل1). این منطقه نیز به تبعیت از اوضاع کلی آب و هوایی استان چهارمحال و بختیاری که تابعی از وضعیت کلیماتولوژی زاگرس میانی است، دارای زمستان‌های سرد و طولانی و تابستانهای کوتاه و معتدل می‌باشد.

1- Internationa Institute for Applied System Analysis(IIASA)
2- Agro-Ecological Zoning
3- Crop Growth Monitoring System



شکل1- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش جهت پیش‌بینی عملکرد پتانسیل گندم از نسخه7 مدلWOFOST[1] استفاده گردید. ساختار و روش محاسبات در این مدل در منابع مختلف ارائه شده است (بنایان وهمکاران 2003 و بوگارد و همکاران 1998 و شارما و همکاران2010) به اختصار اشاره می‌شود که در شرایط پتانسیل درجه حرارت حداقل و حداکثر روزانه، تشعشع روزانه و خصوصیات گیاه زراعی ورودی‌های اصلی مدل می‌باشند. سرعت فتوسنتز روزانه کانوپی بر اساس میزان تشعشع خورشیدی و رابطه بین فتوسنتز تک برگ و شدت نور پس از انتگرال گیری بر حسب شاخص سطح برگ و طول روز محاسبه می‌شود. سرعت رشد ماده خشک بر مبنای سرعت فتوسنتز کانوپی و پس از کسر تلفات ناشی از تنفس نگهداری و تنفس رشد بدست می‌آید. ماده خشک تولید شده از طریق توابعی بین اندام‌های مختلف شامل برگ، ساقه، ریشه و اندام‌های ذخیره‌ای (دانه) تخصیص می‌یابد. ماده خشک تخصیص یافته به برگ مبنای محاسبه شاخص سطح برگ و توسعه کانوپی در طی دوره رشد می‌باشد. الگوی تخصیص مواد بین اندام ها خود تابعی از مرحله نمو گیاه است، سرعت نمو تابع میانگین درجه حرارت روزانه بالاتر از یک دمای پایه بوده و مرحله نمو با انتگرال گیری از این سرعت در طی زمان تعیین می‌شود. فاصله زمانی محاسبات یک روزه بوده و مدل قادر است علاوه بر عملکرد نهایی، بسیاری از خصوصیات رشد از جمله شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، میزان تجمع ماده خشک در هر یک از اندام ها، میزان تشعشع جذب شده و مراحل نمو را با فواصل یک روزه بعنوان خروجی ارائه کند(بومن وهمکاران 1996 و ون‌ایترسام و همکاران2003).

داده‌های مورد نیاز مدل WOFOST: اطلاعات مربوط به مدیریت مزرعه، تاریخ کاشت و میانگین عملکرد واقعی برای نواحی مختلف از مراکز تحقیقات کشاورزی استان چهارمحال- بختیاری و جهاد کشاورزی جمع آوری شد. *داده‌های اقلیمی*: داده‌های مربوط به یک دوره 20ساله بوده و *شامل* حداقل و حداکثر دمای روزانه، بارش ورطوبت نسبی هوا، تبخیر پتانسیل، ساعات آفتابی بصورت روزانه از کلیه ایستگاه‌های هواشناسی پوشش دهنده منطقه مورد مطالعه جمع آوری گردید. پتانسیل تبخیرو تعرق نیز بر اساس روش پنمن –مونتیث و با استفاده از نرم افزار ET.Calculator بصورت روزانه محاسبه گردید(فائو 2009). *داده‌های خاک*: بافت خاک، نقطه پژمردگی، وضعیت اشباع، ظرفیت زراعی، وزن مخصوص ظاهری، ماده آلی، شوری خاک،pH و سایر ویژگی های شیمیایی مورد نیاز از گزارش نیمه تفصیلی دشت های منطقه مورد مطالعه استخراج گردید(مهندیسن مشاوریکم 1379). *داده‌های گیاه زراعی*: برای واسنجی و اعتبار سنجی مدل از آزمایش 3ساله انجام شده در مرکز تحقیقات کشاورزی شهرکرد و ایستگاه بروجن استفاده شد(صحراگرد 2006). مدل پس از واسنجی، توسط داده‌های حاصل از آزمایشات انجام شده در ایستگاه‌های تحقیقاتی(شهرکرد و بروجن) در شرایط بهینه رشد گندم

1- WOrld FOod STudies

(بدون محدودیت آب و عناصر غذایی و آفات و بیماریها) تعیین اعتبار شد.

شبیه سازی عملکرد پتانسیل گندم

عملکرد پتانسیل برای یک دوره چند ساله برای شرایط پتانسیل و محدودیت آب شبیه سازی گردید و اختلاف بین آنها مورد تحلیل قرار گرفت.

اعتباریابی دقت مدل و ارزیابی آماری نتایج شبیه سازی مدل

ارزیابی قدرت مدل‌های مختلف در پیش بینی با استفاده از دو شاخص جذر مجموع مربعات خطا (RMSE) و نیز

$$RMSE_n = 100 \left(\sum_{i=1}^{n} (P_i - O_i)^2 / n\right)^{0.5} / O_{mean}$$

ضریب رگرسیونی خطا مقادیر واقعی در برابر مقادیر پیش بینی شده انجام شد. شاخص RMSE را از معادله زیر محاسبه می شود (معادله 3-1) (رینالدی 2003):

در این معادله Pi و Oi به ترتیب مقادیر پیش بینی شده و واقعی، n تعداد اندازه گیری واقعی اجزای گیاهی و O_{mean} میانگین مقادیر واقعی می‌باشد. RMSE به صورت درصد اختلاف نسبی مقادیر پیش بینی شده در برابر مقادیر واقعی بیان می‌شود. برای برازش معادلات و انجام محاسبات آماری، از نرم افزار Excel و SAS استفاده شد.

تحلیلی مکانی داده ها

در این پژوهش ز نقشه کاربری اراضی 1/75000 تهیه شده توسط اداره کل آمار و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی با اصلاحات جزئی و به هنگام سازی در حاشیه واحد های اراضی به عنوان لایه اطلاعاتی مبنی کاربری اراضی استفاده شد. نتایج حاصل ازشبیه سازی بصورت اطلاعات مکان دار به محیط ArcGIS وارد گردید (میرمحمدصادقی 1389). به منظور تخمین میزان عملکرد در سطح منطقه از تابع درونیابی Spline استفاده شد(وو و همکاران 2006). در این پژوهش برای تلفیق مدل با GIS از روش اتصال[1] استفاده شده است(دوی هارتکامپ و همکاران 1999). روش اتصال مدل با GIS به دو صورت مختلف انجام می شود: 1- ابتدا محاسبات و سپس درون یابی (CI) 2- ابتدا درون یابی داده ها و سپس محاسبات رستری (IC). نتایج تحقیقات انجام شده نشان داده روش اول (CI) دارای میانگین مربعات خطای کمتر بین مقادیر پیش بینی شده و مقادیر واقعی است، لذا خطای مدل افزایش می یابد (وو و همکاران 2006). در این مطالعه از روش اول (ابتدا محاسبات و سپس درون یابی) استفاده شده است.با استفاده از روش هم‌پوشانی ریاضی[2]، لایه رستری عملکرد در شرایط پتانسیل و لایه رستری محدودیت آب، میزان شکاف عملکرد ارزیابی و پهنه بندی گردید. با تطابق لایه های شکاف عملکرد و تناسب زراعت دیم و آبی، نقشه پهنه بندی آگرواکولوژیک گندم در منطقه مورد مطالعه ایجاد گردید.

نتایج و بحث

نتایج تعیین اعتبار مدل برای عملکرد و زیست توده کل گندم رقم الوند در جدول1 نشان داده شده است. مدل WOFOST برآورد قابل قبولی برای هر دو متغیر به همراه داشت. مقادیر عملکرد مشاهده شده در محدوده 2/2 تا 6/2 بود. نتایج حاصل از آزمون Paired t-test دو دامنه-ای نشان داد بین مقادیر مشاهده شده عملکرد و زیست توده کل با مقادیر شبیه سازی شده آنها تفاوت معنی داری وجود ندارد($P>0.05$). بر اساس نتایج حاصل از شبیه سازی مشخص شد میزان عملکرد شبیه سازی شده، برازش خوبی با مقادیر مشاهده شده داشت(شکل2). مقدار میانگین مربعات خطا برای هر دو متغیر در محدوده مطلوب قرار داشت و از 15 درصد تجاوزنکرد، بعلاوه شیب خط رگرسیون بین مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده برای عملکرد و زیست

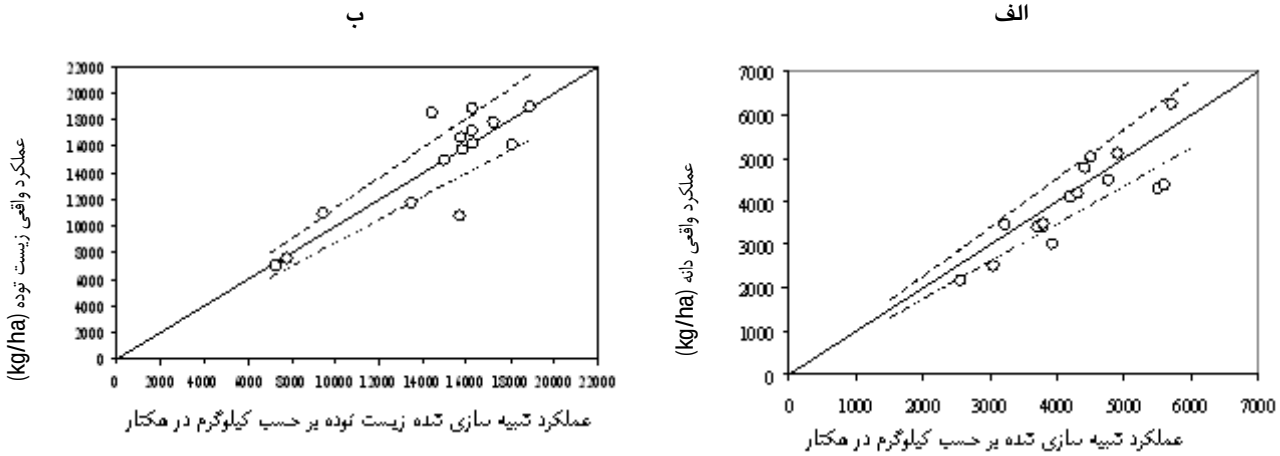
[1] Linking Method
[2] Ari thematic Overlay

توده کل نیز با شیب خط 1:1 تفاوت معنی داری (0/05 > P) نشان نداد (جدول1). بر اساس شکل (2) نزدیک به 70درصد عملکرد و زیست توده کل در اطراف خط استاندارد(±SE) عملکرد مشاهده شده قرار دارد. همچنین ضریب تباین(R2) نیز هبستگی بالایی(R^2>0.70) بین مقادیر شبیه سازی شده با مقادیر واقعی نشان می دهد. مدل WOFOST در بسیاری از مطالعات و در مناطق مختلف از جمله برای ارزیابی پتانسیل تولید و شبیه سازی رشد، عملکرد گندم در دشت های شمالی چین (وو و همکاران 2006) و روسیه(سوین و همکاران 1997) با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است. امیری و رضایی (2009) مدل WOFOST را برای شبیه سازی رشد ونمو برنج مورد استفاده قرار دادند بر اساس نتایج ارزیابی آماری و گرافیکی مدل به منظور شبیه سازی بیوماس کل، بیوماس پانیکول و شاخص سطح برگ نتیجه گرفتند که مدل WOFOST در شبیه سازی بیوماس کل و بیوماس پانیکول از دقت مناسبی برخوردار است، ولی شاخص سطح برگ را به خوبی شبیه سازی نمی کند. به طور کلی نتایج مطالعه حاضر نیز نشان می‌دهد که مدل WOFOST، قابلیت مطلوبی در تخمین پتانسیل عملکرد گندم در منطقه مورد مطالعه داشته است.

جدول1- نتایج واسنجی و تعیین اعتبار مدل برای عملکرد و زیست توده کل رقم گندم الوند در شرایط پتانسیل تولید. شیب خط رگرسیون بین مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده برای هر متغیر با خط 1:1 از طریق آزمون t مقایسه شده و ضریب تبیین برای هر خط رگرسیون نیز ارائه شده است.

سال	متغیر گیاهی	N	X_{obs} (SD)	X_{sim} (SD)	α	β	R^2	P(t)	RMSEn (%)	RMSE	SE	CV(%)
1384-1381	عملکرد دانه (Kg/ha)	15	4044 (825/9)	4276/9 (936/2)	0/962	-74	0/72	0/26	15	591	513/6	12
1384-1381	زیست توده کل (Kg/ha)	15	14615 (3331/7)	14515 (3560)	0/966	593	0/74	0/49	14	1978/3	1886	12/9

N: تعداد جفت داده های مشاهده شده و شبیه سازی شده. X_{obs}: میانگین مقادیر مشاهده شده. X_{sim}: میانگین مقادیر شبیه سازی شده. α: شیب نسبی خط بین مقادیر شبیه سازی شده و مشاهده شده. β: عرض از مبداء نسبی بین مقادیر شبیه سازی شده و مشاهده شده. R^2: ضریب همبیستگی خطی اصلاح شده بین مقادیر شبیه سازی شده و مقایسه شده. RMSE : جذر میانگین مربعات خطا. RMSEn (%): جذر میانگین مربعات خطای استاندارد. SE: خطای استاندارد مقادیر مشاهده شده. CV: ضریب تغییرات برای مقادیر مشاهده شده.



شکل 2- ارزیابی نتایج مدل WOFOST بر اساس داده های آزمایش مزرعه در سال های زراعی 1384-1381. شکل الف- نتایج شبیه سازی شده عملکرد (y= -74+0.962x)، شکل ب- نتایج شبیه سازی شده زیست توده کل (y=593-0.966x).

پهنه بندی پتانسیل عملکرد

بر اساس نتایج حاصل از شبیه سازی در سطح منطقه مورد مطالعه، عملکرد پتانسیل از 2/2 تا6/4 تن در هکتار متغیر می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که دشت های مرکزی و شمال شرقی حوضه در مقایسه با نواحی جنوبی و غربی استعداد بیشتری در تولید گندم دارند(شکل3-الف). ماچو (1991) با انجام مطالعه‌ای در مورد ذرت، گندم و برنج نشان دادند که عملکرد پتانسیل این گیاهان بسته به اقلیم بسیار متنوع می‌باشد. نصیری و کوچکی(1388) با استفاده از مدل WOFOST پتانسیل تولید گندم را در استان خراسان 4/2 تا 8 تن در هکتار برآورد نمودند.

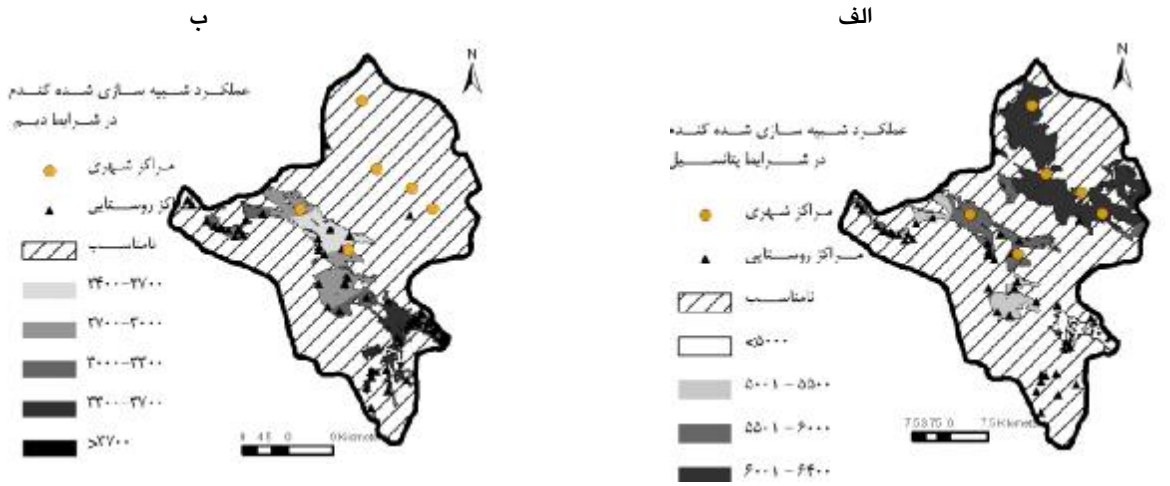
پهنه بندی عملکرد در شرایط محدودیت آب

درشکل (3-ب) مقادیر پیش بینی شده عملکرد گندم در شرایط محدودیت آب در مناطق مختلف حوضه مطالعاتی بروجن نشان داده شده است. بر اساس این نتایج عملکرد در شرایط محدودیت آب از2/4 تا 3/7 تن در هکتار متغیر می‌باشد. همچنین میزان زیست توده کل نیز از 11 تا 19 تن در هکتار متغیر است. توزیع مکانی عملکرد دانه و زیست توده کل، نشان می‌دهد که تنها دشت های جنوب شرقی حوضه (دشت امام قیس) در مقایسه با نواحی جنوبی و غربی از نظر خصوصیات اقلیمی استعداد تولید گندم را در شرایط محدودیت رطوبت یا دیم دارد. دشت های مرکزی(منطقه بلداجی) نیز نسبت به دشت های شمالی برای تولید گندم دیم وضعیت مطلوب تری دارند اما در مقایسه با منطقه امام قیس استعداد کمتری برای تولید گندم دیم دارد (شکل 3-ب). مارلتو و همکاران (2007) با استفاده از داده‌های هواشناسی و مدل گیاهی شبیه سازی رشد گندم زمستانه (WOFOST) در شرایط محدودیت آب، عملکرد دانه و رشد گیاه را پیش بینی نمودند. عملکرد پیش بینی شده مطابقت زیادی با داده‌های واقعی داشت. از نظر مؤلفان این مدل روش مناسبی برای پیش بینی عملکرد گندم خصوصاً در شرایط کمبود آب در مقیاس‌های منطقه‌ای و محلی می‌باشد(بومن و همکاران1996 وبووگارد 1998 و سوین و همکاران1997).

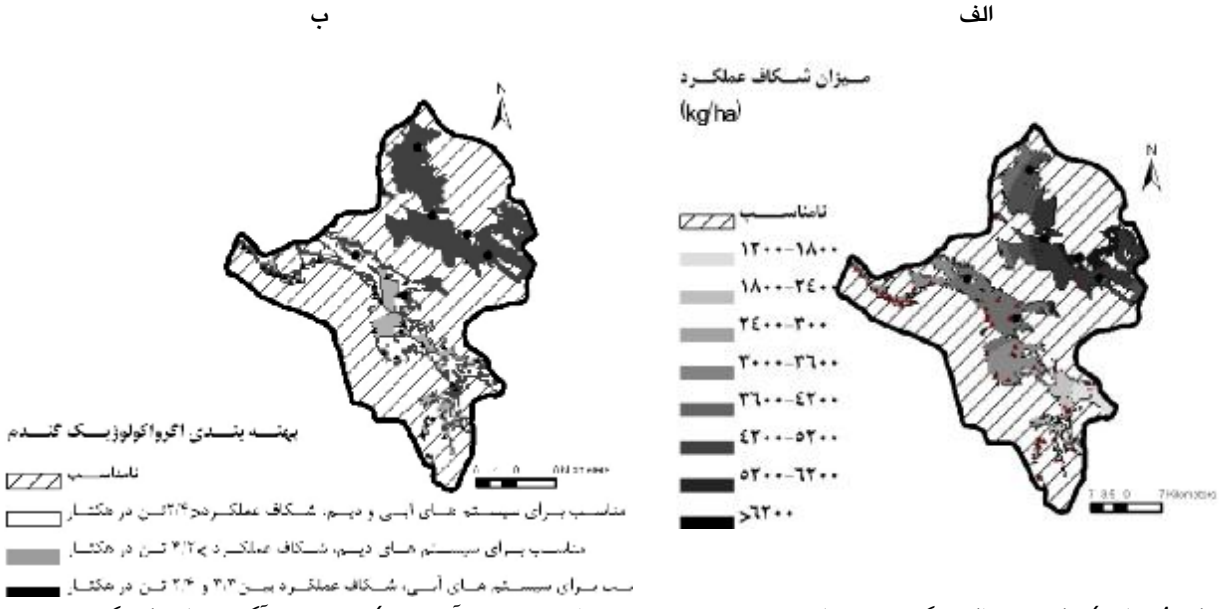
تحلیل مکانی شکاف عملکرد

بر اساس نتایج حاصل از پهنه بندی شکاف عملکرد، منطقه مورد مطالعه در سه پهنه مجزا قرار می گیرد(شکل4- الف). 1- پهنه‌ای که میزان شکاف عملکرد

کمتر از 2/4 تن در هکتار است2- پهنه ای که شکاف عملکرد بیش از 4/2 تن در هکتار است3- پهنه ای که شکاف عملکرد در آن بین 2/4 تا 4/2 تن در هکتار است. از همپوشانی نتایج حاصل از نقشه های تناسب اراضی زراعت دیم و آبی، عملکرد گندم در حالت پتانسیل و دیم، می توان به نقشه پهنه بندی آگرواکولوژیک برای سیستم های زراعی دیم و آبی، در منطقه دست یافت. این نقشه (شکل 4-ب) علاوه بر ارایه سیستم های زراعی متناسب با هر پهنه، میزان افزایش عملکرد را در راستای تغییر کاربری یا تغییر سیستم زراعی را نیز نشان می دهد.



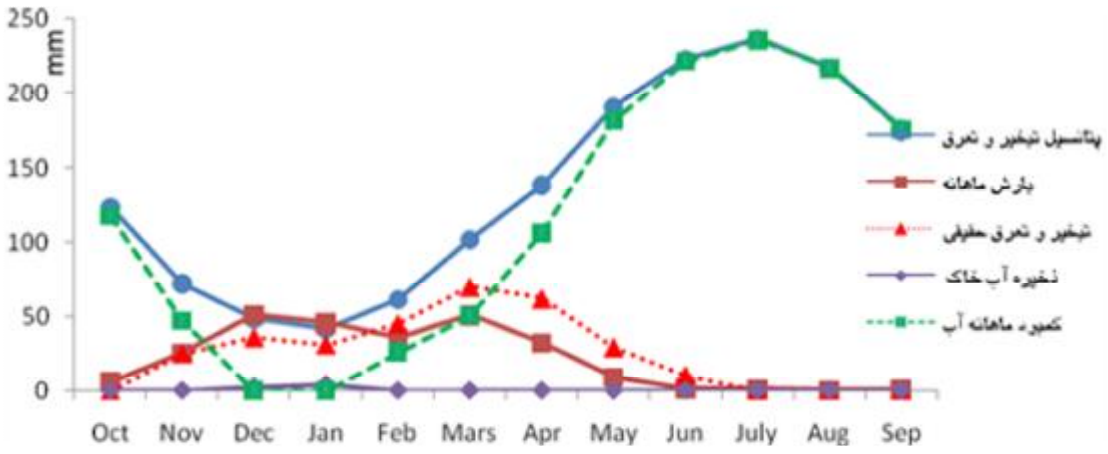
شکل3- نقشه های پهنه بندی عملکرد شبیه‌سازی شده گندم در شرایط: الف) پتانسیل و ب) محدودیت آب(دیم). در شکلهای الف و ب قبلاکاربری های آبی و دیم تعیین شده و سپس میزان عملکرد در آنها شبیه سازی شده است.



شکل4- الف) شکاف عملکرد گندم در حالت پتانسیل نسبت به شرایط محدودیت آب، ب) پهنه بندی آگرواکولوژیک گندم (سیستم های زراعی گندم)

نتایج پهنه بندی آگرواکولوژیکی نشان می‌دهد، الف) پهنه ای که مستعد زراعت دیم گندم است پهنه ای است که کمترین شکاف عملکرد بین پتانسیل و محدودیت آب را دارد (کمتر از2/4 تن در هکتار). ب) پهنه ای که مستعد

زراعت آبی گندم است و تناسبی برای زراعت دیم ندارد پهنه ای است که بیشترین شکاف عملکرد بین حالت محدودیت آب و پتانسیل آب را دارد(بیشتر از 4/2تن در هکتار). ج) پهنه سوم پهنه است که استعداد هر دو نوع سیستم زراعی آبی و دیم را دارد (شکاف عملکرد بین3/3-2/4 تن در هکتار). میزان خلاء یا شکاف عملکرد بین حالت پتانسیل و دیم در بیشتر مناطق حوضه مطالعاتی بیش از 4تن در هکتار می باشد. تحلیل علل شکاف عملکرد ایجاد شده در سیستم های زراعت آبی و دیم می تواند به استراتژی های بهینه برای بهبود عملکرد و کاهش شکاف عملکرد، کمک کند(کالدیز و همکاران 2002). یکی از مناسب ترین شاخص ها برای تحلیل سیستم های دیم در یک منطقه، بررسی الگوی دوره رشد با استفاده از نمودار بیلان آبی یک منطقه است(تیلهام و همکاران 2006). نمودار بیلان آبی(شکل4) در ایستگاه بروجن نشان می دهد دوره مرطوب (دوره ای که میزان بارندگی از نصف میزان تبخیر و تعرق پتانسیل بالاتر است) (آتی و همکاران2002) با دوره سرما یا رکود زمستانه تطابق پیدا کرده است. دمای پایین در حین دوره بارش باعث ایجاد محدودیت دما در دوره مرطوب گردیده است. از طرفی همزمان با پایان دوره محدودیت دما، دوره بارش نیز به پایان رسیده و رطوبت ذخیره شده در خاک نیز در مدت کوتاهی بعد پایان دوره بارش از دست می رود (شکل 5) و گیاه در مراحل حساس تشکیل عملکرد با تنش شدید خشکی مواجه می گردد. دراین شرایط طول دوره ای که گیاه می‌تواند با وجود رطوبت کافی، از تشعشع خورشیدی استفاده کند کاهش می یابد. آرایا و همکاران(2010) اظهار داشتند، مهمترین فاکتور تعیین کننده دوره رشد در مناطق نیمه خشک، بارش است. توزیع بارش در حین دوره رشد یا خارج از آن تعیین کننده شروع دوره رشد یا پایان آن است و به این صورت روی تناسب اقلیمی "دوره رشد" برای گیاهان زراعی مختلف تاثیر می گذارد. تغییرات 10 تا 20 روزه در طول دوره رشد در افزایش عملکرد گیاهان زراعی در شرایط دیم نقش عمده دارد(آرایا و همکاران2010). سایر محققین نیز گزارش کردند که در مناطق با اقلیم نیمه خشک طول دوره بارش نقش مهمی در عملکرد گیاهان زراعی دیم دارد، به طوری که بین میزان بارش با تبخیر و تعرق پتانسیل همبستگی بالایی وجود دارد (آتی و همکاران2002 و شارما و همکاران 2010).



شکل 5- نمونه میانگین الگوی بیلان آبی در ایستگاه بروجن

نتیجه گیری کلی

یافته‌های این تحقیق نشان داد که مدل شبیه سازی WOFOST ابزار مناسبی برای پیش بینی عملکرد پتانسیل گندم و تعیین خلاء عملکرد بر اساس عملکردهای پیش بینی شده در شرایط پتانسیل و محدودیت آب می‌باشد. همچنین تلفیق نتایج حاصل از شبیه سازی عملکرد با سامانه اطلاعات جغرافیایی راهکاری مناسب جهت ارزیابی پهنه های آگرواکولوژیکی برای سیستم های زراعی مختلف است، به طوری که نتایج حاصل از تحلیل مکانی توزیع شکاف عملکرد، در تصمیم سازی و طراحی برنامه های راهبردی کشاورزی پایدار کاربرد قابل توجهی دارد(دپائو2008). خلاء عملکرد به گونه‌ای که در این مطالعه برآورد گردید، ناشی از تاثیر مجموعه‌ای از عوامل تعیین کننده، محدود کننده و کاهش دهنده تولید است. تفکیک سهم هر یک از این عوامل مستلزم اجرای مدلهایی برای شبیه سازی رشد گندم در حضور عوامل محدود کننده یا کاهش دهنده تولید می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد، روش پهنه بندی آگرواکولوژیک، روشی مناسب برای ارزیابی کیفی تناسب اراضی و ارزیابی کمی عملکرد (با استفاده از مدل شبیه سازی) می باشد، به طوری که نه تنها برای یک محصول خاص، بلکه در مورد سایر محصولات زراعی نیز قابل اجرا بوده و به این ترتیب با تداوم اینگونه مطالعات امکان ارزیابی و اصلاح سیستم های زراعی برای محصولات مختلف ،در سطح مناطق مختلف میسر خواهد شد.

منابع مورد استفاده

تاتاری م، 1387. پیش بینی عملکرد گندم دیم در استان خراسان با به کارگیری داده‌های اقلیمی و خاکشناسی و با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. پایان نامه دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

گیوی ج، 1376. ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای نباتات زراعی و باغی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی- موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره 1015. 100 صفحه.

محمدرضایی ن، 1388. بررسی تغییرات مکانی تناسب اراضی برای کاربریهای گندم و جو دیم با استفاده از GIS و RS در منطقه تاکستان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران.

مهندسین مشاور یکم، 1379. مطالعات طرح جامع احیاء و توسعه کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، موسسه پژوهشهای برنامه ریزی و اقتصاد کشاورزی، جلد ششم(خاک)،191 صفحه.

میرمحمدصادقی م، 1389. آموزش پیشرفته ArcGIS9.3. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

نصیری محلاتی م و کوچکی، 1388. پهنه بندی اگرواکولوژیکی گندم در استان خراسان: برآورد پتانسیل و خلاء عملکرد. پژوهش‌های زراعی ایران جلد 7: 2، 709-695.

Amiri E and Rezaei M, 2009. Testing the modeling capability of ORYZA2000 under water-nitrogen limit conditions in Northern Iran. World Applied Sci. J. 6(8): 1113-1122.

Araya A, Keesstra SD and Stroosnijder L, 2010. A new agro-climatic classification for crop suitability zoning in northern semi-arid Ethiopia. Agric. For. Meteorol.150, 1057–1064.

Ati OF, Stigter CJ and Olandipo EO, 2002. A comparison of methods to determine the onset of the growing season in northern Nigeria. Int. J. Climatol. 22, 732–742.

Bannayan M, Crout NMJ and Hoogenboom, G, 2003. Application of the CERES-Wheat model for within-season prediction of winter wheat yield in the United Kingdom. Agron. J. 95, 114–125.

Boogaard HL, Van Diepen CA, Rotter RP, Cabrera JCM and Van Laar HH, 1998. WOFOST 7.1 User guide for the WOFOST 7.1 Crop Growth Simulation Model and WOFOST Control Center 1.5, Technical Document 52. DLO Winand Staring Center. Wageningen, The Netherlands.

Bouman BAM, Van Keulen H, Van Laar HH and Rabbinge R, 1996. The 'School of de Wit' crop growth simulation models: a pedigree and historical overview. Agric. Syst. 52, 171–198.

Caldiz DO, Haverkort AJ and Struik PC, 2002. Analysis of a complex crop production system in interdependent agro-ecological zones: a methodological approach for potatoes in Argentina. Agric. Syst. 73, 297–311.

De Pauw E, Ghaffari A and Nseir B, 2008. Agro ecological zones of Karkheh River Basin: A reconnaissance assessment of climatic and edaphic patterns and their similarity to areas inside and outside the basin.Technical Report, ICARDA, 96pp.

Dewi Hartkamp A, Jeffrey W and Hoogenboom G, 1999. Interfacing Geographic Information Systems with Agronomic Modeling: A Review. Agron. J. 91:761–772 (1999).

FAO, 1996. Guidelines: Agroecological zoning. FAO. Soils Bultin 73,. FAO. Rome.

FAO, 2009. ETo calculator version 3.1. In: evapotranspiration from Reference Surface.FAO, Land and Water Division, Rome Italy, pp. 1–65.

Muchow RC, Hammer G and Carberry PS, 1991. Optimizing crop and cultivar selection in response to climatic risk. In: Muchow RC, Bellamy JA(Eds.), Climatic Risk in Crop Production: Models and Management for the Semiarid Tropics and Subtropics. CAB, International, Wallingford, UK, pp. 235–262.

Rinaldy M, Losavio N and Flagella Z, 2003. Evaluation of OILCROP-SUN model for sunflower in southern Italy. Agricultural Systems. 78, 17-30.

Sahragard, N. Masumi, M. Yassaee, M. and Izadpanahi, K. 2006. Evaluation of resistance in some advanced lines of soft wheat and some cultivars of barley to virus diseases in Shahrekord. P.41. in: Proc. 17th Iran. Plant Protec. Cong., Karaj, Iran. Volume2. Savin, IY, Ovechkin SV, and

Aleksandrova EV, 1997. The WOFOST simulation model of crop growth and its application for the analysis of land resources. Eurasian Soil Science, 30: 758-765.

Sharma A, Bharat R, RaoK KV, Vittal PR, Ramakrishna YS and Amarasinghe U, 2010. Estimating the potential of rainfed agriculture in India: Prospects for water productivity improvements. Agric.Water Manage. 97, 23–30.

Tilahun K, 2006. The characterization of rainfall in the arid and semi-arid regions of Ethiopia. ISSN 0378-4738. Water SA vol. 32, no. 3; ISSN 1816-7950 Water SA (online).

Van Ittersum MK, Le elaar PA, Van Keulen H, Krop MJ, Bastiaans L and Goudriaan J, 2003. On approaches and applications of the Wageningen crop models. European Journal of Agronomy 18, 201–234.

Wu D, Yu Q, Lua and Hengsdijk H, 2006. Quantifying production potentials of winter wheat in the North China Plain Europ. J. Agronomy. 24,226.