مطالعات جغرافیایی مناطق خشک

سال ششم، شماره بیستم و یکم، پاییز ۱۳۹۴

دریافت مقاله: ۹۳/۱۱/۲۶ تأیید نهایی: ۹۴/۰۷/۰۵

صص ۱۴-۱

برآورد نیاز آبی گیاه کنجد در اقلیم سبزوار

غلام عباس فلاح قالهری*، استادیار اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری

مهدی راه چمنی، دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی کاربردی، دانشگاه حکیم سبزواری

فرشته بیرانوند، دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی کاربردی، دانشگاه حکیم سبزواری

چکیده

کنجد یک گیاه روغنی است که دانه‌های آن دارای مصرف خوراکی است. روغن کنجد حاوی آنتی اکسیدان‌های طبیعی است. پژوهش حاضر با هدف تأمین نیاز آبی گیاه کنجد در دشت سبزوار انجام شده است. داده‌های مورد نیاز تحقیق شامل ساعات آفتابی، سرعت باد، کمینه و بیشینه‌ی دما، رطوبت نسبی و بارندگی از ایستگاه همدید سبزوار متعلق به سازمان هواشناسی کشور در دوره آماری ۲۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۹۰میلادی) اخذ شده است. در این تحقیق داده‌های ایستگاههای اطراف دشت سبزوار با استفاده از روش میانیابی کریجینگ، در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.2 به داده‌های پهنه‌ای با یاخته‌هایی به ابعاد ۱۲×۱۲ کیلومتر تعمیم داده شد. با توجه به مساحت منطقه، درمجموع ۴۵ نقطه‌ی گره‌گاهی استخراج شد. در این تحقیق جهت برآورد نیاز آبی (IWR) و نیاز آبیاری محصول (CWR)، از مدل $CROPWAT$ استفاده شد. بدین منظور، مدل به داده‌های اقلیمی محصول و داده‌های خاک نیاز دارد. در این پژوهش برای محاسبه‌ی تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ETo) از معادله‌ی فائو- پنمن- مونتیث استفاده شده است. برای برآورد بارش مؤثر $(P_{eff}\ rain)$ نیز از داده‌های بارش ایستگاه همدید سبزوار استفاده شده است. از دیگر ورودی‌های مدل $CROPWAT$ می‌توان به نوع الگوی کاشت، داده‌های ضریب محصول، سطح زیر کشت، زمان‌بندی آبیاری، نوع خاک، کل رطوبت در دسترس خاک، حداکثر عمق ریشه و رطوبت اولیه‌ای که در خاک نفوذ می‌کند، اشاره نمود. در این پژوهش مقادیر روزانه‌ی کمیت‌های اقلیمی نظیر دمای کمینه، دمای بیشینه، میانگین رطوبت نسبی، سرعت باد، تابش خورشیدی و بارش وارد مدل $CROPWAT$ شده و سپس با استفاده از داده‌های فنولوژیکی گیاه کنجد، اقدام به مدل‌سازی نیاز آبی گیاه کنجد گردید. نتایج نشان داد که گیاه کنجد در دشت سبزوار حداقل به بیست دوره آبیاری تکمیلی طی دوره‌ی رشد نیازمند می‌باشد. نتایج همچنین نشان می‌دهد نیاز آبی گیاه در دشت سبزوار، از شمال به جنوب افزایش می‌یابد و بیشترین نیاز آبی گیاه، در مراحل میانی رشد می‌باشد.

کلید واژگان: دشت سبزوار، کنجد، نیاز آبی، مدل $CROPWAT$.

نویسنده مسئول: * Email: Ab_fa789@yahoo.com

۱- مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین ذخیره غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. کنجد با نام علمی Sesamum indicum L از خانواده پدالیاسه و یکی از قدیمی‌ترین گیاهان کشت شده توسط بشر است که به خاطر طعم مطبوع، ثبات و پایداری زیاد و خاصیت اکسیدنشدن روغن آن، به‌عنوان ملکه‌ی گیاهان روغنی شناخته می‌شود (صالحی و سعیدی، ۱۳۹۱: ۶۶۷). کنجد یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی و احتمالا کهن‌ترین نبات روغنی جهان است. امروزه از کنجد به‌عنوان منبع تأمین روغن مطلوب خوراکی استفاده می‌شود. کنجد از دانه‌های روغنی مناطق گرم و نیمه‌گرم است که کشت آن به مناطق معتدله نیز گسترش یافته است (ویز[1]، ۲۰۰۰: ۵). کنجد دانه روغنی باارزشی است که بسته به شرایط و نوع، دارای ۴۵ تا ۶۲ درصد روغن بوده و روغن آن به‌دلیل وجود یک ترکیب آنتی‌اکسیدان به نام سزامول[2] از دوام خوبی برخوردار است (گلستانی و پاک نیت، ۱۳۸۶: ۱۴۱). آبیاری یک نیاز حیاتی برای رشد و تولید محصولات کشاورزی است. بیش از ۸۰ درصد منابع آبی در دسترس در سطح جهان برای آبیاری محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (پرادیپ[3] و همکاران، ۲۰۱۵: ۱۱۹۷). آب مورد نیاز آبیاری به نیاز آبی گیاه و آبی که به صورت طبیعی (بارش مؤثر، رطوبت خاک، و غیره) در دسترس محصولات کشاورزی قرار می‌گیرد، بستگی دارد(فرنکن و گیلت[4]، ۲۰۱۲: ۱). کشت کنجد در ایران به مناطقی مربوط می‌شود که این گیاه پس از برداشت غلات به صورت کشت دوم انجام می‌شود. سطح زیر کشت جهانی کنجد در سال ۲۰۰۷ میلادی بالغ بر ۷/۳ میلیون هکتار و میزان تولید آن ۳/۳ میلیون تن گزارش شده است. در همین سال سطح زیر کشت کنجد در ایران ۴۰ هزار هکتار و و تولید آن ۲۸ تن بوده است و به ترتیب ۰/۵۵ و ۰/۸۳ درصد از سطح زیر کشت و تولید جهانی را به خود اختصاص داده است(خانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۳۴۷). شنگ[5] و همکاران (۲۰۰۶: ۴۳۳) از مدل *CROPWAT* برای تخمین آب مورد نیاز برنج، ذرت، سویا و سورگوم در تایوان استفاده نمودند. مقادیر ضریب گیاهی ذرت در مراحل آغازین توسعه‌ی محصول، اواسط و اواخر فصل رشد به ترتیب ۰/۴، ۰/۷۸، ۰/۸۹ و ۰/۷۱ به دست آمد. این مقادیر برای سورگوم به ترتیب برابر ۰/۴۴، ۰/۷۱، ۰/۸۷ و ۰/۶۲ و برای سویا به ترتیب برابر ۰/۴۵، ۰/۸۹، ۰/۹۲ و ۰/۵۸ به دست آمد. در مزارع شالی نیز نیاز آبی آبیاری و نفوذ عمیق برای نخستین محصول برنج به ترتیب برابر ۹۶۲ و ۲۹۵ میلی‌متر و برای دومین محصول برنج به ترتیب ۱۱۱۴ و ۲۹۶ میلی‌متر محاسبه شد. نیاز آبی آبیاری ذرت بهاره و پاییزه، به ترتیب ۳۵۸ و ۲۷۳ میلی‌متر، برای سورگوم ۳۳۲ و ۳۳۶ میلی‌متر و برای سویا ۳۵۰ و ۲۶۴ میلی‌متر به دست آمد. اوموج[6] (۲۰۰۷: ۱) از مدل *CROPWAT* برای تخمین آب مورد نیاز آبیاری برای منطقه‌ای از استان ساونکت[7] کشور لائوس استفاده کردند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که آبیاری اضافی برای بالابردن میزان محصول سودمند است. نزیر[8] (۲۰۰۹: ۶۸) در پژوهشی به شبیه‌سازی عملکرد محصول ذرت آبی و دیم با استفاده از مدل *CROPWAT* پرداخت. نتایج نشان داد که با استفاده از مؤلفه‌های مدل *CROPWAT*، می‌توان با ایجاد برنامه‌ریزی آبیاری و تقویم کشت، عملکرد محصول را به طور قابل‌توجهی افزایش داد. استانکالی[9] و همکاران (۲۰۱۰: ۲۵) از داده‌های ماهواره و مدل *CROPWAT* برای محاسبه‌ی تبخیر – تعرق واقعی محصول استفاده نمودند. نتایج نشان داد داده‌های ماهواره می‌توانند با دقت قابل قبولی برای اعتبارسنجی و صحت سنجی خروجی مدل *CROPWAT* مورد استفاده قرار گیرند. نتایج، حاکی از وجود خطای $\pm 10-15\%$ بین تبخیر - تعرق محاسبه شده با داده های ماهواره و مدل

1- Weise
2- Sesamolz
3- Pradeep
4- Frenken and Gillet
5- Sheng
6- Ewemoje
7- Savannakhet
8- Nazeer
9- Stancalie

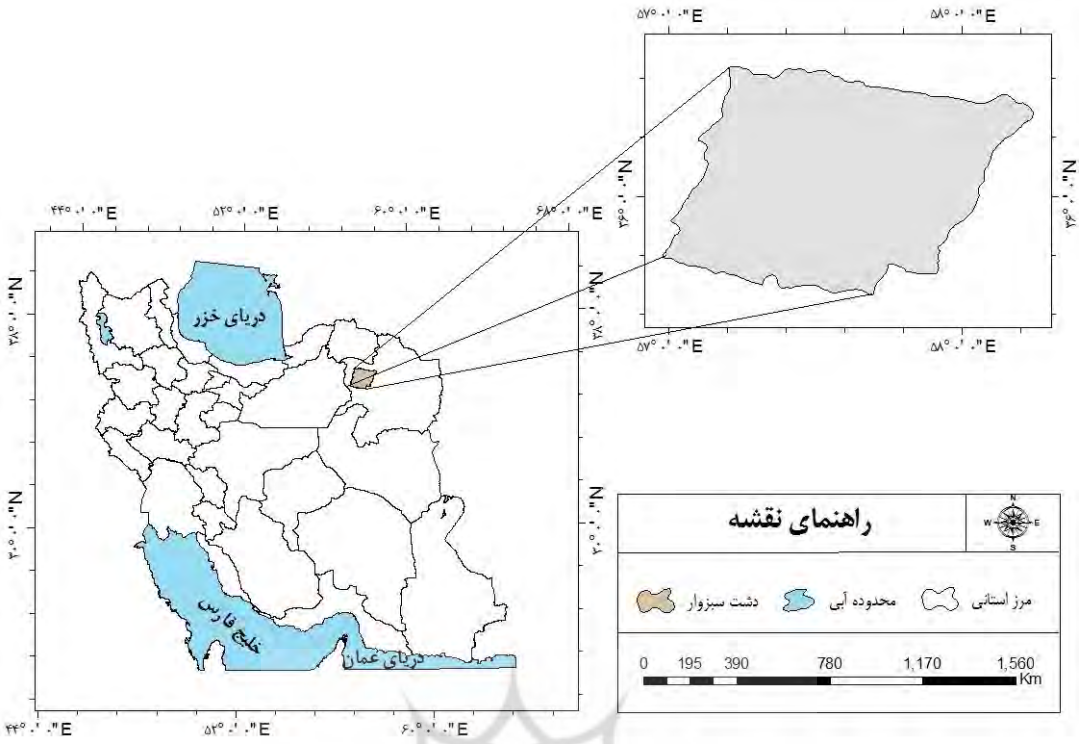
CROPWAT است. بورایما[10] و همکاران (۲۰۱۵: ۵۸) از مدل *CROPWAT* برای برآورد نیاز آبیاری برنج در شمال بنین یکی از زیرحوضه‌های رودخانه نیجر در غرب آفریقا استفاده نمودند. نتایج نشان داد تبخیر-تعرق مرجع سالانه‌ی زیر حوضه بنین، ۱۹۶۷ میلی‌متر است. تبخیر- تعرق محصول و نیاز آبی محصول نیز به ترتیب ۶۵۱ و ۳۸۳ میلی‌متر برآورد شد. سورندران[11] و همکاران (۲۰۱۵: ۱۲۱۱) از مدل *CROPWAT* برای برآورد نیاز آبی محصولات گرمسیری موز، نارگیل، برنج، چای، قهوه، کتان و سبزیجات در هندوستان استفاده نمودند. رحیمی و سلحشور (۲۰۱۴: ۱۳۷۷) از مدل *CROPWAT* برای تخمین نیاز آبی محصول کلزا در شهر اهواز استفاده نمودند. نتایج نشان داد نیاز آبی کلزا در اهواز ۲۱۱۷/۴ میلی‌متر است. همچنین نیاز ناخالص آبیاری نیز ۱۴۸۲/۲ میلی‌متر محاسبه شده است. لشکری و همکاران (۱۳۸۸: ۲۴۷)، به تحلیل میزان کارایی مدل *CROPWAT* در برآورد نیاز آبی محصول گندم در شهرستان‌های اسلام‌آباد غرب، سرپل زهاب و روانسر پرداختند. نتایج حاصل از زمان‌بندی آبیاری در هر سه ایستگاه نشان داد با توجه به حاکم بودن خشکی و مواجه شدن خاک با کسری رطوبت، دو تا سه آبیاری تکمیلی نیاز است تا محصول برای برداشت آماده شود. مهاجرانی و همکاران (۱۳۸۹: ۱)، به برآورد نیاز آبی گندم توسط مدل *CROPWAT* در شهرستان کردکوی استان گلستان پرداختند. نتایج به دست آمده از مدل *CROPWAT* نشان داد نیاز آبی گندم دیم در شهرستان کردکوی برابر ۳۴۱/۶۹ میلی‌متر است. نتایج همچنین نشان داد تبخیر- تعرق گیاه گندم در شهرستان کردکوی ۴۸۶/۱۷ میلی‌متر است. هدف پژوهش حاضر تخمین نیاز آبی گیاه کنجد در دشت سبزوار با استفاده از مدل *CROPWAT* است.

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

شهرستان سبزوار در طول جغرافیایی '۰۴ ° ۵۶ تا' ۱۵ ° ۵۸ شرقی و عرض جغرافیایی '۳۰ ° ۳۵ تا ' ۵۸ ° ۳۶ شمالی گسترش یافته است و با ارتفاع متوسط ۹۷۷ متر از سطح دریا، و مساحت ۲۰۵۰۲ کیلومترمربع، در غرب استان خراسان رضوی واقع‌شده است. سبزوار از شمال با اسفراین، از مشرق با نیشابور، از جنوب به شهرستان‌های کاشمر و بردسکن و از مغرب به شهرستان شاهرود محدود شده است. در پژوهش حاضر، دشت سبزوار (شکل ۱) واقع در شهرستان سبزوار به‌عنوان منطقه‌ی مطالعاتی گزینش شده است. سبزوار محصور در میان ارتفاعات شمالی و جنوبی است. چهره منطقه‌ی شرقی و شمالی این شهرستان کوهستانی و دارای اقلیم معتدل و در قسمت‌های جلگه‌ای با هوای گرم همراه است. تنها دو رشته رودخانه‌ی فصلی به نام کالشور در این ناحیه وجود دارد که سیلاب‌های دشت سبزوار را به نمکزارهای کویر هدایت می‌کند.

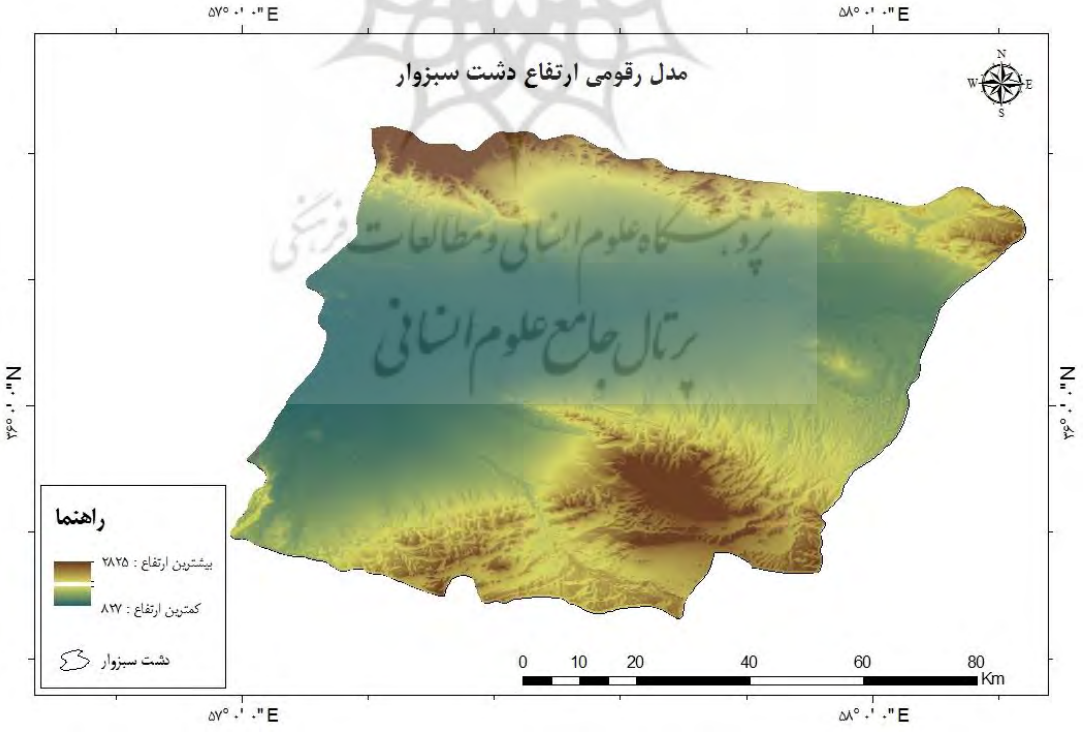
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

10- Bouraima
11- Surendran



شکل۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

حداکثر ارتفاع دشت سبزوار ۲۸۲۵ متر و حداقل ارتفاع آن ۸۲۷ متر از سطح آب‌های آزاد می باشد. ارتفاعات دشت در دو منطقه‌ی شمالی و جنوبی واقع شده است (شکل ۲).

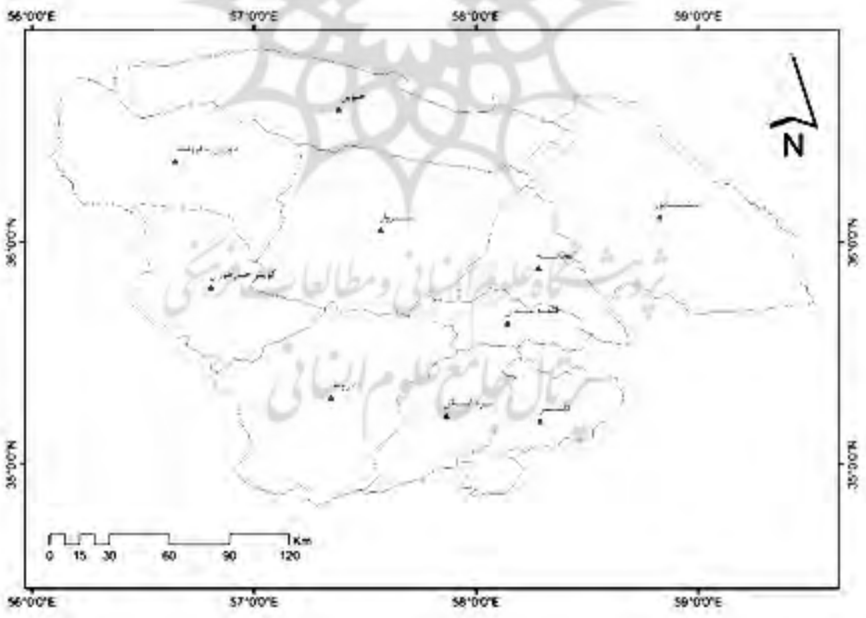


شکل ۲: مدل رقومی ارتفاع دشت سبزوار

۳- مواد و روش‌ها

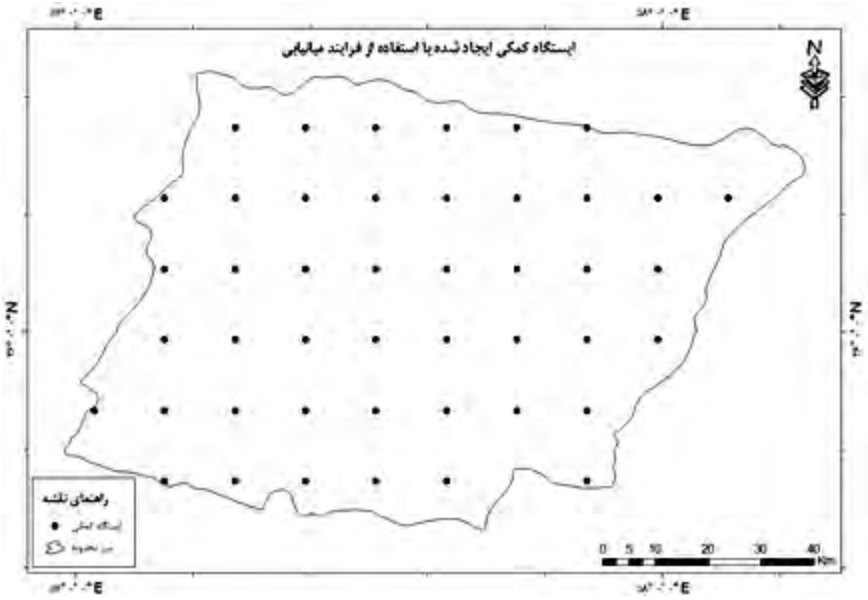
داده‌های مورد نیاز اقلیمی مدل *CROPWAT* عبارت‌اند از ساعات آفتابی، سرعت باد، کمینه و بیشینه‌ی دما، رطوبت نسبی و بارندگی که از ایستگاه همدید سبزوار متعلق به سازمان هواشناسی کشور در دوره آماری ۲۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۹۰میلادی) اخذ شده است.

داده‌های اقلیمی عمدتاً بر روی نقطه یعنی ایستگاه‌های دیدبانی اندازه‌گیری می‌شوند، درحالی‌که غالباً نیازمند آگاهی‌های اقلیمی درباره‌ی یک پهنه هستیم. طبیعت نقطه‌ای دیده‌بانی‌های اقلیمی، سبب می‌شود هر چه تعداد ایستگاه‌ها را افزایش دهیم، باز هم انتساب نتایجی که از تجزیه و تحلیل داده‌های ایستگاه به دست می‌آید، به تمامی یک پهنه درست نباشد؛ به‌ویژه در مواردی که تغییرات مکانی عناصر اقلیمی زیاد است، این دشواری بارزتر است؛ بنابراین نتایج یک تجزیه و تحلیل برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای به داده‌های پهنه‌ای پذیرفته‌شده است. در این صورت توری با یاخته‌های مناسب بر روی پهنه مورد مطالعه گسترانیده و مقدار عناصر اقلیمی در گره‌گاه‌ها برآورد می‌شود. این برآوردها که تمامی پهنه را می‌پوشانند، از این پس مبنای همه داوری‌ها درباره اقلیم منطقه قرار می‌گیرند و از داده‌های ایستگاه‌ها به‌عنوان شاهدی برای ارزیابی درجه‌ی قطعیت نتایج تحلیل‌ها استفاده می‌شود. حال به‌جای انجام پهنه‌بندی بر روی ایستگاه‌ها و انتساب نتایج به‌دست‌آمده به پهنه مورد مطالعه که در مطالعات سنتی‌تر مرسوم است، داده‌های موجود روی شبکه‌ی حاصل از میانیابی، که سراسر پهنه‌ی مورد مطالعه را می‌پوشاند، تحلیل می‌شود و به همین دلیل، مرز نواحی اقلیمی و الگوهای مکانی بهتر آشکار می‌گردد. (مسعودیان؛ ۱۳۸۲: ۷۲). در همین راستا داده‌های ایستگاههای اطراف دشت سبزوار با استفاده از روش میانیابی کریجینگ، در محیط نرم‌افزار *Arc GIS* 10.2 به داده‌های پهنه‌ای با یاخته‌هایی به ابعاد ۱۲×۱۲ کیلومتر تعمیم داده شد. شکل ۳ نقشه‌ی ایستگاه‌های انتخاب شده و موقعیت آن ها را نسبت به دشت سبزوار نشان می‌دهد.



شکل ۳: توزیع فضایی ایستگاه‌های کمکی انتخاب شده برای انجام فرایند میان یابی

در نهایت با استفاده از مرز منطقه‌ی مورد مطالعه، نقشه نهایی به دست آمد. با توجه به مساحت منطقه، درمجموع ۴۵ نقطه‌ی گره‌گاهی استخراج شد. شکل ۴ نقشه‌ی نهایی و توزیع فضایی نقاط گره‌گاهی را در سطح منطقه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد



شکل ۴: ایستگاه‌های کمکی ایجاد شده در دشت سبزوار با استفاده از فرایند میانیابی

جهت برآورد نیاز آبی (IWR) و نیاز آبیاری محصول (CWR)، از مدل $CROPWAT$ استفاده شد. بدین منظور، مدل به داده‌های اقلیمی محصول و داده‌های خاک نیاز دارد. در این پژوهش برای محاسبه‌ی تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ETo) از معادله‌ی فائو- پنمن- مونتیث استفاده شده است. برای محاسبه‌ی تبخیر و تعرق گیاه مرجع با استفاده از معادله‌ی فائو- پنمن- مونتیث داده‌های اقلیمی کمینه و بیشینه‌ی دمای هوا، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی و سرعت باد مورد نیاز است.

برای برآورد بارش مؤثر $(P_{eff}\ rain)$، از داده‌های بارش ایستگاه همدید سبزوار استفاده شده است. از دیگر ورودی‌های مدل $CROPWAT$ می‌توان به نوع الگوی کاشت، داده‌های ضریب محصول، سطح زیر کشت (۱ تا ۱۰۰ درصد مساحت) زمان‌بندی آبیاری، نوع خاک، کل رطوبت در دسترس خاک، حداکثر عمق ریشه و رطوبت اولیه‌ای که در خاک نفوذ می‌کند، اشاره نمود.

معادله‌ی فائو- پنمن- مونتیث برای محاسبه تبخیر- تعرق مرجع به صورت زیر است(وزیری و همکاران، ۱۳۸۷: ۲۵):

$$ETo = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)}$$

رابطه‌ی ۱

در معادله‌ی فوق:

ETo تبخیر- تعرق مرجع (میلی‌متر بر روز)، R_n تابش خالص ورودی به سطح گیاه (مگاژول بر متر مربع در روز)، G شار گرمای خاک (مگاژول بر متر مربع در روز)، T میانگین روزانه‌ی دمای هوا در ارتفاع دو متری (درجه سانتی گراد)، U_2 میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع دو متری (متر بر ثانیه)، e_s فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)، e_a فشار بخار واقعی هوا (کیلو پاسکال)، $e_s - e_a$ کمبود فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)، Δ شیب منحنی فشار بخار اشباع نسبت به دما (کیلو پاسکال بر درجه‌ی سانتی‌گراد) و γ ثابت سایکرومتری (کیلو پاسکال بر درجه سانتی‌گراد) می‌باشد. بارندگی مؤثر بخشی از کل بارش است که بر تولید محصول اثرگذار است. در این پژوهش با استفاده از مؤلفه‌های مدل $CROPWAT\ 8$، مقدار بارندگی مؤثر بر اساس روش $(FAO / AGLW)$ محاسبه شده است. رابطه‌ی‌ای که مدل برای محاسبه بارندگی مؤثر استفاده می‌نماید، به صورت زیر است:

رابطه‌ی ۲

$$P_{eff} = 0.6 \times P - 10 \quad \text{for } P_{month} \le 70mm$$
$$P_{eff} = 0.8 \times P - 24 \quad \text{for } P_{month} > 70mm$$

در رابطه‌ی فوق، P_{eff} نماینده بارندگی مؤثر بر حسب میلی‌متر بر ماه می‌باشد. نیاز آبی محصول (CWR) بر اساس رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

رابطه‌ی ۳

$$CWR = ETo \times K_c \times A$$

در رابطه‌ی فوق، K_c میانگین ضریب گیاهی و A مساحت کشت شده می‌باشد.

روابط فوق بیانگر این امر است که اگر مساحت کشت شده به‌وسیله‌ی محصولی خاص کمتر از ۱۰۰٪ باشد، بیشینه‌ی CWR می‌تواند کمتر از بیشینه‌ی مقدار ETo باشد. مقدار K_c از طریق درون‌یابی خطی، برای هر مرحله از رشد محصول به‌وسیله خود مدل انجام می‌گیرد. معادله‌ی نیاز آبیاری محصول عبارتست از:

رابطه‌ی ۴

$$Irr = A \times \sum (ETo \times K_c \times P_{eff})$$

در معادله‌ی فوق، Irr نیاز آبیاری برحسب $\frac{m^3}{year}$ و برای یک دوره‌ی معین برحسب $\frac{mm}{periods}$ به دست می‌آید. A مساحت کشت شده می‌باشد که به‌صورت درصدی از کل مساحت نشان داده می‌شود و K_c نیز ضریب گیاهی است که مقدار آن بر اساس خصوصیات محصول، تاریخ کاشت، مرحله‌ی رشد محصول، طول فصل رشد و شرایط اقلیمی تغییر می‌کند.

۱-۳- مراحل فنولوژی کنجد

مراحل فنولوژی کنجد دارای تغییرپذیری زیادی است. بیش از ۴۱۲ ویژگی متفاوت به واریته‌های کنجد نسبت داده شده است. نژادهای مختلف تحت شرایط یکسان می‌توانند به طور کاملاً متفاوت رشد نمایند. در از طرف دیگر، نژادهای یکسان نیز تحت شرایط مختلف می‌توانند به طور کاملا متفاوتی رشد نمایند. فاکتورهای مؤثر بر طول مراحل مختلف فنولوژی شامل موارد زیر است(جنیک و ویپکی[12]، ۲۰۰۷: ۱۴۴):

- هر چه رطوبت بیشتر باشد، مراحل جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کوتاه‌تر؛ اما سایر مراحل طولانی‌تر خواهد شد.
- هر چه کوددهی بیشتر باشد، مرحله‌ی رشد گیاهچه کوتاه‌تر؛ اما بقیه مراحل طولانی‌تر خواهد بود (تأثیر بر روی مرحله جوانه‌زنی ناشناخته است).
- افزایش درجه‌ی روز بیش از حد معمول، فازهای رویشی و تولید مثل را کوتاه‌تر خواهد نمود.
- دمای خنک شبانه، فازهای رسیدگی و بلوغ کامل را طولانی‌تر خواهد نمود.
- رطوبت پایین، باد و گرما همه مراحل خشک شدن را کوتاه‌تر خواهد نمود.
- یخبندان شدید در تمام مراحل، گیاه را نابود خواهد نمود.

با توجه به مطالب گفته شده، تغییرات زیادی بین مراحل فنولوژی کنجد وجود دارد ؛ بنابراین مقداری همپوشانی بین فازهای تولید مثل، رسیدن و خشک شدن به چشم می‌خورد. جدول ۱ فازها و مراحل رشد کنجد را نشان می‌دهد. جدول ۲ نیز بیان‌گر دامنه و میانگین تعداد روزهای مورد نیاز برای کامل شدن فازهای رشد و برای همه‌ی واریته‌های محصول کنجد است.

12- Janick and Whipkey

جدول ۱: فازها و مراحل رشد کنجد(جنیک و ویپکی، ۲۰۰۷، ۱۴۵)

فاز یا مرحله		نقطه‌ی پایان مرحله	روز بعد از کشت	تعداد هفته
رویشی	جوانه‌زنی	ظهور جوانه	۰-۵	۱-
	رشد گیاهچه	طول سومین جفت برگهای واقعی برابر دومین جفت برگهای واقعی باشد	۶-۲۵	۳-
	نونهالی	نخستین جوانه‌ها	۲۶-۳۷	۲-
	پیش از زایشی	باز شدن ۵۰ درصد گل‌ها	۳۸-۴۴	۱-
زایشی	آغاز شکوفه‌دهی	۵ جفت گره از کپسول‌ها	۴۵-۵۲	۱
	میانه‌ی شکوفه‌دهی	متوقف شدن گل‌دهی شاخه‌ها یا گیاهان جزء	۵۳-۸۱	۴
	پایان شکوفه‌دهی	۹۰درصد از گیاهان بدون گل باز	۸۲-۹۰	۱+
	رسیدن	بلوغ فیزیولوژیکی	۹۱-۱۰۶	۲+
خشک شدن	بلوغ کامل	بلوغ همه بذرها	۱۰۷-۱۱۲	۱-
	آغاز ریزش	خشک شدن اولین کپسول	۱۱۳-۱۲۶	۲
	پایان ریزش	ریزش کامل	۱۲۷-۱۴۶	۳

جدول ۲: دامنه و میانگین تعداد روزهای مورد نیاز برای کامل شدن فازهای رشد همه‌ی واریته‌های کنجد (جنیک و ویپکی، ۲۰۰۷، ۱۴۵)

فاز	روز از کشت		طول مرحله (روز)	
	دامنه	میانگین	دامنه	میانگین
رویشی	۲۹-۵۹	۴۲	۲۹-۵۹	۴۲
زایشی	۵۶-۱۱۶	۸۹	۱۶-۷۰	۴۷
رسیدن	۷۷-۱۴۰	۱۰۸	۱۴*-۵۴	۱۱
خشک شدن	۱۰۲-۱۸۱	۱۵۰	۱۱-۵۷	۳۸

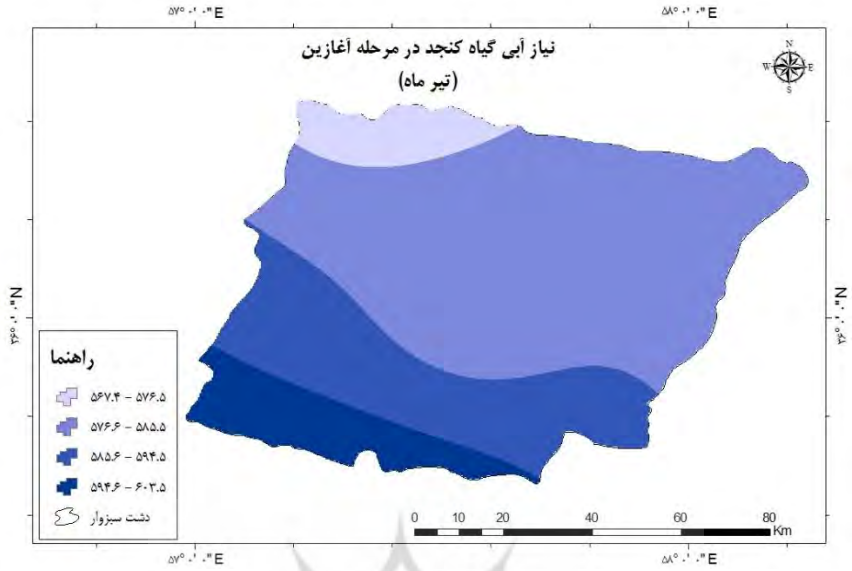
*در بعضی از لاین‌ها، کپسول‌های خشک در بالای برگ‌های سبز قرار دارند، در حالی‌که بخش فوقانی گیاه هنوز در حال گل‌دهی است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

۴- بحث و نتایج

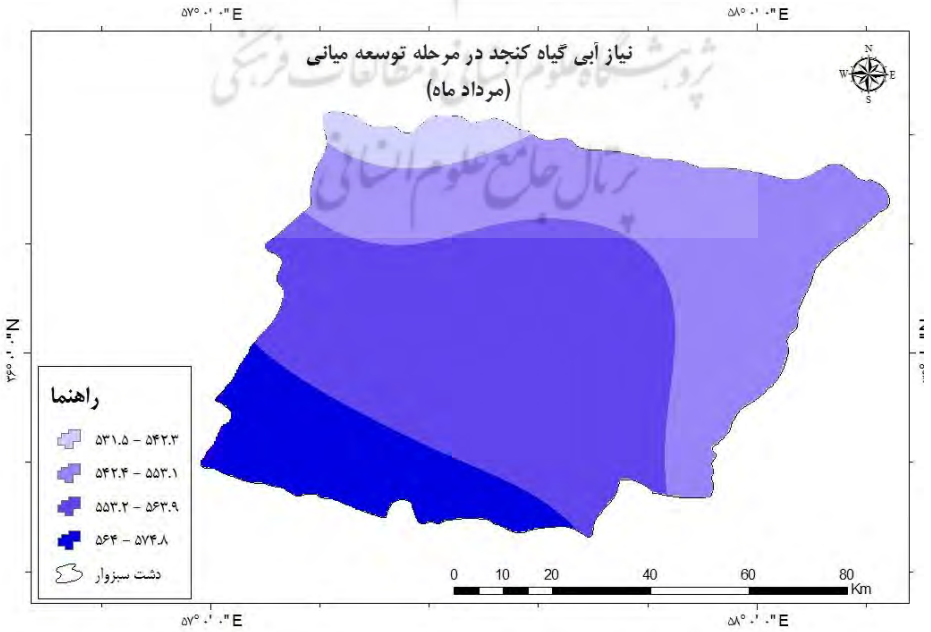
مقاومت کنجد در برابر خشکی از مزایای عمده آن محسوب می شود؛ زیرا می‌توان آن را در مناطق نسبتاً خشک کشت نمود. گیاهچه‌ی کنجد در برابر کمبود آب بسیار حساس است و اگر رطوبت خاک کافی نباشد ناچار نیاز به آبیاری خواهد بود و در صورتی‌که امکان آبیاری باشد، مسلماً با مصرف بیشتر انواع کودهای شیمیایی و تکنیک‌های کشاورزی پیشرفته می‌توان انتظار محصولی بیشتر نیز داشت. کنجد در زمان جوانه زدن، گل‌دادن و دانه بندی، به رطوبت کافی در خاک احتیاج دارد. در مرحله‌ی جوانه زدن باید خاک نمناک باشد تا بذر کاشته شده جوانه زده، و خروج گیاهچه از خاک به راحتی امکان‌پذیر باشد و سله خاک مانع خروج آن نشود. بهتر است در صورت امکان هیرم‌کاری شود یعنی قبلاً زمین آبیاری شده و پس ازگاو رو شدن اقدام به کشت گردد. در این حالت آبیاری بعد از کاشت باعث پایین آمدن درجه حرارت خاک نشده و جوانه زدن به تأخیر نخواهد افتاد. پس از به ساقه رفتن، مقاومت در برابر کم‌آبی بیشتر می شود، ولی در موقع گُل دادن حتماً به آبیاری نیاز دارد و بالاخره در موقع شروع کپسول بندیست که آبیاری به موقع سبب پر شدن کپسول‌ها و دانه‌بندی کامل می‌گردد. زمانی که اولین غلاف‌ها شروع به رسیدن می نمایند، باید آبیاری به طور کامل قطع گردد تا رسیدن غلاف‌ها تسریع شود. باید توجه داشته باشیم که آبیاری قبل از کاشت بیش‌ترین اهمیت را دارد.

شکل ۵ مناطق پهنه‌بندی شده نیاز آبی گیاه کنجد را در دشت سبزوار در مرحله آغازین رشد نشان می‌دهد. بر این اساس مناطق شمالی دشت سبزوار به علت کوهستانی بودن در تمامی دوره‌ها، کمترین نیاز آبی و مناطق جنوبی با توجه به کویری بودن منطقه، بیش‌ترین نیاز آبی را به خود اختصاص داده‌اند.

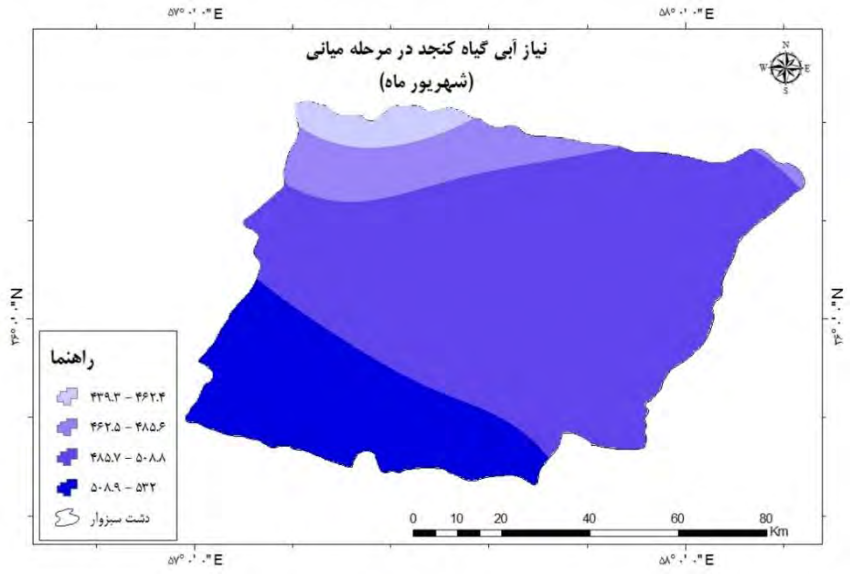


شکل ۵: نیاز آبی کنجد در مرحله‌ی اول رشد

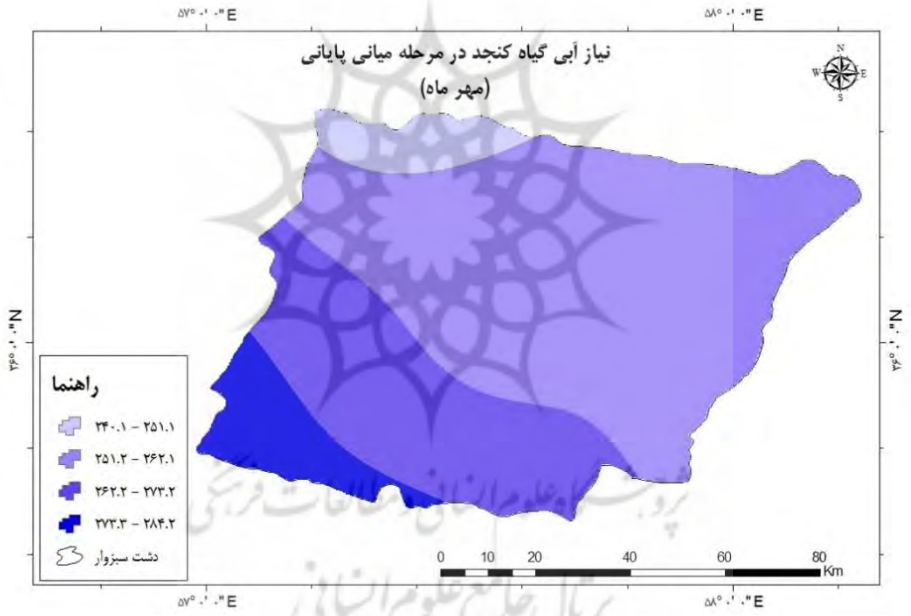
شکل ۶ نیاز آبی گیاه کنجد را در مرحله میانی رشد در مردادماه نشان می‌دهد. چون ساقه‌ی کنجد در این مرحله ایجاد می‌شود، انجام آبیاری به موقع ضروری است. در این مرحله نیز نیاز آبی از شمال به جنوب افزایش می‌یابد. شکل ۷ نیاز آبی گیاه را در مرحله‌ی میانی رشد در شهریور ماه نشان می‌دهد. این مرحله مصادف با گل‌دهی گیاه کنجد است و به همین دلیل انجام آبیاری به موقع بسیار ضروری است. شکل ۸ نیاز آبی گیاه را در مرحله میانی رشد در مهر ماه نشان می‌دهد. چون در این مرحله دانه بندی کنجد صورت می‌گیرد، انجام آبیاری مطابق با نیاز گیاه اهمیت دارد. شکل ۹ نیاز آبی گیاه را در مرحله‌ی پایانی رشد در آبان ماه نشان می‌دهد. در این مرحله آبیاری قطع شده و نیاز آبی گیاه به کمترین میزان خود می‌رسد.



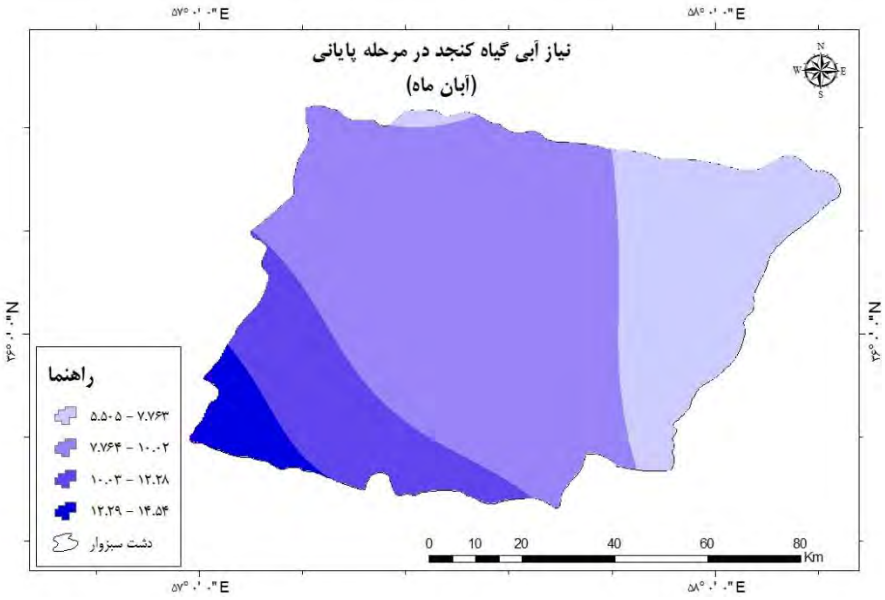
شکل ۶: آبی کنجد در مرحله میانی در مردادماه



شکل ۷: نیاز آبی کنجد در مرحله‌ی میانی در شهریورماه

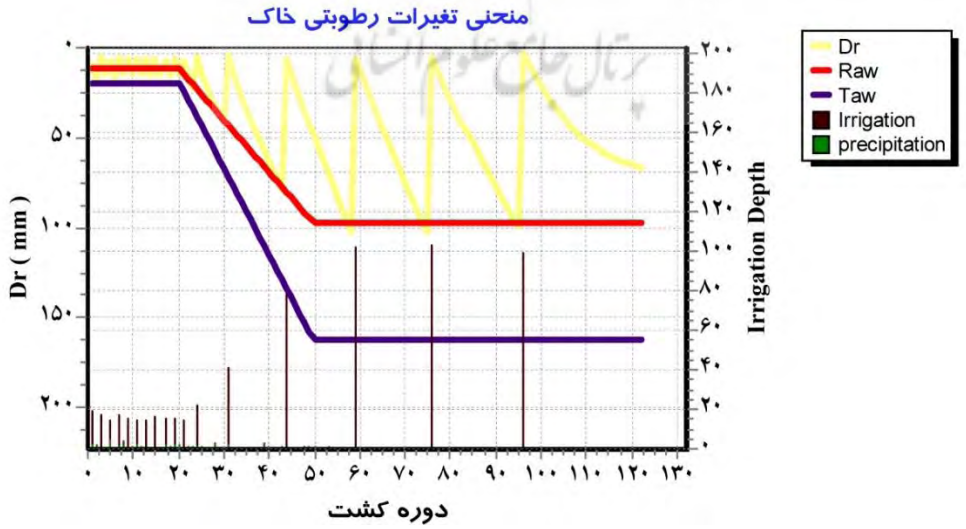


شکل ۸: نیاز آبی کنجد در مرحله‌ی میانی- پایانی

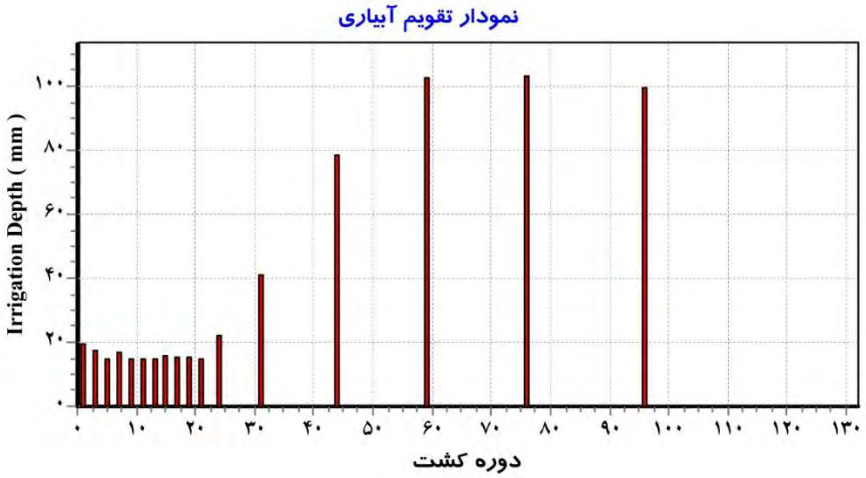


شکل ۹: نیاز آبی گیاه کنجد در مرحله‌ی پایانی

شکل ۱۰ منحنی تغییرات رطوبت خاک را در دشت سبزوار نشان می‌دهد. در این شکل محور افقی معرف طول دوره رشد، محور عمودی سمت چپ، تخلیه‌ی رطوبت (بر حسب میلی‌متر) و محور عمودی سمت راست، عمق آبیاری و بارندگی را نشان می‌دهند. در این نمودار، خط وسط معرف حد مجاز تخلیه‌ی رطوبتی بوده (RAW) و خط پایین نشان‌دهنده‌ی کل رطوبت موجود در خاک (TAW) می‌باشد. خط فوقانی نیز نحوه‌ی تغییرات تخلیه رطوبتی در طول فصل رشد(Dr) را نشان می‌دهد. زمان وقوع آبیاری و بارندگی و مقادیر آن‌ها با استفاده از نمودارهای میله‌ای به رنگ‌های آبی و سبز مشخص گردیده است. شکل ۱۱ تقویم آبیاری گیاه کنجد را در دشت سبزوار نشان می‌دهد. در این شکل محور افقی، معرف طول دوره رشد و محور عمودی بیان‌کننده عمق آبیاری (بر حسب میلی‌متر) می‌باشد. در این نمودارها زمان وقوع آبیاری و مقدار آن با استفاده از نمودار میله‌ای مشخص شده است. با استفاده از نمودار تقویم آبیاری می‌توان مقدار و زمان دقیق آبیاری را تعیین نمود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بیش‌ترین عمق آبیاری، دو تا سه ماه بعد از تاریخ کشت کنجد می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، دوره‌ی آبیاری با گذشت زمان از تاریخ کشت افزایش می‌یابد.



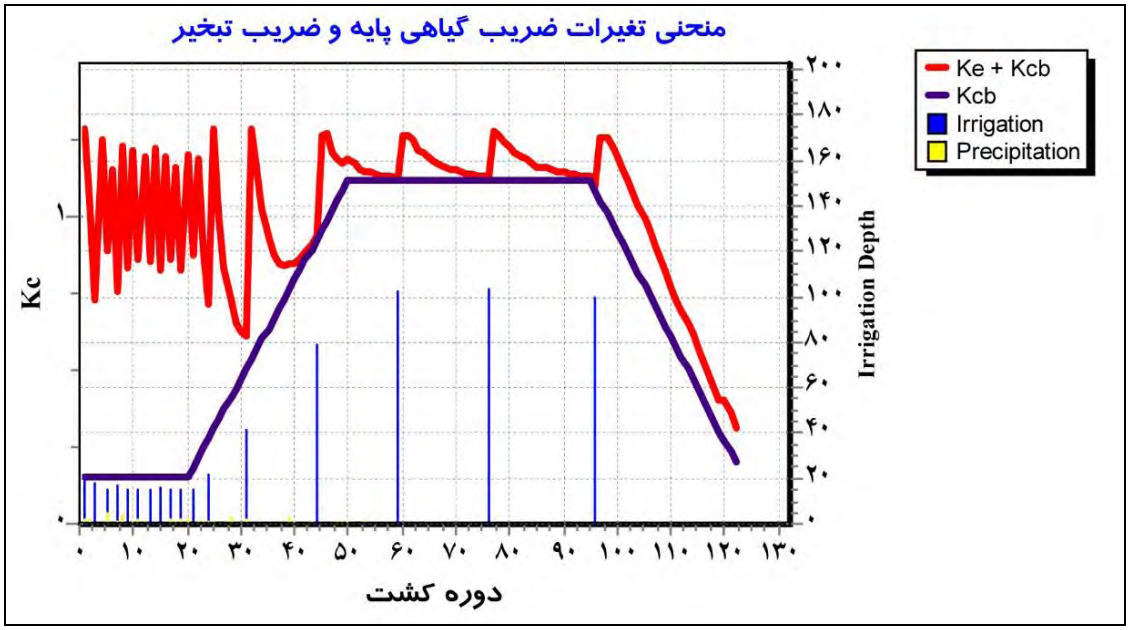
شکل ۱۰: منحنی تغییرات رطوبت خاک در دشت سبزوار



شکل ۱۱: نمودار تقویم آبیاری گیاه کنجد در دشت سبزوار

در محاسبات تبخیر و تعرق در مقیاس روزانه، از ضریب گیاهی پایه K_{cb}، برای بیان تعرق و از ضریب تبخیر K_e، برای بیان تبخیر از سطح خاک استفاده می‌شود. شکل ۱۲ منحنی تغییرات ضریب گیاهی پایه و ضریب تبخیر را نشان می‌دهد. در این شکل، محور افقی معرف طول دوره رشد، محور عمودی سمت چپ ضریب گیاهی و محور سمت راست عمق آبیاری و بارندگی را (بر حسب میلی‌متر) نشان می‌دهند. در این نمودارها منحنی پایین(منحنی آبی رنگ) مربوط به تغییرات ضریب گیاهی پایه(تعرق گیاه) و منحنی بالا (منحنی قرمزرنگ) مجموع ضریب گیاهی (تعرق گیاه و تبخیر از سطح خاک) را بیان می‌کند. همچنین زمان وقوع آبیاری و بارندگی (به ترتیب با رنگ‌های آبی و زرد) با استفاده از نمودارهای میله‌ای مشخص گردیده است.

منحنی ضریب گیاهی پایه با استفاده از ضرایب گیاهی مراحل آغازین، میانی و پایانی رشد و همچنین طول مراحل چهارگانه‌ی رشد ترسیم شده است. ضریب گیاهی مرحله آغازین رشد در دوره‌های روزانه تنها در برگیرنده‌ی فاکتورهای گیاهی بوده و عوامل اقلیمی مؤثر در آبیاری در آن دخیل نمی‌باشد. مقدار ضریب گیاهی در مرحله‌ی آغازین بر اساس توصیه‌ی فائو برای اکثر محصولات کشاورزی بین ۰/۱۵ تا ۰/۲ در نظر گرفته می‌شود. ضرایب گیاهی مراحل میانی و پایانی رشد نیز با توجه با ارتفاع گیاه، کمینه‌ی رطوبت نسبی و سرعت باد در ارتفاع ۲ متری در دوره مورد نظر اصلاح گردیده است. ضریب تبخیر (K_e) بیان‌کننده مؤلفه‌ی تبخیر از تبخیر- تعرق گیاهی می‌باشد. هنگامی‌که به دنبال یک بارندگی یا آبیاری، خاک مرطوب می‌شود، مقدار K_e به حداکثر مقدار خود می‌رسد. با خشک شدن خاک، K_e کاهش یافته و با تخلیه، آب موجود در لایه‌ی سطحی خاک به صفر می‌رسد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، ضریب گیاهی در مرحله‌ی پایانی رشد، روند نزولی به خود می‌گیرد. باتوجه به این‌که مقدار تبخیر از سطح خاک، تقریبا یک ماه بعد از تاریخ کشت رو به افزایش می‌گذارد، عمق آبیاری نیز متعاقب آن افزایش می‌یابد.



شکل ۱۲: منحنی تغییرات ضریب گیاهی پایه و ضریب تبخیر

۵- نتیجه گیری

بر اساس نتایج به دست از مدل *CROPWAT 8.0*، نیاز آبی محصول کنجد در دشت سبزوار به جهت بارش کم و دمای بالای هوا در طول سال و حاکمیت طولانی دوره خشکی، ارقام بالایی را نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که گیاه کنجد برای کامل کردن مراحل رشد خود به حداقل ۲۰ مرتبه آبیاری نیازمند است. البته لازم به ذکر است برای جلوگیری از سله بستن خاک و سبز کردن گیاه، دور و عمق آبیاری در مراحل آغازین رشد کم بوده و با گذشت زمان از تاریخ کاشت و ورود گیاه به فازهای میانی رشد، هم دور آبیاری و هم عمق آبیاری افزایش پیدا می‌کند. باتوجه به این‌که مراحل نهایی رشد و رسیدن محصول کنجد در سبزوار منطبق بر شروع فصل خشک می‌باشد؛ درنتیجه خاک با کمبود رطوبت مواجه شده و در ادامه این روند موجب استرس بر محصول و عدم رشد و رسیدن آن می‌شود. چون کنجد گیاه مقاومی در برابر خشکی است، در دشت سبزوار محصول خوب و به صرفه‌ای تولید می‌کند. همچنین از لحاظ شرایط اقلیمی و سازگاری با محیط، می‌توان این محصول را کشت نمود ، فقط در نواحی جنوبی به دفعات آبیاری بیشتری نیاز دارد.

۶- منابع

۱- خانی، محمدرضا، حیدرآبادی شریف آباد، حسین، مدنی، حمید، نورمحمدی، قربان، درویش، فرخ (۱۳۸۹). انتخاب برای مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های کنجد، نشریه‌ی یافته‌های نوین کشاورزی، سال ۴، شماره ۴، صص ۳۵۹-۳۴۷.

۲- صالحی، مینا، سعیدی، قدرت‌الله (۱۳۹۱). شاخص‌های انتخاب برای بهبود عملکرد دانه در کنجد، نشریه‌ی پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۱۰، شماره ۴، صص ۶۷۳-۶۶۷.

۳- گلستانی، مسعود، پاک نیت، حسن (۱۳۸۶). ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌های کنجد، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۱، شماره ۴۱، صص۱۴۹-۱۴۱.

۴- لشکری، حسن، کیخسروی، قاسم، رضایی، علی (۱۳۸۸). تحلیل میزان کارایی مدل CROPWAT در برآورد نیاز آبی محصول گندم در غرب کرمانشاه: شهرستان‌های اسلام‌آباد غرب، سرپل زهاب و روانسر، فصلنامه‌ی مدرس علوم انسانی، دوره ۱۳، شماره ۱، صص ۲۷۰-۲۴۷.

۵- مهاجرانی، حدیث، مساعدی، ابوالفضل، خلقی، مجید، مفتاح تلقی، مهدی، سعدالدین، امیر، (۱۳۸۹). برآورد نیاز آبی گیاه گندم توسط مدل CROPWAT در شهرستان کردکوی-استان گلستان، همایش ملی مدیریت کمبود آب و تنش خشکی در زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان، چهارم و پنجم اسفندماه ۱۳۸۸.

۶- وزیری، ژاله، سلامت، علیرضا، انتصاری، محمدرضا، مسچی، محمود، حیدری، نادر، دهقانی سانیچ، حسین (۱۳۸۷). تبخیر تعرق گیاهان (دستورالعمل محاسبه‌ی آب مورد نیاز گیاهان)، انتشارات کمیته‌ی ملی آبیاری و زهکشی ایران، چاپ اول، ص ۳۸۹.

7- Bouraima A.K., Zhang W., and Wei C., (2015). Irrigation water requirements of rice using Cropwat model in Northern Benin, international journal of agricultural and biological engineering, 8(2): pp 58-64.

8- Evemoje T., (2007). Variable Irrigation Scheduling Effects on Growth Parameters of Celosia Argentea in Humid Tropical Environment, Agricultuerral engineerin Internatial the CIGR Ejournal. Manuscript LW 06 018. Vol. IX.

9- Frenken K and Gillet V., (2012). Irrigation water requirement and water withdrawal by Country, AQUASTAT, http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use_agr/index.stm.

10- Janick J and Whipkey A., (2007). Issues in new crops and new uses, ASHS Press, Alexandria, VA.

11- Nazeer, M. (2009). Simulation of maize crop under irrigated and rained conditions with CROPWAT model. ARPN J. Agric. Biol. Sci, 4(2), pp 68-73.

12- Pradeep B , Jadia B.B. , Sangale S.T. ., (2015). Case Studies of Innovative Irrigation Management Techniques, Aquatic Procedia, 4: pp1197-1202.

13- Rahimi D., Salahshour F., (2014). Estimation of Water Requirement, Evaporation and Potential Transpiration of Brassica Napus L Plant in Ahwaz Town Using CROWPWAT Model, 2(4): pp1377-1387.

14- Sheng-Feng Kuo, Shin-Shen Ho, Chen-Wuing Liu., (2006). Estimation irrigation water requirements with derived crop coefficients for upland and paddy crops in ChiaNan Irrigation Association, Taiwan, Agricultural Water Management, 82, pp 433–451.

15- Stancalie G ., Marica A., Toulios L., (2010). Using earth observation data and CROPWAT model to estimate the actual crop evapotranspiration, Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 35(1-2): pp25-30.

16- Surendran U., Sushanth C.M., George M, and Joseph.J., (2015). Modelling the crop wate r requirement using FAO CROPWAT and assessment of water resources for sustainable water resource management: A case study in Palakkad district of humid tropical Kerala, India., Aquatic Procedia, 4, pp 1211 – 1219.

17- Weise, E. A. (2000). Oilseed crops. Blackwell Sci., Ltd Oxford, UK. p 364.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی