نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶ جلد ۱۱، بهمن - اسفند ۱۳۹۶، ص. ۱۱۵۱-۱۱۴۳

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 11, Feb.-Mar. 2018, p. 1143-1151

تأثیر آبیاری تکمیلی گندم دیم بر شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی در اقلیم نیمه‌خشک دشت تبریز

وحید مونس‌خواه[1*]، ابوالفضل مجنونی هریس[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۱

چکیده

نوسانات عوامل اقلیمی نقش مهمی در تولید محصولات کشاورزی به ویژه در شرایط دیم دارند. گندم از مهم‌ترین محصولات استراتژیک جهان می‌باشد که اهمیت ویژه‌ای در تأمین نیازهای غذایی بشر دارد. در کشت گندم دیم، بارش یکی از ارکان اصلی است که به عنوان تنها منبع تأمین رطوبت محسوب می‌شود. برای انجام این پژوهش از آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک تبریز و داده‌های عملکرد گندم دیم به مدت ۲۵ سال استفاده شده است. در ابتدا با توجه به شاخص درجه – روز – رشد، طول دوره رشد گندم در منطقه تعیین شده و سپس با محاسبه شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی، ریسک اقلیمی کشت گندم دیم بررسی گردیده است. با توجه به نتایج به دست آمده، شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی در قیاس با بارش سال زراعی، ضریب همبستگی بالاتری با عملکرد گندم داشته که این امر نشان می‌دهد توزیع فصلی بارش با توجه به میزان تبخیر – تعرق گیاه در مراحل مختلف رشد، تأثیر مشهودتری بر نوسانات عملکرد دارد. بر اساس نتایج به دست آمده در انتهای فصل رشد گندم دیم ریسک اقلیمی بالا است. برای بررسی اثر تنش رطوبتی در انتهای فصل رشد، یک آزمایش مزرعه‌ای شامل دو سطح آبیاری تکمیلی (دیم و یک نوبت آبیاری در مرحله وقوع ریسک اقلیمی بالا) در سه تکرار در اراضی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام گرفت. نتایج نشان داد، انجام یک نوبت آبیاری تکمیلی در مرحله پر شدن دانه و قبل از وقوع تنش، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد گندم شده و افزایش ۱۲/۵ درصدی شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی در دهه‌های پس از انجام تک آبیاری، موجب افزایش عملکرد به میزان ۲۱۷۰ کیلوگرم بر هکتار گردید.

واژه‌های کلیدی: بارش، تبخیر – تعرق، تک آبیاری، تنش رطوبتی، ریسک اقلیمی، عملکرد گندم

مقدمه

اهمیت بخش کشاورزی در اقتصاد ملی و تأمین نیازهای غذایی جمعیت در حال رشد در کنار محدودیت‌های موجود مانند کم‌آبی و توجه به توسعه پایدار، ضرورت استفاده بهینه از منابع، امکانات و ابزار-های تولید در این بخش را نشان می‌دهد. شرایط متنوع اقلیمی از خشک تا مرطوب با متوسط بارش سالانه ۲۵۰ میلی‌متر از ویژگی‌های اقلیمی ایران است (Bannayan et al., 2010; Ashraf et al., 2014). موجودیت آب در مقایسه با سایر عوامل از جمله زمین، به عنوان عامل اصلی محدودکننده تولیدات کشاورزی در نواحی خشک و نیمه‌خشک مطرح بوده است (Bannayan et al., 2008). یکی دیگر از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تولیدات کشاورزی تغییرات آب و هوایی در مناطق مختلف جهان است. این تغییرات اقلیمی، کشاورزی دیم را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد، چرا که زراعت دیم متکی به بارشی است که اساساً یک پدیده احتمالی است و قطعیتی از نظر زمان و مقدار ندارد. بارندگی به عنوان تنها منبع تأمین رطوبت در زراعت دیم محسوب می‌شود و تغییرات مکانی و زمانی آن موجب تغییر در مقدار عملکرد محصول می‌گردد (He et al., 2013). البته شدت تأثیر خشکی به مرحله رشد محصول در زمان وقوع خشکی بستگی دارد (Lopez et al., 2003). لذا لازم است با انجام مطالعات ضروری و ارائه راهکارهای فنی ریسک این پدیده احتمالاتی را کاهش داد. گندم یکی از مهم‌ترین غلات در تغذیه انسان به شمار می‌رود که در سرتاسر جهان کشت می‌شود. این گیاه با سطح زیر کشت بیش از ۲۱۹ میلیون هکتار، تقریباً ۳۲ درصد از اراضی تحت کشت غلات را به خود اختصاص داده است و از این نظر در مقایسه با سایر غلات در رتبه نخست در جهان قرار دارد (FAO., 2015). در ایران نیز گندم با سطح زیر کشت بیش از ۷ میلیون هکتار جایگاه ویژه‌ای در بین غلات دارد که بخش عمده‌ای از آن مربوط به اراضی دیم است. این در حالی است که در بخش قابل توجهی از اراضی کشور، به دلیل عدم دسترسی کافی به آب و بروز تنش رطوبتی به ویژه در مرحله پر شدن دانه، عملکرد کاهش می‌یابد (اسدی و همکاران، ۱۳۸۲). مطابق پیش‌بینی‌ها جمعیت ایران در سال ۲۰۳۰ به حدود ۱۰۰ میلیون نفر

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه تبریز
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: Email: vahid.mounesxah@yahoo.com)

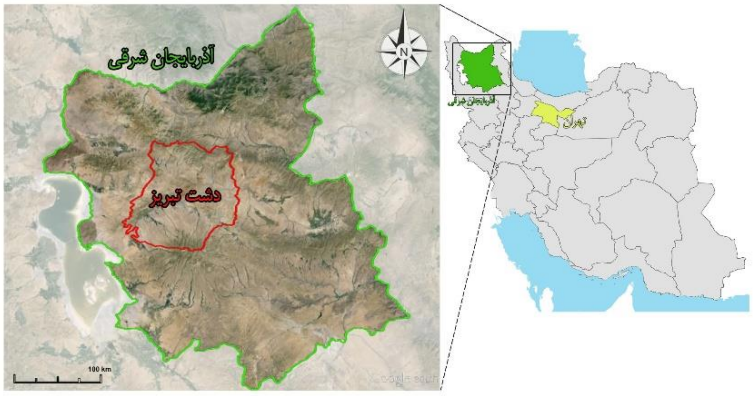
می‌رسد و با کمبود شدید آب برای استفاده در بخش کشاورزی مواجه خواهد شد (Salemi et al., 2011). بنابراین مدیریت مصرف آب در این بخش و افزایش تولید به ازای واحد آب مصرفی حائز اهمیت خواهد بود. یکی از راهکارها به منظور مقابله با این مشکل، کم‌آبیاری اراضی فاریاب و یا افزایش تولید محصولات دیم با انجام آبیاری تکمیلی است. عمق آبیاری تکمیلی بر اساس شرایط اقلیمی سال زراعی تعیین می‌شود (Oweis and Hachum., 2009). در طول سالیان اخیر نیز یافته‌های محققین نشان داده است که انجام آبیاری تکمیلی عملکرد غلات دیم را به میزان قابل توجهی افزایش داده است (Erekul et al., 2012). کم‌آبیاری راهکاری است که در آن آب کمتر از مقدار مورد نیاز برای تبخیر و تعرق پتانسیل و تولید حداکثری محصول مصرف می‌شود که نتیجه آن حفظ منابع محدود آب (English et al., 2002 ؛ et al., 1994 Musick) و در اغلب موارد افزایش بهره‌وری مصرف آب است (Fereres and Soriano., 2007). منظور از آبیاری تکمیلی نیز کاربرد مقدار محدودی آب در زمان توقف بارندگی به منظور تداوم رشد است، البته این مقدار آب به تنهایی برای تولید کافی نیست (Tavakkoli and Oweis., 2004). مطالعات بسیاری کارآیی آبیاری تکمیلی را در کشت گندم دیم در افزایش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب، به اثبات رسانده است (Zhang and Oweis., 1999؛ توکلی، ۱۳۹۲؛ نخجوانی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵؛ هادی، ۱۳۹۵). هاشمی نسب خبیصی و همکاران (۱۳۹۳) شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی را برای تولید گندم دیم در استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی بررسی کرده و گزارش نمودند ایستگاه‌های مشهد و قوچان با میانگین دراز مدت ۹۳ درصد، بیشترین مقدار شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی را داشته و برای کشت گندم دیم بسیار مناسب هستند.

با توجه به سطح کشت گسترده اراضی گندم دیم و لزوم افزایش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب و افزایش تولید به ازای واحد آب مصرفی و با توجه به این که رابطه بین تبخیر – تعرق و بارش اثرات قابل توجهی در عملکرد محصولات دیم دارند و شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی به خوبی به بررسی این پارامترها می‌پردازد، لذا در این مطالعه با استفاده از کاربرد این شاخص، ریسک اقلیمی کاشت گندم دیم در دشت تبریز محاسبه شده و تأثیر آبیاری تکمیلی بر بهبود افزایش شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی، تعیین خواهد شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دشت تبریز به عنوان بخشی از حوضه آبریز دریاچه ارومیه در موقعیت جغرافیایی '۴۸ °۴۵ تا '۵۱ °۴۶ طول شرقی و '۴۵ °۳۷ تا '۲۸ °۳۸ عرض شمالی واقع شده است. این محدوده مطالعاتی ۵۴۸۱ کیلومترمربع وسعت دارد که ۳۷۷۸ کیلومترمربع آن ارتفاعات و ۱۷۰۳ کیلومترمربع آن دشت است. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در کشور و استان آذربایجان شرقی در شکل ۱ نشان داده شده است. مطابق با اقلیم نمای دومارتن، دشت تبریز با دمای متوسط ۱۳ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش حدود ۲۵۰ میلی‌متر دارای اقلیم نیمه-خشک می‌باشد (هادی و همکاران، ۱۳۹۴).



شکل۱- موقعیت جغرافیایی دشت تبریز

داده‌های مورد نیاز در این پژوهش شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، بارندگی، سرعت باد، رطوبت نسبی کمینه، رطوبت نسبی بیشینه و ساعات آفتابی در مقیاس روزانه از سازمان هواشناسی استان آذربایجان‌شرقی و داده‌های عملکرد گندم نیز از سازمان جهاد کشاورزی استان تهیه گردید. ظرفیت آب خاک و بافت خاک نیز از نقشه خاک ارائه شده توسط سازمان فائو تعیین گردیدند.

طول دوره رشد گندم

یکی از فاکتورهای مهم در زراعت دیم، کاشت بذر در زمان مناسب است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک انتخاب تاریخ کاشت مناسب از طریق تنظیم الگوی رشد گیاه با نزولات آسمانی یا رطوبت موجود در خاک اثر قابل ملاحظه‌ای بر روی بهره‌وری مصرف آب و عملکرد اقتصادی دارد. با توجه به این که بارش به عنوان مهم‌ترین پارامتر اقلیمی در دیم‌کاری مطرح است، تاریخ کاشت با در نظر گرفتن زمان آغاز بارش‌های مؤثر پاییزه تعیین گردید. البته باید توجه داشت که تأخیر در عملیات کاشت به دلیل تأخیر در زمان آغاز بارش‌های پاییزه، ممکن است باعث صدمه به بذر جوانه زده در سرما و یخبندان گردد. گندم به منظور سپری کردن مراحل مختلف رشد نیاز به دریافت مقدار معینی واحد حرارتی دارد که از طریق رابطه ۱ محاسبه شد (Hundal et al., 1997):

$$GDD = \sum_{a}^{b}\left[\frac{T_{max}+T_{min}}{2} - T_b\right] \quad (۱)$$

که در آن GDD درجه – روزهای رشد (حرارت تجمعی)، T_{min} و T_{max} دماهای کمینه و بیشینه روزانه بر حسب درجه سانتی‌گراد، T_b درجه حرارت پایه بر حسب درجه سانتی‌گراد، a و b زمان‌های شروع و پایان مرحله فنولوژیکی هستند. در مواقعی که دمای متوسط روزانه برابر یا کمتر از T_b باشد، مقدار GDD معادل صفر در نظر گرفته شد (Sharma et al., 2004).

شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی (Water Requirement Satisfaction Index)

سازمان خواربار و کشاورزی جهانی (FAO) شاخص رضایت-مندی نیاز آبی (WRSI) را به عنوان یک مدل قابل استفاده به منظور برآورد تولیدات کشاورزی با بهره‌گیری از بارش در مناطقی از جهان که با محدودیت آب مواجه هستند، توسعه داده است (Frere and Popov., 1986). منبع تأمین رطوبت مورد نیاز گیاه در زراعت دیم، بارش به‌علاوه آب در دسترس خاک است. اگر بارش بیش از مقدار مورد نیاز گیاه باشد، برای پر شدن مجدد رطوبت در دسترس خاک استفاده می‌شود و چنانچه از مقدار لازم برای تکمیل ظرفیت آب خاک نیز بیشتر باشد، به صورت رواناب و نفوذ عمقی از دسترس خارج می-گردد. اما در صورتی که نیاز گیاه بیش از مقدار بارش باشد، از ظرفیت آب خاک برای جبران کمبود بارش استفاده خواهد شد و در صورت عدم کفایت، یک کمبود نیاز رطوبتی ثبت می‌گردد. مبنای انجام محاسبات بیلان رطوبت در این مطالعه گام‌های زمانی دهه‌ای در نظر گرفته شد. در پایان فصل رشد نیز شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی به عنوان درصدی از کل نیاز آبی برطرف شده توسط بارش و رطوبت در دسترس خاک بیان می‌گردد. بنابراین می‌توان اظهار داشت WRSI در واقع یک شاخص عملکرد بر اساس آب در دسترس محصول در گام-های زمانی دهه‌ای در طول فصل رشد است که تابعی از بارش، تبخیر – تعرق، نوع خاک و نوع محصول است. مقدار این شاخص از صفر که در آن نیاز آبی محصول هرگز تأمین نشده تا ۱۰۰ درصد که در آن نیاز آبی به طور کامل تأمین گردیده است، متغیر است (Sultan et al., 2010). مقادیر کمی مانند ۴۰ یا ۵۰ درصد بیان‌کننده از بین رفتن گیاه است (Verdin and Klaver., 2002). سیلوا و همکاران، WRSI را در سه دسته طبقه‌بندی کردند؛ WRSI > ۵۰ دارای ریسک اقلیمی پایین، ۵۰ > WRSI > ۴۰ دارای ریسک اقلیمی متوسط و WRSI< ۴۰ دارای ریسک اقلیمی بالا هستند (Silva et al., 2010).

محاسبات دهه‌ای رضایت‌مندی آب زراعی (CWS[1]) با استفاده از روابط ۲ تا ۸ صورت پذیرفت (Verdin and Klaver., 2002):

$$\Delta W_i = R_i + S_i - ET_{C_i} \quad (۲)$$

که در آن ΔW_i کمبود رطوبت (علامت منفی) و یا مازاد رطوبت (علامت مثبت) در دهه iام بر حسب میلی‌متر، R_i بارش دهه i ام بر حسب میلی‌متر، S_i رطوبت در دسترس در ابتدای دهه iام بر حسب میلی‌متر و ET_{C_i} تبخیر – تعرق گیاه تحت شرایط استاندارد در دهه iام بر حسب میلی‌متر است. به منظور محاسبه مقادیر تبخیر - تعرق استاندارد نیز از روش فائو پنمن مانتیث و ضرایب گیاهی گندم در طول فصل رشد استفاده شد و با استفاده از رابطه ۳، تبخیر - تعرق استاندارد محاسبه گردید (Allen et al., 1998):

$$ET_{c_i} = ET_{o_i} \times K_{c_i} \quad (۳)$$

که در آن ET_{0_i} و ET_{c_i} به ترتیب تبخیر - تعرق مرجع و استاندارد گیاه در دهه i ام بر حسب میلی‌متر و K_{c_i} ضریب گیاهی گندم است.

در صورتی که کمبود آب زراعی وجود داشته باشد، رضایت‌مندی آب زراعی تجمعی با استفاده از رابطه ۴ و در غیر این صورت با استفاده از رابطه ۵ محاسبه خواهد شد.

$$CWS_i = CWS_{i-1} + ET_{C_i} + \Delta W_i \quad (۴)$$

$$CWS_i = CWS_{i-1} + ET_{C_i} \quad (۵)$$

آب مازاد نیز از طریق رواناب و یا نفوذ عمقی از دسترس گیاه خارج شده و در نهایت رطوبت در دسترس خاک با استفاده از معادله ۶ اصلاح شد.

$$S_{i+1} = S_i + R_i - ET_{C_i} \quad (۶)$$

باید در نظر داشت که دامنه تغییرات رطوبت در دسترس خاک بین مقدار کمینه صفر تا مقدار بیشینه ظرفیت آب خاک (با توجه به عمق ریشه) متغیر خواهد بود.

شاخص رضایت‌مندی آب زراعی برای دهه دلخواه nام از رابطه ۷ بدست آمد.

1- Crop Water Satisfaction

$$WRIS_n = \frac{CWS_n}{\sum_{i=1}^{n} ET_{C_i}} \quad (۷)$$

در نهایت متوسط شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی در طول فصل رشد با استفاده از رابطه ۸ بدست آمد.

$$\overline{WRSI} = \sum_{i=1}^{n} \frac{CWS_n}{\sum_{i=1}^{n} ET_{C_i}} \times \frac{1}{n} \quad (۸)$$

شایان ذکر است برنامه‌های کامپیوتری مورد نیاز به منظور محاسبات مدت زمان لازم برای سپری کردن مراحل مختلف رشد گندم و محاسبه تبخیر - تعرق مرجع در محیط نرم‌افزار MATLAB نوشته شدند.

به‌منظور بررسی دقیق‌تر اثر کمبود شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی بر عملکرد گندم دیم، آزمایشی مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۵-۹۴ در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز صورت گرفت. آزمایش به دو صورت کشت دیم و یک نوبت آبیاری تکمیلی در کرت‌هایی با طول ۳ متر و عرض ۲ متر در ۳ تکرار انجام شد. بذر مورد استفاده برای کشت، گندم دیم رقم سرداری ۳۹ بود که به صورت ردیفی در امتداد عرض کرت و در عمق حدود ۴ سانتی‌متری از سطح خاک و با تراکم بذر ۱۱۰ کیلوگرم بر هکتار کشت شد. در این آزمایش تأثیر افزایش شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی از طریق انجام آبیاری تکمیلی بر عملکرد گندم دیم مورد بررسی قرار گرفت. زمان انجام آبیاری تکمیلی نیز با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر در مورد مقادیر شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی در مراحل مختلف رشد تعیین شده است؛ به طوری که با توجه به آمار ۲۵ سال گذشته، انجام آبیاری تکمیلی مانع بروز ریسک اقلیمی بالا در مراحل حساس به تنش خواهد شد. لذا آبیاری تکمیلی در تاریخ ۵ خرداد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی گندم در طول فصل رشد نشان داد که متوسط این شاخص در دشت تبریز ۷۲/۶ درصد بوده و در کل ریسک اقلیمی تولید گندم دیم پایین بوده و شرایط اقلیمی دشت تبریز برای کشت گندم دیم مساعد بود. این در حالی است که متوسط عملکرد گندم دیم در دشت تبریز در دوره آماری مورد مطالعه در حدود ۸۲۰ کیلوگرم در هکتار بوده است که این مقدار در مقایسه با پتانسیل تولید گندم در اراضی دیم اختلاف قابل توجهی دارد. بنابراین محاسبه شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی در گام‌های زمانی دهه‌ای به‌منظور تعیین ریسک اقلیمی در مراحل مختلف رشد گندم حائز اهمیت است. در شکل ۲ نحوه تغییرات شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی و در شکل ۳ روند تغییرات تبخیر - تعرق گندم و نیز مقدار متوسط آن‌ها در بازه زمانی مورد مطالعه ارائه شده است. بر اساس نتایج بدست آمده در طی دوره ۲۵ ساله مورد مطالعه مطابق با مقادیر شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی، فقط در ۳ سال کشت گندم دیم دارای ریسک اقلیمی متوسط بوده که میانگین بارش سال زراعی در آن ۳ سال معادل ۱۵۵ میلی‌متر بود و در ۲۲ سال با میانگین بارش سال زراعی معادل ۲۴۲/۵ میلی‌متر، ریسک اقلیمی پایین بوده است. البته این تقسیم‌بندی بر اساس نتایج سالانه صورت گرفته است. اگرچه بارندگی سالانه یکی از عوامل مهم موفقیت در زراعت دیم است؛ اما باید توجه داشت نحوه توزیع آن در طول مراحل رشد با توجه به مقدار بارش مورد نیاز در هر مرحله بر عملکرد محصول تأثیر بسزایی دارد و نکته‌ای که حائز اهمیت است، زمان وقوع ریسک اقلیمی بالا با توجه به مقادیر شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی کمتر از ۴۰ درصد در مقیاس دهه‌ای و مدت زمان تداوم آن است. طول دوره رشد گندم دیم، با توجه به نتایج بدست آمده ۲۸ دهه بود که به طور متوسط در ۲۲ دهه ریسک اقلیمی پایین، ۳ دهه ریسک متوسط و ۳ دهه نیز ریسک اقلیمی بالا بدست آمد. نتایج نشان داد در سال‌هایی که تنش ریسک اقلیمی گندم متوسط بود، تعداد دهه‌های با تنش رطوبتی بیشتر بوده و علاوه بر تنش رطوبتی که در انتهای فصل رشد رخ می‌دهد، در ابتدای فصل رشد نیز دچار تنش رطوبتی شد.

همچنین در دهه‌های انتهایی رشد، عمدتاً ریسک اقلیمی از نظر تأمین رطوبت مورد نیاز گندم دیم بالا بوده و مهم‌ترین دلیل پایین بودن عملکرد گندم دیم در منطقه مورد مطالعه، عدم تأمین نیاز رطوبتی در انتهای فصل رشد بود. نتایج پژوهش هادی (۱۳۹۵) نیز نشان داد مقدار بارش دشت تبریز کفایت لازم جهت تأمین نیاز آبی گندم دیم در ماه‌های رشد را ندارد. وی با توجه به کمبود شدید بارش خرداد ماه که مقارن با مرحله حساس به تنش پر شدن دانه‌ها می‌باشد، انجام یک نوبت آبیاری تکمیلی را در اوایل خرداد توصیه نمود.

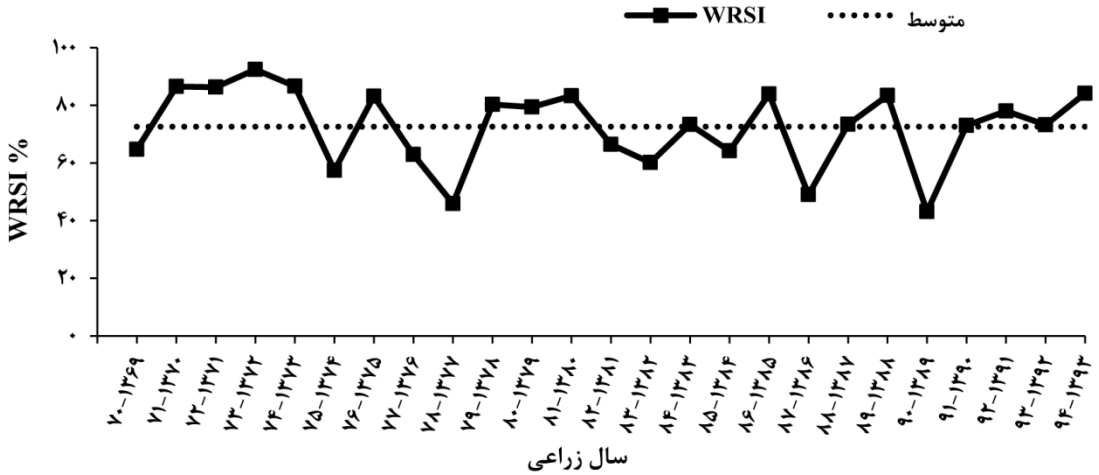
روابط رگرسیونی بین عملکرد و بارش سال زراعی و نیز شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی در شکل ۴ ارائه شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، ضریب همبستگی شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی با عملکرد گندم در مقایسه با ضریب همبستگی بارش سال زراعی با عملکرد بیشتر حاصل گردیده است. این امر بیانگر اهمیت ارتباط بارش با میزان تبخیر - تعرق است. در واقع نحوه توزیع فصلی بارش در قیاس با مقدار بارش سال زراعی تأثیر بیشتری بر عملکرد محصول دارد.

در شکل ۵ نیز ارتباط بین بارش سال زراعی با مقدار شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی نشان داده شده است. با توجه به این شکل می‌توان اذعان داشت در نقاط موجود در بالای خط برازش داده شده پراکنش زمانی و مقدار بارش مؤثر در مراحل مختلف رشد گیاه مناسب بوده است. اما در نقاط پایین خط برازش داده شده، مقدار تلفات بارش از طریق رواناب و نفوذ عمقی و یا توزیع زمانی بارش مطلوب نبوده است. به عنوان مثال در یک سال با بارش سال زراعی به میزان ۲۰۹/۱ میلی‌متر، شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی معادل ۴۳/۱ درصد حاصل گردیده که با توجه به خط برازش داده شده، مقدار کمی است.

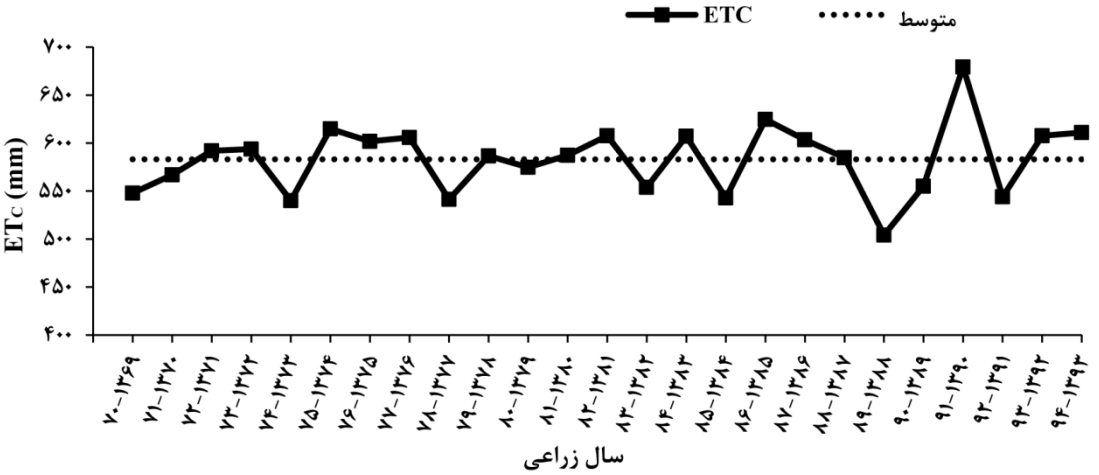
دلیل این امر عدم بارندگی کافی در مرحله پس از کاشت و جوانه‌زنی بود که سبب شده است ۱۲ دهه با ریسک اقلیمی بالا و ۶ دهه با ریسک اقلیمی متوسط در طول فصل رشد وجود داشته باشد که موجب کاهش متوسط شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی در طول فصل رشد و نیز کاهش عملکرد گردد.

تأثیر آبیاری تکمیلی بر شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی

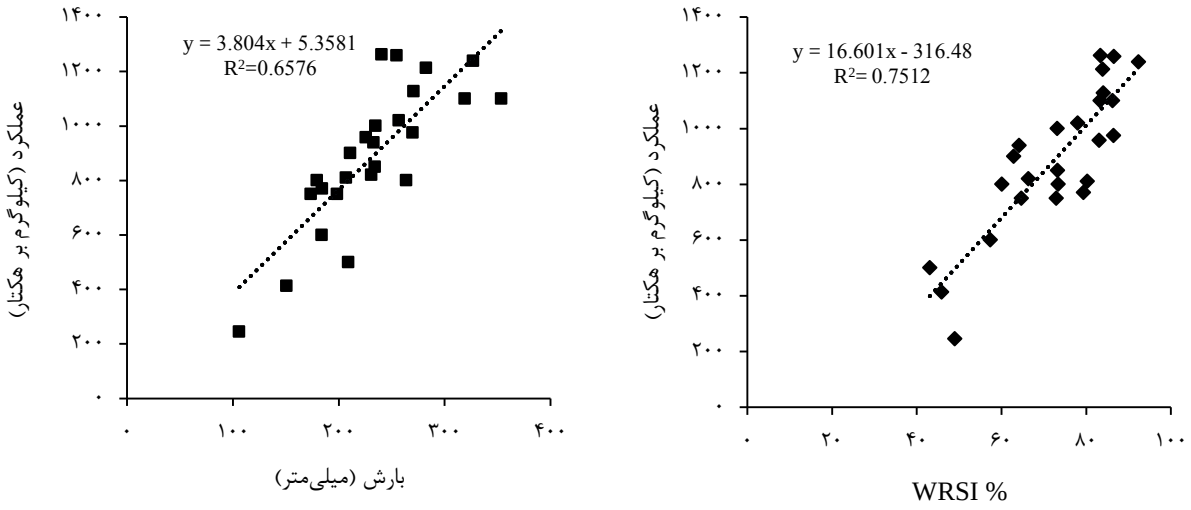
با توجه به نتایج بدست آمده از شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی گندم دیم، تنش رطوبتی در دهه‌های انتهایی فصل رشد رخ داد و سبب کاهش عملکرد شد. نتایج مطالعات نشان داد تنش رطوبتی در مرحله پر شدن دانه‌ها از طریق کاهش وزن هزار دانه موجب کاهش عملکرد خواهد شد (Yang et al., 2001؛ فرمهینی فراهانی و همکاران، ۱۳۹۲؛ هادی، ۱۳۹۵). در این مطالعه به منظور بررسی اثر آبیاری تکمیلی بر افزایش شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی و در نتیجه افزایش عملکرد، یک نوبت آبیاری تکمیلی قبل از آغاز ریسک اقلیمی صورت گرفت. در جدول ۱ تأثیر انجام آبیاری تکمیلی بر عملکرد، وزن هزار دانه، بهره‌وری مصرف آب و شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی در مقایسه با شرایط دیم ارائه شده است.



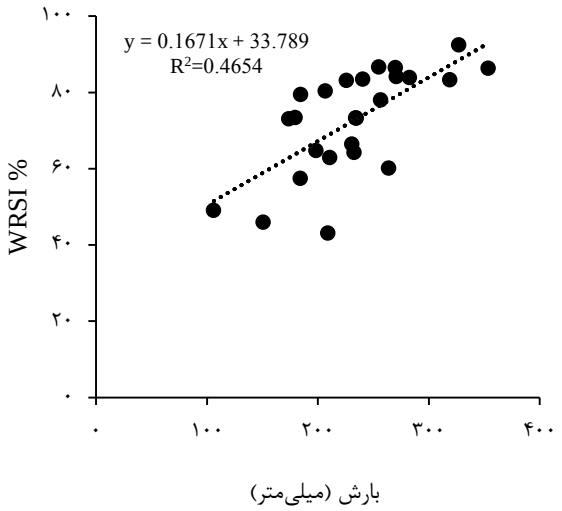
شکل ۲- روند تغییرات شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی گندم در بازه زمانی ۲۵ ساله



شکل ۳- روند تغییرات تبخیر – تعرق گندم در بازه زمانی ۲۵ ساله



شکل ٤- روابط رگرسیونی عملکرد گندم با بارش سال زراعی و شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی



شکل ٥- رابطه رگرسیونی بین بارش با شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی

جدول ۱- مقایسه نتایج صفات مورد مطالعه در شرایط کشت دیم و انجام آبیاری تکمیلی

نوع کاشت	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی در طول فصل رشد (درصد)	شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی در محدوده زمانی وقوع ریسک اقلیمی (درصد)
شرایط دیم	۱۶۱۰	۲۱/۹۳	۰/۵۴	۸۲/۶	۴۵/۱
آبیاری تکمیلی	۳۷۸۰	۳۶/۶۷	۱/۰۵	۸۵/۴	۵۷/۰

انجام آبیاری سبب افزایش ۱۱/۹ درصدی شاخص رضایت‌منـدی نیاز آبی در مرحله انتهایی رشد شده و عملکرد دانه را بهبود بخشید. به طوری که در شرایط کشت دیم و بدون آبیاری تکمیلی و تحت شرایط مدیریت مطلوب در مزرعه، عملکرد به میزان ۱۶۱۰ کیلوگرم بر هکتار حاصل شد. در صورتی که انجام آبیاری تکمیلـی عملکـرد دانـه را بـه ۳۷۸۰ کیلوگرم بر هکتار افزایش داد که بخش عمده‌ای از آن مربـوط

به افزایش وزن هزار دانه می‌باشد. متوسط شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی در طول فصل رشد ۸۲/۶ درصد حاصل شد که انجام آبیاری تکمیلی آن‌را تا ۸۵/۴ درصد افزایش داد؛ این افزایش به طور خاص در ۵ دهه انتهایی اتفاق افتاده و متوسط شاخص دوره مربوط را از ۴۵/۱ درصد به ۵۷ درصد افزایش داده لذا از بروز ریسک اقلیمی در مرحله حساس به تنش پر شدن دانه‌ها جلوگیری کرده و عملکرد را به میزان ۲۱۷۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داده است.

نتیجه گیری

به منظور بررسی تأثیر نوسانات اقلیمی بر عملکرد گندم دیم، در این پژوهش از شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی به عنوان یک شاخص عملکرد بر اساس آب در دسترس محصول در گام‌های زمانی دهه‌ای در طول فصل رشد استفاده شد که تابعی از بارش، تبخیر – تعرق، نوع خاک و نوع محصول می‌باشد. نتایج به دست آمده نشان داد علی‌رغم اینکه با توجه به متوسط مقدار این شاخص در طول فصل رشد، ریسک اقلیمی گندم دیم در دشت تبریز پایین است؛ اما به دلیل تغییرات عوامل اقلیمی از جمله بارش و تبخیر - تعرق در مراحل مختلف رشد، امکان بروز ریسک اقلیمی متوسط و بالا در برخی از مراحل رشد وجود دارد. البته با توجه به حساسیت هر مرحله نسبت به تنش رطوبتی، این ریسک بر عملکرد محصول تأثیرگذار خواهد بود. نتایج نشان داد بیشترین ریسک اقلیمی در دهه‌های انتهایی فصل رشد رخ داد که با توجه به مقارن بودن با مرحله حساس به تنش پر شدن دانه‌ها، از طریق کاهش وزن هزار دانه باعث افت قابل توجه عملکرد شد. انجام آبیاری تکمیلی قبل از وقوع ریسک اقلیمی بالا با افزایش ۱۱/۹ درصدی شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی در مدت زمان پس از انجام آبیاری، عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب را در مقایسه با شرایط دیم به ترتیب به میزان ۱۳۴/۸ درصد و ۹۴/۴ درصد افزایش داد.

منابع

اسدی،ح.، نیشابوری،م و سیادت،ح. ۱۳۸۲. تعیین ضریب حساسیت گندم به تنش رطوبتی در مراحل مختلف رویش در منطقه کرج. مجله علوم و کشاورزی ایران. ۳۴.۳:۵۷۹ - ۵۸۶.

توکلی، ع.ر. ۱۳۹۲. کم آبیاری و مدیریت آبیاری تکمیلی گندم آبی و دیم در شهرستان سلسله. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۴.۲۷: ۵۸۹ - ۶۰۰.

فرمهینی فراهانی،م.، میرزاخانی،م و ساجدی،ن.ع. ۱۳۹۲. اثر تنش کم‌آبی و کاربرد مواد جاذب رطوبت بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم پاییزه در اراک. نشریه یافته‌های نوین کشاورزی. ۳ : ۲۶۳ – ۲۷۴.

نخجوانی‌مقدم،م.م.، قهرمان،ب.، داوری،ک.، علیزاده،ا.، دهقانی سانیج،ح و توکلی،ع.ر. ۱۳۹۵. افزایش بهره‌وری بارش برای گندم دیم در شرایط مدیریت برتر زراعی و آبیاری محدود در بالا دست حوضه کرخه. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۰. ۳: ۳۰۱ – ۳۱۵.

هادی،م.، خالدی،م و مجنونی هریس،ا. ۱۳۹۴. بررسی تغییرات و تحلیل حساسیت تبخیر–تعرق مرجع در منطقه شمال‌غرب ایران. سومین همایش بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در علوم کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

هادی،م. ۱۳۹۵. مطالعه تأثیر آبیاری تکمیلی و کاربرد سطوح مختلف پلیمر استاکوزورب بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

هاشمی نسب خبیصی،ف.، موسوی بایگی،م.، بختیاری،ب و بنایان اول،م. ۱۳۹۳. اثر بارش یر عملکرد گندم دیم و شاخص رضایت‌مندی نیاز آبی در مقیاس زمانی مختلف. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. ۱۷: ۱ – ۱۳.

Allen,R.G., Pereira,L.S., Raes,D and Smith,M. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. In: Irrigation and Drainage Paper No. 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.

Ashraf,B., Yazdani,R., Mousavi-Baygi,M and Bannayan,M. 2014. Investigation of tem-poral and spatial climate variability and aridity of Iran. Theoretical and Applied Climatology. 118.: 35-46.

Bannayan,M., Sanjani,S., Alizadeh,A., Sadeghi Lotfabadi,S and Mohammadian,A. 2010. Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield innortheast of Iran. Field Crops Research. 118.2: 105-114.

Bannayan,M., Najafi,F., Azizi,M., Tabrizi,L and Rastgoo,M. 2008. Yield and seed quality of plant goovata and Nigella sativa under different irrigation treatments. Industrial Crops and Products. 27: 11-16.

English,M.J., Solomon,K.H and Hoffman,G.J. 2002. A paradigm shift in irrigation management. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 128: 267-277.

Erekul,O., Gotz,K.P and Gurbuz,T. 2012. Effect of supplemental irrigation on yield and breadmaking quality of wheat (Triticum aestivum L.) varieties under the Mediterranean climatical conditions. Turkish Journal of Field Crops. 17.1: 78-86.

FAO. 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, http://faostat3.fao.org

Ganji,A and KamilYusoff,M. 2011. Application of AquaCrop model in deficit irrigation management of Winter wheat in arid region. African Journal of Agricultural Research. 610: 2204-2215.

Sharma,A., Sood,R.K and Kalubarme,M.H. 2004. Agrometeorological wheat yield forecast in Himachal Pradesh. Journal of Agrometeorology. 6: 153-160.

Silva,V., Campos,J., Silva,M.T and Azevedo,P.V. 2010. Impact of global warming on cowpea bean cultivation in northeastern Brazil. Agricultural Water Management. 97: 1760-1768.

Sultan,B., Bella-Medjo,M., Berg,A., Quirion,P and Janicot,S. 2010. Multi-scales and multi-sites analyses of the role of rainfall in cotton yields in West Africa. International Journal of Climatology. 30: 58-71.

Tavakkoli,A.R and Oweis,T. 2004. The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of Iran. Agricultural Water Management. 65:225-236.

Verdin,J and Klaver,R. 2002. Grid-cell-based crop water accounting for the famine early warning system. Hydrological Processes. 16: 1617-1630.

Yang,J., Zhang,J., Wang,Z., Zhu,Q and Liu,L. 2001. Water deficit-induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. Agronomy Journal. 93: 196-206.

Zhang,H and Oweis,T. 1999. Water-yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. Agricultural Water Management. 38: 195-211.

(accessed 23.03.15.).

Fereres,E and Soriano,M.A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Special issue on integrated approaches to sustain and improve plant production under drought stress. Journal of Experimental Botany. 58: 147-159.

Frere,M and Popov,G. 1986. Early agrometeorological crop yield assessment. FAO Plant Production and Protection Paper 73. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy; 144 pp.

He,Y., Wei,Y., Depauw,R., Qian,B., Lemke,R., Singh,A., Cuthbert,R., Mcconkey,B and Wang,H. 2013. Spring Wheat Yield in the Semiarid Canadian Prairies: Effects of Precipitation Timing and Soil Texture over Recent 30 Years. Field Crops Research. 149: 329-337.

Hundal,S.S., Singh,R and Dhaliva,L.K. 1997. Agro-climatic indices for predicting phonology of wheat (Triticum aestivum) in Punjab. Journal of Agriculture Science. 67: 265- 268.

Lopez,C., Banowetz,G., Peterson,J and Kronstad,W. 2003. Dehydrin expression anddrought tolerance in seven wheat cultivars. Crop Science. 43: 577-582.

Musick,J.T., Jones,O.R., Stemart,B.A and Dusek,D.A. 1994. water - yield relationships for irrigated and dry land wheat in the US Southern Plains. Agronomy Journal. 86: 980-986.

Oweis,T and Hachum,A. 2009. Optimizing supplemental irrigation: Tradeoffs between profitability and sustainability. Agricultural Water Management. 96.3: 511-516.

Salemi,H., Mohd Soom,M.A., Lee,T.S., Mousavi,S.F.,

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 11, Feb.-Mar. 2018, p. 1143-1151

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶ جلد ۱۱، بهمن - اسفند ۱۳۹۶، ص. ۱۱۵۱-۱۱۴۳

Effect of Supplemental Irrigation on Water Requirement Satisfaction Index of Rainfed Wheat in the Tabriz Plain semi-arid Climate

V. Mouneskhah[1]*, A. Majnooni Heris[2]
Recived: Jul.21, 2017 Accepted: Oct.23, 2017

Abstract

Fluctuations of climatic factors play an important role in the agricultural productions, especially in rainfed conditions. Wheat is one of the most important strategic products in the world, which is particular importance in supplying human food. In rainfed wheat farming, rain is one of the main elements that is considered the only source of moisture. In this study meteorological data of Tabriz synoptic station and rainfed wheat yield have been used in 25 years statistical period. First, according to growing degree day (GDD) index, the period of wheat growth in the region was determined then, by calculating the water requirement satisfaction index, the climate risk of rainfed wheat production was investigated. Results showed in comparison to the rainfall, water requirement satisfaction index has a higher correlation with wheat yield. Mentioned finding indicated seasonal distribution of precipitation has significant effect on yield fluctuations due to different evapotranspiration rate at each stage of growing season. Based on gained results in the study area climate risk is high in the end of rainfed wheat growing season. So, in order to study the effects of water stress in end of growing season, a field experiment including two levels of supplemental irrigation (rainfed and one irrigation at stage of high climate risk) was conducted in three replications at Research Fields of Agriculture Faculty, Tabriz University. Results showed that one supplemental irrigation in the grain filling stage and before the occurrence of water stress increased yield significantly. Also, after one supplemental irrigation increasing 12.5% water requirement satisfaction index led to increase of 2170 $kg.ha^{-1}$ in wheat yield.

Keywords: precipitation, evapotranspiration, single irrigation, moisture stress, climatic risk, wheat yield

1- MSc Student of Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2- Associate Professor of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
(*- Corresponding Author, Email: vahid.mounesxah@yahoo.com)