



مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۷

صفحه‌های ۲۸۷-۲۶۷

برآورد تاریخ بهینه کشت و مراحل حساس رشد به تنش آبی در مناطق عمده کشت

گندم دیم ایران

فاتره عباسی^۱، حسین محمدی^{۲*}، سعید بازگیر^۳، مجید آزادی^۴

۱. دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی کشاورزی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲. استاد آب‌وهواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳. استادیار آب‌وهواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۴. دانشیار هواشناسی، پژوهشکده هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۳۰

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۰۸/۲۹

چکیده

متغیرهای اقلیمی از عوامل اصلی کنترل‌کننده زراعت دیم هستند و انطباق دوره رویشی و زایشی با شرایط اقلیمی مساعد نیز از طریق تاریخ کاشت فراهم می‌شود. از این رو، هدف اصلی این پژوهش ارائه تاریخ رخداد مراحل حساس به تنش آبی (گلدهی و شیر شدن) در راستای دستیابی به عملکرد بهینه در مناطق عمده کشت گندم دیم ایران است. با توجه به این‌که، شش استان نیمه‌غربی و شمال‌غربی کشور، بیشترین سطح زیر کشت و عملکرد را در تولید گندم دیم کشور دارند، در این راستا از آمار روزانه دما و بارش ۳۱ ایستگاه همدیدی در طی سال‌های زراعی ۱۳۷۷-۷۸ تا ۱۳۹۲-۹۳ که توان پوشش مناسب منطقه مطالعاتی را داشتند، همچنین اطلاعات بافت خاک استفاده شد. ابتدا ضمن ارائه تعریفی نو از مقدار بارش مؤثر، تاریخ کاشت و جوانه‌زنی تعیین و سپس با در نظر گرفتن معیار درجه-روز رشد (۱۷۰۰-۱۴۰۰) تاریخ آغاز و پایان مرحله گلدهی و شیر شدن مشخص شد. محاسبات با نرم‌افزار SMADA در سه احتمال ۹۰، ۸۰ و ۷۰ درصد و با انتخاب بهترین توزیع آماری انجام شد. بر این اساس، بازه زمانی یک مهر تا پنج آبان برای جوانه‌زنی و دو بازه زمانی ۱۵ اسفند تا ۱۵ فروردین و ۱۰ اردیبهشت تا ۱۰ خرداد برای دوره گلدهی و شیر شدن تعیین شدند.

کلیدواژه‌ها: بارش مؤثر، بافت خاک، تنش آبی، فصل رشد، عمق مؤثر ریشه.

مقدمه

در نهایت مقاوم شدن در برابر سرمای زمستان را ندارد (۲۲). با توجه به این که زمان کاشت، سایر مراحل فنولوژیکی، طول دوره رشد زایشی و رویشی، توازن بین آن‌ها و در نهایت بر کمیت و کیفیت محصول تأثیرگذار است (۷، ۹، ۲۴، ۲۸، ۴۱، ۵۹ و ۷۳). از این رو، از سوی پژوهشگران به عنوان یک عامل مهم مدیریتی به ویژه در مناطق با اقلیم‌های مختلف معرفی شده است. (۱۴، ۴۹، ۵۷، ۶۷ و ۷۲). اثرات تقدم و یا تأخیر در تاریخ کاشت، بر کاهش عملکرد بالقوه محصولات زراعی دیم همواره مورد توجه پژوهشگران این حوزه بوده است (۱۹، ۲۲، ۲۷، ۳۹، ۴۵، ۵۴ و ۵۸). مطالعات در این زمینه را می‌توان در سه طبقه دسته‌بندی کرد. برخی از پژوهشگران تنها به برآورد تاریخ کاشت بهینه بر اساس بارش مؤثر پرداختند. این بارش در بسیاری از مطالعات پنج میلی‌متر در نظر گرفته شده است. با این استدلال که گندم با عمق ۵ سانتی‌متر برای جوانه‌زنی به ۵ میلی‌متر باران نیاز دارد (۷، ۳۷، ۳۱، ۴۱). بر این اساس، عباسی و همکاران (۱۹)، برای استان خراسان شمالی، تاریخ کاشت را بین ۲۰ مهر تا ۲۳ آبان پیشنهاد کردند. خوشحال دستجردی و همکاران (۱۳)، تاریخ ۲۹ شهریور تا ۲۲ مهرماه را به عنوان تاریخ کاشت در شهرستان گنبدکاووس معرفی کردند. از دیگر مطالعات در این زمینه می‌توان به توان‌پور و قائمی (۱۰) در استان فارس، کاظمی‌زاد (۲۹) در استان آذربایجان غربی، مظفری و قائمی (۳۸) در شرق استان کرمانشاه، رسولی و سبحانی (۱۶) در استان اردبیل، محمدی (۳۵) در استان ایلام و کابوسی و مجیدی (۲۸) در گلستان و بنایان و همکاران (۴۶) در استان خراسان شمالی، رضوی و جنوبی اشاره کرد. برخی دیگر از پژوهش‌ها، با توجه به بررسی رابطه تاریخ کاشت و عملکرد محصول در شرایط آزمایش مزرعه‌ای، تاریخ کاشت مناسب را توصیه نمودند. در این زمینه می‌توان به مطالعات ممتاز و امام (۳۹)، در

امروزه وابستگی زراعت دیم به متغیرهای آب‌وهوایی بر کسی پوشیده نیست. از این رو، شناخت پتانسیل‌های آب‌وهوایی هر منطقه در راستای افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در واحد سطح ضروری به نظر می‌رسد. یکی از مهم‌ترین راه‌های افزایش تولید، افزایش بهره‌وری است و زمانی محقق می‌شود که بتوان مراحل فنولوژیکی گیاه را با شرایط آب‌وهوایی مناسب منطبق نمود تا گیاه بتواند در هر مرحله رویشی، نیازهای اقلیمی خویش را تأمین نماید. در این بین بهره‌وری صحیح از آب باران در مقایسه با سایر متغیرهای اثرگذار اهمیت بیشتری دارد. این مهم جز از طریق انتخاب تاریخ کاشت مناسب تحقق نمی‌یابد. از این رو، در هر منطقه برای کشت هر گیاه یک بازه زمانی در نظر گرفته می‌شود که بازه کاشت^۱ (۶۰) نامیده می‌شود. این زمان بیش از آن که وابسته به مقدار بارش باشد به زمان شروع بارش متکی است که در بین سایر جنبه‌های مختلف زراعت گندم از نوسانات بالایی برخوردار است، به گونه‌ای که تأخیر در شروع بارش‌های پاییزه هم‌زمان با کاهش دما و عدم تأمین شاخص درجه-روز، رشد مرحله جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از بین رفتن بذور و یا کاهش قوه نامیه آن‌ها، افزایش تولید پنجه‌های نابارور، عقیم شدن گل‌ها، خطر ابتلای گیاه به بیماری و آفات (۵۱ و ۶۶) را باید از عواقب کاشت زودهنگام دانست. تأخیر در کاشت نیز به دلیل کاهش طول دوره زمانی هر یک از مراحل نمو، می‌تواند به چروکیدگی دانه، از بین رفتن جوانه‌ها، کاهش پنجه‌زنی و به تبع آن کاهش تراکم ساقه، کاهش تعداد برگ‌ها، کاهش تعداد سنبله (۳) منجر شود. زیرا، گیاه فرصت لازم برای رشد و ذخیره‌سازی مواد غذایی کافی و

1. Planting window

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۷

تعدیل اثرات سوء تغییرات بر عملکرد گندم می‌دانند و از سوی دیگر بی‌توجهی به آن را نیز به‌عنوان یکی از چالش‌های پیش‌رو در آینده کشاورزی کشور معرفی نمودند (۶)، ضرورت بررسی و تعیین تاریخ کاشت بهینه برای بهره‌برداری بهینه از امکانات محیطی حائز اهمیت است. از سوی دیگر براساس آمار موجود، نیمی از اراضی زراعی کشور به زیر کشت گندم دیم است. با بررسی سطح زیرکشت گندم طی سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۲ ملاحظه می‌شود که متوسط سطح زیرکشت سالیانه طی دوره ۳۶ ساله ۶/۱۹ میلیون هکتار بوده که از این میزان حدود ۴ میلیون هکتار سهم کشت دیم است (۱) که ضرورت توجه به آن را دوچندان نموده است. از این‌رو، هدف اصلی این پژوهش ابتدا، برآورد ارتفاع آب قابل‌استفاده گیاه بر اساس ویژگی‌های اقلیمی و خاک برای تعیین تاریخ مناسب کاشت در مناطق عمده کشت گندم دیم ایران است تا در مرحله بعد، بتوان براساس آن به برآورد تاریخ مناسب برای مراحل حیاتی حساس به تنش آبی (پری‌پر و سالکینی)^۴ (۱۹۹۱)، به نقل از (۲۶) پرداخت.

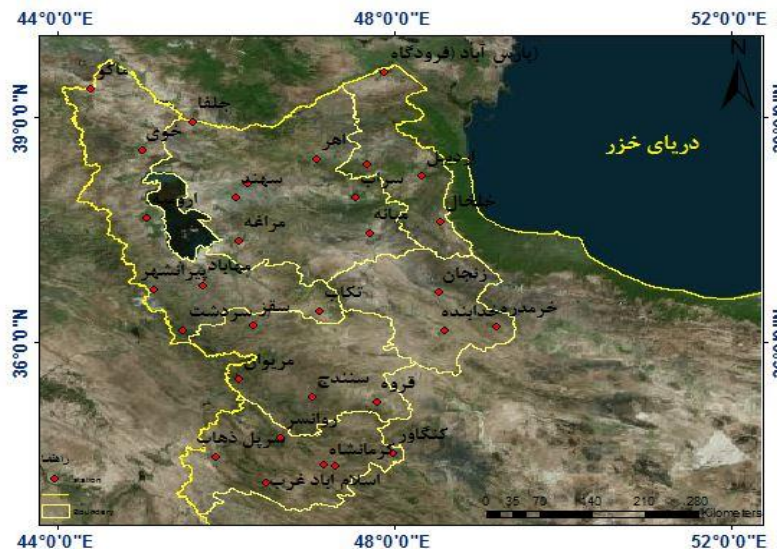
مواد و روش‌ها

ابتدا مناطق اصلی تولید گندم دیم کشور مشخص شد (شکل ۱). به این‌صورت که براساس آمار گردآوری‌شده از عملکرد و سطح زیر کشت این محصول در کشور (جدول ۱)، استان‌هایی که به لحاظ هر دو متغیر (عملکرد و سطح زیر کشت)، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بودند، انتخاب شدند. به این‌ترتیب استان‌های عمده کشت گندم دیم کشور عبارت‌اند از: کردستان، کرمانشاه، آذربایجان غربی و شرقی، اردبیل و زنجان.

شیراز، توکلی (۱۱) در مراغه، فرجی و همکاران (۲۴) در نورآباد ممسنی، نادری (۴۱) در خوزستان، فلاح و تدین (۲۵) در شهرکرد و اسدنژاد و همکاران (۲) در اهواز، ممتاز زاهد^۱ و همکاران (۵۷) در پاکستان و الجیزاوی^۲ (۵۰) در مصر اشاره کرد. برای مثال، ترابی و همکاران (۹) در تحلیل عوامل محدودکننده عملکرد گندم گرگان، بیان نمودند که تاریخ کاشت، سهم ۱۹ درصدی را بر عملکرد محصول داشته است. این مقدار در گرگان معادل ۴۳۸/۲ کیلوگرم در هکتار گندم است. از آنجایی که پاسخ گیاه به تغییر اقلیم را می‌توان در تغییرات نمو و طول دوره رویشی آن‌ها مشاهده نمود (فریج^۳ و همکاران (۲۰۰۲)، به نقل از (۱۵)، برخی از پژوهش‌ها تلاش کرده‌اند تا از این دیدگاه، تأثیر آن را بر تاریخ کاشت بررسی نمایند. در بیشتر مطالعات صورت‌گرفته در این زمینه، به پیش‌بینی تغییرات با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی و بر اساس سناریوهای مختلف تغییر اقلیم پرداخته‌شده است (۱۵)، ۲۰، ۳۴، ۳۶، ۳۷، ۴۹، ۵۵، ۶۲ و ۷۳) و یا به بررسی روند تغییرات کنونی پرداخته‌اند (۲۳)، ۶۱، ۶۵، ۶۸، ۷۴ و ۷۶) که در بیشتر موارد نتایج نشان دادند که گلدهی و رسیدگی زودتر از میانگین در اغلب موارد در ارتباط با افزایش دما قابل‌توجه است (۶۰ و ۶۹). کشت سنتی گیاهان زراعی در بسیاری از مناطق کشور با اتکا به تجربه و بدون در نظر گرفتن تغییرات شرایط محیطی منجر به کاهش عملکرد می‌شود. با توجه به این‌که مدیریت تاریخ کشت به‌عنوان یک راه‌کار مدیریتی برای سازگاری با تغییر شرایط اقلیمی مطرح است و آن را به‌عنوان یکی از راه‌کارهای ساده و کم‌هزینه برای سازگاری با این تغییرات (۵۳ و ۵۴) برای انطباق مراحل رشد با شرایط جدید و

1. Mumtaz Zahed
2. El-Gizawy
3. Frich

4. Perrier and Salkini



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. متوسط آمار عملکرد و سطح زیر کشت گندم دیم در کشور و استان‌های مورد مطالعه

نام استان	سطح زیر کشت (هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
اردبیل	۲۴۶۳۲۷	۱۱۰۴/۰۱۱
آذربایجان شرقی	۳۲۸۲۴۷/۷۴	۸۵۶/۱۳۱
آذربایجان غربی	۲۵۰۵۸۹	۹۹۹/۵۸۳
زنجان	۳۲۴۴۸۱	۸۰۳
کردستان	۴۶۶۵۳۰	۹۰۱/۲
کرمانشاه	۳۱۸۶۸۶	۱۱۰۸
کشور	۴۱۷۰۹۱۳	۱۰۷۵/۶

۲. تاریخ رخداد ۵ میلی‌متر بارش از اول مهر به شرط آن‌که پانزده روز پس از آن خشک نباشد؛ یا تاریخ رخداد ۱۵ میلی‌متر بارش از اول مهر یا تاریخ رخداد ۲۰ میلی‌متر بارش از اول مهر (اشترن^۲، ۱۹۸۲ به نقل از ۴)
۳. اولین دهه‌ای که ۳۰ میلی‌متر بارش رخ دهد (۷۰)
۴. اولین روز از آغاز مهر که بارش طی یک یا دو روز ۱۰ میلی‌متر باشد، علاوه بر آن در ۳۰ روز بعدی دوره خشک بیش از ۱۰ روز حادث نشود و یا اولین

با توجه به این‌که آب مورد نیاز محصول در شرایط دیم از طریق آب باران تأمین می‌شود، بنابراین تاریخ کاشت و شروع فعالیت حیاتی آن به تاریخ شروع بارش مؤثر بستگی دارد. از این‌رو، در بررسی منابع، تعاریف مختلفی برای آن ارائه شده است:

۱. اولین روزی که مجموع بارندگی پاییزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به ۲۰ میلی‌متر برسد، اوسترن^۱ (۱۹۸۷ به نقل از ۱۶)

این نقاط برای محاسبه ارتفاع موردنیاز آب آبیاری و تخمین آب موجود در خاک ضروری است. برای تعیین این دو نقطه از روش‌های مزرعه‌ای و صفحه فشاری استفاده می‌شود. این روش‌ها اغلب به وسایل و تجهیزات مشخص و گرانی نیاز دارند و یا اصولاً وقت‌گیر هستند (۵ و ۶۴). از دیگر سو، اگر ناحیه تحت مطالعه به نسبت کوچک باشد و یا این‌که به‌اندازه کافی از لحاظ خصوصیات فیزیکی خاک همگن باشد، می‌توان با انجام تعداد قابل قبولی از آزمایش‌های مزرعه‌ای، تقریب‌های خوبی از میزان رطوبت به‌عمل آورد. اما اگر ناحیه مورد مطالعه وسیع باشد، به‌طوری‌که تغییرات مکانی قابل توجهی در خصوصیات هیدرولیکی خاک مشاهده گردد به‌تقریب غیرممکن است بتوان تعداد آزمایش‌ها را به‌گونه‌ای تنظیم کنیم که تقریب خوبی از میزان رطوبت در نقاط مذکور به‌دست آوریم (اسکاپ^۱ و همکاران^۲، ۲۰۰۱). به نقل از (۱۲). از این‌رو، روش‌های غیرمستقیم در تخمین این قبیل خصوصیات خاک توسعه یافته‌اند. این روش‌ها در حقیقت به‌عنوان راه‌حلی برای مشکلات اشاره‌شده به‌دنبال پیش‌بینی خصوصیات هیدرولیکی خاک با استفاده از عوامل زود یافت اندازه‌گیری‌شده خاک مانند توزیع اندازه ذرات، جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی است. برخی از پژوهشگران توابعی برای برآورد این دو متغیر با استفاده از ویژگی‌های فیزیکی خاک ارائه نموده‌اند (۱۸، ۴۰، ۴۳، ۴۷ و ۴۸). یکی از مهم‌ترین روش‌های تجربی برای برآورد این دو نقاط بر اساس ویژگی‌های فیزیکی خاک، معادله ساکستین^۲ (۱۹۸۶) است. در این رابطه a_coef و b_coef ضرایب هر یک از این مقادیر رطوبتی هستند که براساس نسبت وزنی ذرات خاک (ماسه و رس) به‌دست می‌آیند.

روز از اول مهر که طی پنج روز در مجموع ۲۰ میلی‌متر بارش نازل شود (۴۲)

۵. رخداد اولین بارش برابر و بیشتر از ۵ میلی‌متر طی یک یا دو روز متوالی در فصل پاییز (۱۹، ۳۲ و ۳۳)

۶. اولین تاریخ رخداد بارش برابر و بیشتر از ۲۵ میلی‌متر که طی یک دوره ۱۰ روزه متوالی در ماه آذر (۴) رخ دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود در موارد عنوان‌شده، تنها به مقدار بارش، زمان رخداد و تداوم آن در تعیین بارش مؤثر و تاریخ کاشت توجه شده و تفاوت‌های محیطی نظیر بافت خاک و ویژگی‌های رطوبتی آن در نظر گرفته نشده است. از این‌رو، در این پژوهش تلاش گردید تا با توجه به متغیرهای محیطی مؤثر (بافت خاک، بارش و دما) به تعیین بارش مؤثر برای شرایط موجود در هر یک از مراحل حساس به تنش آبی (جوانه‌زنی، گلدهی و شیریشدن) پرداخته شود.

بافت خاک و ویژگی‌های رطوبتی آن

برای محاسبه بارش مؤثر در خاک‌هایی با بافت مختلف (رابطه ۱) در نخستین مرحله فعالیت حیاتی گیاه (جوانه‌زنی)، ابتدا به تعیین بافت غالب خاک در هر یک از ۶ استان مورد مطالعه پرداخته شد. به این‌صورت که ابتدا با استفاده از اطلاعات حاصل از نمونه‌برداری‌های میدانی صورت‌گرفته در مناطق مورد مطالعه، درصد شن، رس و سیلت مشخص شد. لازم به ذکر است که پراکندگی نقاط نمونه‌برداری در سطح هر یک از ۶ استان مورد مطالعه به‌خوبی صورت گرفته بود. از این‌رو، طبقه‌بندی نسبت وزنی هریک از ذرات با استفاده از روش کریجنگ صورت گرفت. پس از مشخص شدن بافت غالب خاک، به تعیین میزان رطوبت خاک در نقاط ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم پرداخته شد. آگاهی از میزان رطوبت در

1. Schaap
2. Saxton

بارش مؤثر در مراحل حساس به تنش آبی

همان‌گونه که اشاره شد، در این تحقیق تلاش شد تا با در نظر گرفتن تفاوت‌های محیطی هر استان، بارش مؤثر گیاه مشخص شود. با توجه به این‌که، درصدی از رطوبت خاک که بین دو حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم بوده، به‌عنوان رطوبت سهل‌الوصول گیاه در نظر گرفته می‌شود، با استفاده از رابطه (۲)، میزان θ_{pwp} و θ_{fc} برای خاک‌های مناطق مختلف مورد مطالعه (جدول ۱) مشخص و بر اساس میزان عمق کاشت (جوانه‌زنی، ۵۰ میلی‌متر و گلدهی - شیری شدن؛ ۱۵۰ میلی‌متر) اعداد در رابطه جایگزین و بر این اساس میزان بارش مورد نیاز برای خیس نمودن این اعماق محاسبه شد. لازم به ذکر است از آنجایی که تمام رطوبت قابل استفاده مورد جذب گیاه قرار نمی‌گیرد، برای مرحله گلدهی - شیری این میزان تلفات بیلان آبی که شامل رواناب و نفوذ عمقی است معادل ۲۰ درصد (۱۷) در نظر گرفته شد.

$$D = (\theta_{fc} - \theta_{pwp}) * d \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه، θ_{pwp} و θ_{fc} ، به ترتیب درصد میزان رطوبت خاک در نقاط ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم و d عمق مؤثر ریشه (میلی‌متر) گندم و D ، بارش مؤثر (میلی‌متر) است. از بین پارامترهای اقلیمی مؤثر در مرحله جوانه‌زنی، بارش از اهمیت بالایی برخوردار است. از این رو، "رخداد اولین بارش برابر یا بزرگ‌تر از مقدار ارتفاع آب قابل استفاده گیاه در یک یا دو روز متوالی از ابتدای ماه مهر" به‌عنوان تاریخ جوانه‌زنی در نظر گرفته شد. با توجه به این‌که برای تعیین زمان گلدهی و شیری شدن، دما عامل مؤثری است (امم^۳ ۲۰۰۷) به نقل از (۱۵)، ابتدا مقادیر روزانه درجه-روز رشد (رابطه ۲) محاسبه و سپس واحدهای تجمعی آن از ابتدای تاریخ

رابطه (۱)

$$a_coef = EXP$$

$$(-4.396 - 0.0715 * Clay - 0.000488 * SandSQ - 0.00004285 * SandSQ * Clay)$$

$$b_coef = -3.14 - 0.00222 * ClaySQ - 0.00003484 * SandSQ * Clay$$

$$PWP = (15/a_coef) ^ (1/b_coef)$$

$$FC = (0.33333/a_coef) ^ (1/b_coef)$$

در این پژوهش، بر اساس (رابطه ۱) ضرایب رطوبتی خاک در مناطق عمده کشت گندم دیم محاسبه شدند.

عمق مؤثر ریشه گندم

متغیر مهم دیگر در رابطه (۲)، عمق مؤثر ریشه است. نوین و همکاران (۴۴) بیان کرده‌اند که بر اساس تحقیقات انجام شده در مرکز تحقیقات کشاورزی و سایر کشورهای جهان، مراحل رشد گندم را به دو مرحله اصلی تقسیم می‌کنند: ۱- مرحله جوانه‌زنی تا پنجه‌زنی که در این مرحله عمق مؤثر ریشه گندم بین ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر است. ۲- مرحله پنجه‌زنی تا تکمیل رشد رویشی و مرحله رشد زایشی که بین ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر گزارش شده است. در حالی که کلر^۱ (۲۰۰۶)، به نقل از (۲۱) و هابرلی و اِسوبودا^۲ (۵۲)، عمق مؤثر ریشه گندم که تقریباً ۸۰ درصد ریشه‌های تغذیه‌کننده محصول در این عمق از خاک قرار دارند را بین ۸۰-۱۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته‌اند و در برخی دیگر از مطالعات عمق مؤثر ریشه برای گندم پاییزه ۲۴ اینچ (معادل ۶۰ سانتی‌متر) معرفی شده است (۷۱). در این پژوهش با در نظر گرفتن رقم گندم، بافت خاک و اندازه‌گیری‌های بیومتری و نظر کارشناسان کشاورزی سازمان هواشناسی، عمق مؤثر ریشه گندم برای محاسبه مقدار آب در دسترس گیاه، در مرحله جوانه‌زنی (۵ سانتی‌متر) و مرحله گلدهی و شیری شدن (۱۵ سانتی‌متر) در نظر گرفته شد.

ایستگاه‌های مورد مطالعه تعیین گردید. سپس تاریخ‌های به‌دست‌آمده به تاریخ روز مینا تبدیل شد و داده‌ها به محیط ماژول DISTRIB از بسته نرم‌افزاری SMADA^۶ وارد شد و توزیع‌های احتمالاتی مختلف بر آن‌ها برازش داده شد. سپس توزیعی که کمترین میزان انحراف استاندارد را نشان می‌داد و بیشترین تطابق را با داده‌ها داشت، به‌عنوان بهترین تابع برازش یافته بر آمار تاریخ‌های شروع و خاتمه انتخاب و در نهایت مقادیر آن‌ها در سه سطح احتمال، ۹۰، ۸۰، ۷۰ درصد برآورد شد. لازم به‌ذکر است، نرم‌افزار SMADA، یک نرم‌افزار هیدرولوژیکی است که توسط دکتر آ. دی. ایگلن^۲ (۱۹۹۰) در دانشگاه فلوریدا طراحی شده است. این نرم‌افزار دارای بخش‌های مختلفی است. یکی از آن‌ها توزیع آماری DISTR است که با آن می‌توان سری زمانی داده‌ها را با پنج روش نرمال، لوگ نرمال، پیرسون، لوگ پیرسون و گامبل به‌دست آورد. پیش از پرداختن به هرگونه محاسبات آماری، بازسازی نواقص آماری و اطمینان از صحت و کیفیت داده‌ها با استفاده از آزمون‌های همگنی (نرمال استاندارد، پتی، ورسلی و انحرافات تجمعی) در نرم‌افزارهای XLStat و MATLAB انجام شد. انتخاب پایه زمانی مشترک (۱۳۹۳-۱۳۷۷) نیز بر اساس در دسترس بودن داده‌های عملکرد انجام شد.

نتایج و بحث

برای محاسبه بارش مؤثر، ابتدا ناحیه عمق مؤثر ریشه در مراحل (جوانه‌زنی، گلدهی - شیری‌شدن) مشخص شد، زیرا هرگونه خروج آب از ناحیه ریشه به‌جز نیاز آبشویی‌های دوره‌ای با کاهش کارایی آب همراه خواهد بود. از سوی دیگر، بافت‌های مختلف خاک، ظرفیت رطوبتی متفاوتی دارند، از این‌رو، نوع بافت خاک با توجه

جوانه‌زنی تا مقادیر بین ۱۷۰۰-۱۴۰۰ به‌عنوان محدوده تاریخ دوره گلدهی و شیری تعیین شد. لازم به‌ذکر است که دمای پایه، پایین‌ترین دمایی که فرض می‌شود پایین‌تر از آن رشدی وجود ندارد. برای گندم دامنه بین صفر تا پنج در نظر گرفته می‌شود (سس^۱ و همکاران (۱۹۹۱))، به نقل از (۲۸) که در این مطالعه به‌منظور یکسان‌سازی شرایط برای مقایسه بین مناطق مختلف، صفر درجه سلسیوس (۳، ۱۹، ۳۰ و ۴۹) در نظر گرفته شد. همچنین پژوهشگران واحدهای حرارتی گندم پاییزه را ۲۳۰۰ درجه - روز رشد بیان کرده‌اند که مقادیر مختلف آن در مراحل مختلف رشد عبارتند از کاشت تا جوانه‌زنی، جوانه‌زنی تا پنجه‌زنی، پنجه‌زنی تا گلدهی و گلدهی تا رسیدن دانه به‌ترتیب ۱۵۰، ۵۰۰، ۸۵۰ و ۸۰۰ درجه - روز رشد است (۱ و ۱۵). این مقدار بسته به رقم و منطقه جغرافیایی کشت گندم بین ۲۸۲۵ (شهرکرد) تا ۴۵۹۲ (قراخیل) تغییر می‌کند (۲۲). بر این اساس، در این مطالعه، کل واحدهای حرارتی برای مرحله گلدهی - شیری شدن بین ۱۴۰۰ تا ۱۷۰۰ درجه - روز در نظر گرفته شد (۷).

$$\text{GDD} = \sum_b^a [(T_{\max} + T_{\min}) / 2] - T_b \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه، متغیرهای T_{\min} و T_{\max} به‌ترتیب دمای بیشینه و کمینه روزانه و T_b دمای پایه برای رشد گندم است که در این مطالعه صفر در نظر گرفته شده است. لازم به‌ذکر است واحدهای هر یک از متغیرهای دمایی عنوان‌شده، درجه سلسیوس است. دو متغیر a و b نیز به‌ترتیب دامنه زمانی (روز) ابتدای جوانه‌زنی تا رسیدن به واحد حرارتی موردنیاز برای مرحله گلدهی - شیری را نشان می‌دهند. بر این اساس، تاریخ رخداد هر یک از مراحل نموی حساس به تنش آبی (جوانه‌زنی، گلدهی و شیری شدن) برای هر یک از سال‌ها و هر یک از

۲ و ۳)، بافت غالب خاک در هر استان مشخص شد جدول (۲) تا بتوان براساس آن، مقادیر نقاط ظرفیت زراعی^۱ (FC) و پژمردگی دائم^۲ (PWP) برآورد شود. بافت غالب در مناطق عمده کشت گندم، لومی و لومی رسی است که جز خاک‌های مناسب برای کاشت گندم (۸) است.

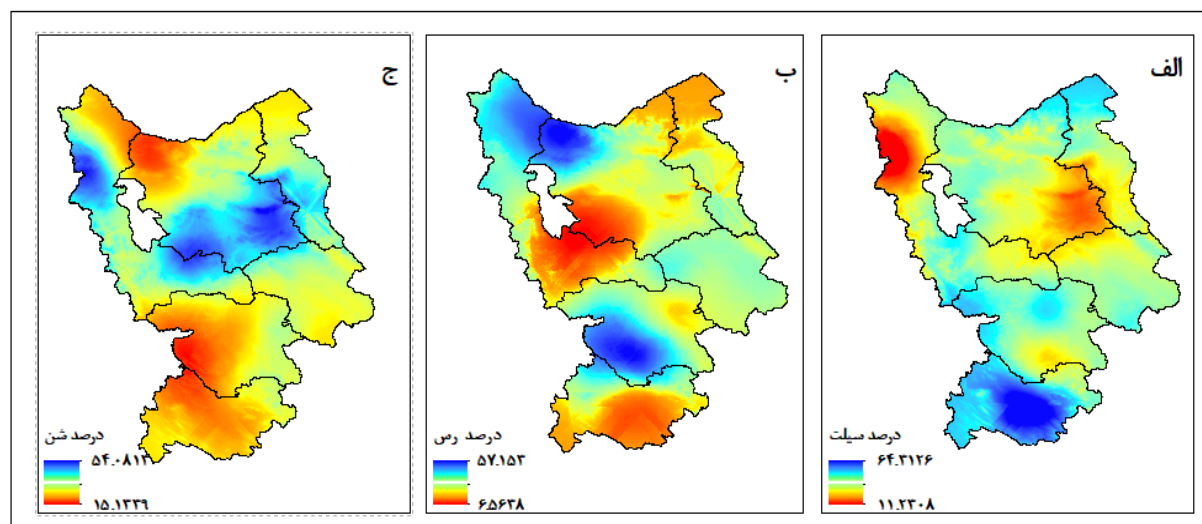
تعیین تاریخ احتمال رخداد اولین بارش مؤثر بر اساس رابطه (۲) در خاک‌های مختلف

براساس مقادیر به‌دست‌آمده (جدول ۳) ابتدا، تاریخ رخداد هر یک از مراحل فنولوژیکی حساس به تنش آبی در سطح احتمال ۹۰، ۸۰، ۷۰ درصد برآورد گردید که در این بخش تنها نتایج مقادیر احتمال ۹۰ درصد آورده شده است (جدول ۴). سپس بر اساس شباهت‌های اقلیمی هر ناحیه، دامنه شروع و خاتمه هر یک از مراحل پهنه‌بندی شدند (شکل‌های ۴ و ۵).

به درصد ذرات تشکیل‌دهنده در مثلث بافت خاک نیز مشخص و بر این اساس ویژگی‌های رطوبتی آن (نقاط ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم) تعیین و با توجه به عمق مؤثر ریشه در مراحل حساس به تنش آبی، مقدار بارش مؤثر در مراحل مذکور برآورد شد. در ادامه هر یک از این مراحل محاسباتی و همچنین تعیین تاریخ شروع و خاتمه مراحل فنولوژیکی جوانه‌زنی، گلدهی - شیری شدن تشریح می‌گردد.

بافت خاک و ویژگی‌های رطوبتی آن

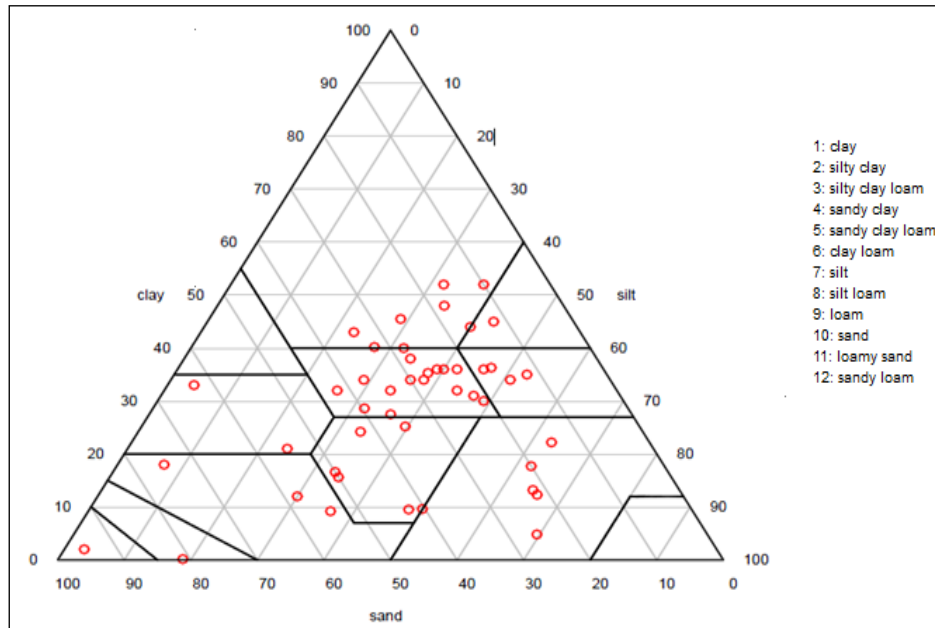
بافت خاک بیانگر نسبت یا درصد وزنی ذرات شن، سیلت و رس موجود در خاک است. در این مطالعه، بافت خاک به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین نیازهای اکولوژیک گندم در نظر گرفته شده است. این ویژگی به‌طور مستقیم بر هدایت هیدرولیکی و ظرفیت نگهداری آب در خاک اثرگذار است. از این‌رو، ابتدا با توجه به نسبت وزنی ذرات خاک (شکل‌های



شکل ۲. نقشه پراکنش ذرات بافت خاک منطقه مورد مطالعه

1. Field Capacity
1. Permanent Wilting Point

برآورد تاریخ بهینه کشت و مراحل حساس رشد به تنش آبی در مناطق عمده کشت گندم دیم ایران



شکل ۳. جایگاه بافت خاک در مثلث بافت خاک USDA (۱۹۷۹)

جدول ۲. بافت خاک و مقدار رطوبت حجمی براساس رابطه (Saxton, 1986)

استان	بافت غالب	نقطه ظرفیت زراعی (FC)	نقطه پژمردگی دائم (PWP)
اردبیل	لومی	۰/۳۰	۰/۱۷
آذربایجان شرقی	لومی	۰/۲۳	۰/۱
آذربایجان غربی	لومی رسی	۰/۳۳	۰/۱۹
زنجان	لومی رسی	۰/۳۳	۰/۱۸
کردستان	لومی رسی	۰/۳۲	۰/۱۸
کرمانشاه	لومی سیلتی	۰/۲۸	۰/۱

جدول ۳. ارتفاع آب قابل استفاده در خاک در مراحل حساس به تنش آبی

استان	مرحله جوانه زنی (میلی متر)	مرحله گلدهی - شیری (میلی متر)
اردبیل	۶/۵	۳۱/۲
آذربایجان شرقی	۶/۵	۳۱/۲
آذربایجان غربی	۷	۳۳/۶
زنجان	۷/۵	۳۶
کردستان	۷	۳۳/۶
کرمانشاه	۹	۴۳/۲

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۷

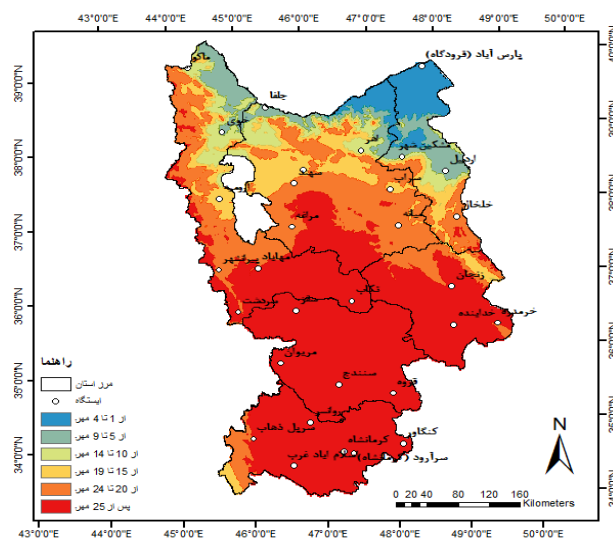
جدول ۴. درصد احتمال (۰.۹۰) رخداد بارش با در نظر گرفتن ارتفاع آب مورد نیاز گندم برای جوانه‌زنی (برحسب روز مینا)

ایستگاه	روز مینا (۱ مهر)	تاریخ شروع	نوع آزمون	ایستگاه	روز مینا (۱ مهر)	تاریخ خاتمه	نوع آزمون
اردبیل	۱	۱ مهر	لگ پیرسون تیپ ۳	اردبیل	۷	۷ مهر	لگ پیرسون تیپ ۳
پارس آباد	۱	۱ مهر	پیرسون تیپ ۳	پارس آباد	۵	۵ مهر	پیرسون تیپ ۳
خلخال	۱	۱ مهر	پیرسون تیپ ۳	خلخال	۶	۶ مهر	لگ پیرسون تیپ ۳
مشکین شهر	۱	۱ مهر	پیرسون تیپ ۳	مشکین شهر	۵	۵ مهر	پیرسون تیپ ۳
اهر	۱	۱ مهر	لگ پیرسون تیپ ۳	اهر	۷	۷ مهر	لگ پیرسون تیپ ۳
تبریز	۲۵	۲۵ مهر	لگ نرمال تیپ ۲	تبریز	۳۱	۳۱ مهر	لگ نرمال تیپ ۲
جلفا	۲۲	۲۲ مهر	پیرسون تیپ ۳	جلفا	۳۲	۲ آبان	لگ پیرسون تیپ ۳
سراب	۳۱	۱ آبان	لگ نرمال تیپ ۲	سراب	۳۷	۷ آبان	لگ نرمال تیپ ۲
سهند	۱۴	۱۴ مهر	گامبل تیپ ۱	سهند	۲۰	۲۰ مهر	گامبل تیپ ۱
مراغه	۲۹	۲۹ مهر	گامبل تیپ ۱	مراغه	۳۵	۵ آبان	گامبل تیپ ۱
میانه	۲۶	۲۶ مهر	گامبل تیپ ۱	میانه	۳۲	۲ آبان	گامبل تیپ ۱
ارومیه	۲۱	۲۱ مهر	پیرسون تیپ ۳	ارومیه	۲۸	۲۸ مهر	پیرسون تیپ ۳
پیرانشهر	۲۰	۲۰ مهر	پیرسون تیپ ۳	پیرانشهر	۲۶	۲۶ مهر	پیرسون تیپ ۳
تکاب	۲۹	۲۹ مهر	پیرسون تیپ ۳	تکاب	۳۴	۴ آبان	پیرسون تیپ ۳
خوی	۱۱	۱۱ مهر	لگ نرمال تیپ ۲	خوی	۱۷	۱۷ مهر	لگ نرمال تیپ ۲
سردشت	۳۰	۳۰ مهر	پیرسون تیپ ۳	سردشت	۳۶	۶ آبان	پیرسون تیپ ۳
ماکو	۲	۲ مهر	گامبل تیپ ۱	ماکو	۸	۸ مهر	گامبل تیپ ۱
مهاباد	۲۰	۲۰ مهر	پیرسون تیپ ۳	مهاباد	۲۷	۲۷ مهر	پیرسون تیپ ۳
اسلام آباد	۳۰	۳۰ مهر	لگ پیرسون تیپ ۳	اسلام آباد	۳۷	۷ آبان	پیرسون تیپ ۳
سرآرود	۲۷	۲۷ مهر	لگ پیرسون تیپ ۳	سرآرود	۳۳	۳ آبان	لگ پیرسون تیپ ۳
سرپل ذهاب	۳۰	۳۰ مهر	لگ پیرسون تیپ ۳	سرپل ذهاب	۳۶	۶ آبان	گامبل تیپ ۱
کرمانشاه	۳۱	۱ آبان	لگ پیرسون تیپ ۳	کرمانشاه	۳۷	۷ آبان	پیرسون تیپ ۳
کنگاور	۲۸	۲۸ مهر	لگ پیرسون تیپ ۳	کنگاور	۳۵	۵ آبان	لگ پیرسون تیپ ۳
روانسر	۳۰	۳۰ مهر	پیرسون تیپ ۳	روانسر	۳۶	۶ آبان	پیرسون تیپ ۳
سقز	۳۱	۱ آبان	لگ نرمال تیپ ۲	سقز	۳۷	۷ آبان	گامبل تیپ ۱
سنندج	۲۸	۲۸ مهر	لگ پیرسون تیپ ۳	سنندج	۳۴	۴ آبان	پیرسون تیپ ۳
قروه	۲۴	۲۴ مهر	گامبل تیپ ۱	قروه	۳۶	۶ آبان	گامبل تیپ ۱
مریوان	۲۷	۲۷ مهر	پیرسون تیپ ۳	مریوان	۳۳	۳ آبان	پیرسون تیپ ۳
خداپنده	۲۲	۲۲ مهر	پیرسون تیپ ۳	خداپنده	۲۸	۲۸ مهر	پیرسون تیپ ۳
خرمدره	۳۰	۳۰ مهر	لگ نرمال تیپ ۲	خرمدره	۳۵	۵ آبان	گامبل تیپ ۱
زنجان	۲۹	۲۹ مهر	لگ نرمال تیپ ۲	زنجان	۳۵	۴ آبان	لگ نرمال تیپ ۲

برآورد تاریخ بهینه کشت و مراحل حساس رشد به تنش آبی در مناطق عمده کشت گندم دیم ایران

دیده نمی‌شود و بر این اساس اواخر مهرماه و هفته اول آبان تاریخ رخداد نخستین بارش است که تأمین‌کننده نیاز رطوبتی دانه گندم در این استان است و به‌عنوان تاریخ جوانه‌زنی در نظر گرفته شده است. درحالی‌که مظفری و قائمی تاریخ آغاز جوانه‌زنی در کرمانشاه را با احتمال ۲۰ درصد (زودتر) بین ۱۴ تا ۲۱ آبان و با احتمال ۸۰ درصد (دیرتر) بین ۱۰ تا ۲۰ آذرماه عنوان نمودند. در استان کردستان نیز، رخداد این رویداد در هفته آخر مهر تا اوایل آبان به‌طول خواهد کشید حتی در ایستگاه سقز، تاریخ شروع و خاتمه آن تا هفته اول آبان‌ماه است. در استان زنجان نیز خرمدره زودتر این مرحله رویشی را تجربه می‌کند (۲۰ تا ۲۴ مهرماه) ولی دو ایستگاه دیگر (زنجان و خدابنده) هفته اول آبان نیز رخ خواهد داد. یافته‌های کمالی و همکاران (۳۳) نشان می‌دهد که در بیشتر مناطق این استان، تاریخ جوانه‌زنی بین ۱۳ تا ۱۸ مهرماه رخ می‌دهد. در مجموع، متوسط دامنه زمانی شروع و خاتمه جوانه‌زنی در منطقه مورد مطالعه بین یک مهر تا پنج آبان است. شایان ذکر است هم‌راستابودن تاریخ‌های به‌دست‌آمده با نتایج سایر پژوهش‌ها در ارتباط با روش به‌کاررفته برای محاسبه بارش مؤثر است که پیش‌تر نیز بدان اشاره شد.

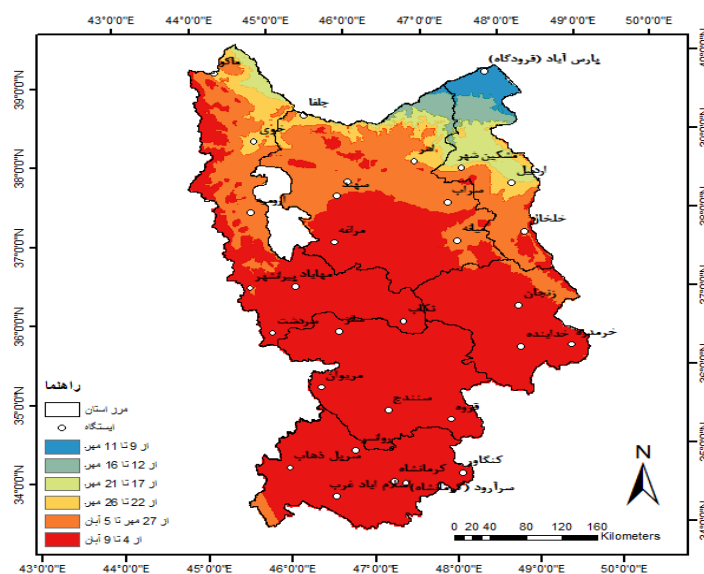
به لحاظ نوع آزمون، در احتمال ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درصد به‌ترتیب تابع پیرسون تیپ ۳، پیرسون تیپ ۳ و گامبل تیپ ۱ بالاترین فراوانی را داشتند. در نگاه استانی، تاریخ کاشت و جوانه‌زنی استان اردبیل در ایستگاه پارس‌آباد نخستین روزهای مهرماه، در ایستگاه‌های اردبیل و مشکین‌شهر تا ده مهرماه و خلخال تا بیست مهرماه است. در استان آذربایجان شرقی، تنها در ایستگاه اهرتا اواسط مهرماه رخداد جوانه‌زنی خواهیم داشت. سهند از اواسط مهر و در سایر ایستگاه‌ها به‌دلیل تفاوت‌های خرد اقلیمی، تاریخ رخداد به اواخر مهر کشیده شده است. در استان آذربایجان غربی نیز چنین تفاوت‌هایی به‌چشم می‌خورد به‌گونه‌ای که در سطح استان، تنوع در تاریخ کاشت و جوانه‌زنی مشاهده می‌شود. نخستین فعالیت بیولوژیکی دانه در ایستگاه ماکو (هفته اول مهرماه)، سپس در خوی (دهه دوم مهرماه) دیده می‌شود. ایستگاه‌های ارومیه، مهاباد و پیرانشهر نیز در هفته آخر مهرماه این مرحله فنولوژیکی را تجربه خواهند کرد و در نهایت دو شهر تکاب و سردشت در اواخر مهر و اوایل آبان شاهد جوانه‌زنی خواهند بود. در تمام شش ایستگاه مورد مطالعه استان کرمانشاه تفاوت چشم‌گیری در تاریخ رخداد جوانه‌زنی



شکل ۴. تاریخ شروع جوانه‌زنی در منطقه مورد مطالعه

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۷



شکل ۵. تاریخ خاتمه جوانه‌زنی در منطقه مورد مطالعه

مرحله است. بررسی نحوه توزیع زمانی رخداد این مرحله فنولوژیکی نشان داد، در محدوده مورد مطالعه شاهد تنوعی از تاریخ‌های رخداد این مرحله هستیم. ابتدا ایستگاه‌هایی که زودتر از سایر مناطق این مرحله رویشی را تجربه می‌کنند، عبارتند از: ایستگاه‌های پارس‌آباد (تا اواسط ماه اسفند) و سرپل ذهاب (از اواسط ماه اسفند)، میانه (اواخر ماه اسفند) و ایستگاه جلفا (از اواسط ماه فروردین). سپس ایستگاه‌هایی که دوره گلدهی- شیرینی شدن آن‌ها از دهه دوم ماه اردیبهشت آغاز و تا اواخر اردیبهشت- اوایل خرداد به طول می‌انجامد. ایستگاه‌های اردبیل و مشکین‌شهر (اردبیل)، تبریز، مراغه، اهر و سهند (آذربایجان شرقی)، ارومیه، پیرانشهر، خوی، ماکو و مهاباد (آذربایجان غربی)، کرمانشاه، اسلام‌آباد، سرآرود و کنگاور (کرمانشاه)، سنندج، قروه، سقز و مریوان (کردستان)، خرمدره و زنجان (زنجان)، در این طبقه قرار دارند. طبقه سوم نیز مناطقی هستند که دیرتر از سایر مناطق می‌توان نمود این مرحله رویشی را در آن‌ها مشاهده نمود، عبارتند از: خلخال، سراب، تکاب (شکل‌های ۶ و ۷).

تعیین تاریخ احتمال رخداد دوره گلدهی و شیرینی‌شدن براساس درجه روز- رشد^۱

همان‌گونه که پیش‌تر نیز اشاره گردید، دما به‌عنوان عامل مؤثر در رخداد این مرحله رویشی است. از این‌رو، ابتدا واحدهای تجمعی درجه- روز رشد از ابتدای جوانه‌زنی در هر ایستگاه و برای هر سال زراعی (۱۳۹۵-۱۳۷۷) محاسبه شد. با توجه به این‌که، محدوده ۱۴۰۰-۱۷۰۰ درجه- روز رشد به‌عنوان واحدهای حرارتی مورد نیاز برای رخداد این مرحله در نظر گرفته شده است، از این‌رو، تاریخ شروع و خاتمه آن در این محدوده برای منطقه مورد مطالعه مشخص گردید. برای دستیابی به یک بازه زمانی واحد، توزیع‌های احتمالاتی مختلف در سه سطح ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درصد برازش داده شد. تنها نتایج در سطح ۹۰ درصد آورده شده است (جدول ۵). از این نظر، بهترین توزیع که بالاترین میزان فراوانی را نیز در ایستگاه‌های مورد مطالعه در هر سه سطح نشان می‌دهد توزیع لگ نرمال تیپ ۲ و گامبل تیپ ۱ به ترتیب برای تاریخ شروع و خاتمه این

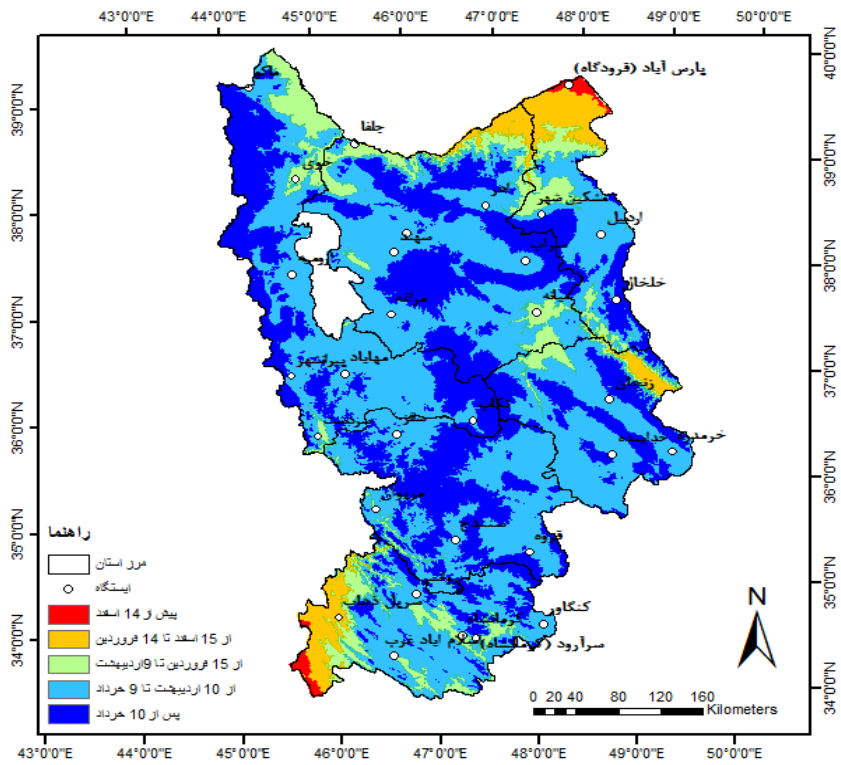
1. Growing Degree-Days

برآورد تاریخ بهینه کشت و مراحل حساس رشد به تنش آبی در مناطق عمده کشت گندم دیم ایران

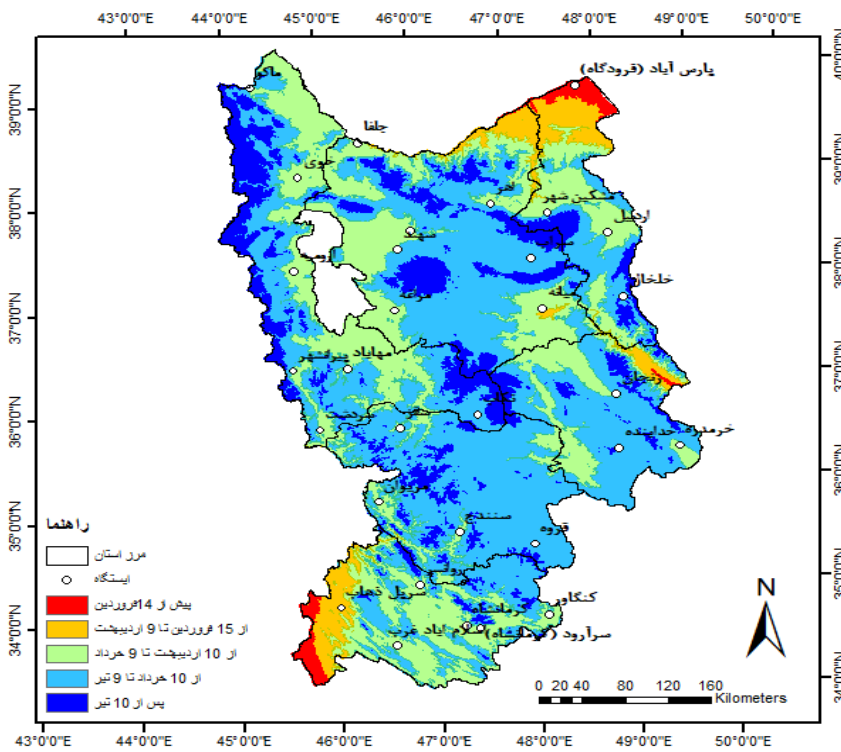
جدول ۵. درصد احتمال (۰/۹۰) تاریخ رخداد مرحله گلدهی - شیری شدن برحسب درجه - روزرشد و رخداد اولین بارش مؤثر

(برحسب روز مینا)

ایستگاه	روز مینا	تاریخ شروع	نوع آزمون	ایستگاه	روز مینا	تاریخ خاتمه	نوع آزمون
اردبیل	۲۳۰	۲۰ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	اردبیل	۲۵۱	۱۰ خرداد	لگ نرمال تیپ ۲
پارس آباد	۱۶۹	۱۶ اسفند	لگ نرمال تیپ ۳	پارس آباد	۱۹۰	۱۱ فروردین	لگ پیرسون تیپ ۳
خلخال	۲۵۴	۱۳ خرداد	گامبل تیپ ۱	خلخال	۲۷۱	۳۰ خرداد	گامبل تیپ ۱
مشکین شهر	۲۲۴	۱۴ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	مشکین شهر	۲۴۱	۳۱ اردیبهشت	گامبل تیپ ۱
اهر	۲۳۱	۲۱ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	اهر	۲۴۷	۶ خرداد	لگ نرمال تیپ ۲
تبریز	۲۲۵	۱۵ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	تبریز	۲۴۰	۳۰ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲
جلفا	۲۰۹	۳۰ فروردین	گامبل تیپ ۱	جلفا	۲۲۷	۱۷ اردیبهشت	گامبل تیپ ۱
سراب	۲۵۸	۱۷ خرداد	لگ نرمال تیپ ۲	سراب	۲۷۱	۳۰ خرداد	گامبل تیپ ۱
سهند	۲۳۳	۲۳ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	سهند	۲۴۹	۸ خرداد	لگ نرمال تیپ ۲
مراغه	۲۲۸	۱۸ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	مراغه	۲۴۱	۳۱ اردیبهشت	گامبل تیپ ۱
میانه	۱۷۳	۲۳ اسفند	لگ نرمال تیپ ۲	میانه	۱۸۴	۵ فروردین	گامبل تیپ ۱
ارومیه	۲۳۰	۲۰ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	ارومیه	۲۴۶	۵ خرداد	گامبل تیپ ۱
پیرانشهر	۲۲۲	۱۲ اردیبهشت	لگ پیرسون تیپ ۳	پیرانشهر	۲۳۸	۲۸ اردیبهشت	لگ پیرسون تیپ ۳
تکاب	۲۶۴	۲۳ خرداد	لگ نرمال تیپ ۲	تکاب	۲۷۶	۴ تیر	گامبل تیپ ۳
خوی	۲۲۲	۱۲ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	خوی	۲۳۸	۲۸ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲
سردشت	۲۳۵	۲۵ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	سردشت	۲۴۹	۸ خرداد	لگ نرمال تیپ ۲
ماکو	۲۳۰	۲۰ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	ماکو	۲۴۸	۷ خرداد	لگ نرمال تیپ ۲
مهاباد	۲۳۰	۲۰ اردیبهشت	لگ پیرسون تیپ ۳	مهاباد	۲۴۶	۵ خرداد	پیرسون تیپ ۳
اسلام آباد	۲۲۷	۱۷ اردیبهشت	پیرسون تیپ ۳	اسلام آباد	۲۴۳	۲ خرداد	پیرسون تیپ ۳
سرآرود	۲۲۲	۱۲ اردیبهشت	پیرسون تیپ ۳	سرآرود	۲۳۹	۲۹ اردیبهشت	پیرسون تیپ ۳
سرپل ذهاب	۱۶۶	۱۶ اسفند	لگ نرمال تیپ ۲	سرپل ذهاب	۱۹۰	۱۱ فروردین	پیرسون تیپ ۳
کرمانشاه	۲۱۸	۸ اردیبهشت	لگ پیرسون تیپ ۳	کرمانشاه	۲۳۵	۲۵ اردیبهشت	پیرسون تیپ ۳
کنگاور	۲۲۸	۱۸ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	کنگاور	۲۴۳	۲ خرداد	پیرسون تیپ ۳
روانسر	۲۲۱	۱۱ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	روانسر	۲۳۴	۲۴ اردیبهشت	گامبل تیپ ۱
سقز	۲۳۸	۲۸ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	سقز	۲۵۶	۱۵ خرداد	گامبل تیپ ۱
سنندج	۲۲۵	۱۵ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	سنندج	۲۴۶	۵ خرداد	گامبل تیپ ۱
قروه	۲۳۹	۲۹ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	قروه	۲۵۲	۱۱ خرداد	گامبل تیپ ۱
مریوان	۲۲۶	۱۶ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	مریوان	۲۴۵	۴ خرداد	لگ نرمال تیپ ۲
خدابنده	۲۳۹	۲۹ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	خدابنده	۲۵۶	۱۵ خرداد	لگ نرمال تیپ ۲
خرمدره	۲۲۶	۱۶ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	خرمدره	۲۴۲	۱ خرداد	لگ نرمال تیپ ۲
زنجان	۲۲۶	۱۶ اردیبهشت	لگ نرمال تیپ ۲	زنجان	۲۴۴	۳ خرداد	لگ نرمال تیپ ۲



شکل ۶. تاریخ شروع مرحله گلدھی منطقه مورد مطالعه



شکل ۷. تاریخ خاتمه مرحله شیری شدن در منطقه مورد مطالعه

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۸ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۷

کاشت و جوانه‌زنی گندم پاییزه دیم زمانی است که دانه گندم، حداقل به میزان پنج میلی‌متر بارش دریافت کرده باشد. با توجه به این‌که تاکنون برآورد دقیقی از بارش مؤثر با در نظر گرفتن ویژگی‌های محیطی (بافت خاک) صورت نگرفته است، در این پژوهش برای نخستین بار تلاش شد تا برای تعیین بارش مؤثر گندم در مرحله جوانه‌زنی و همچنین در مراحل حساس به تنش آبی یعنی گلدهی و شیری شدن، نه تنها به نیازهای اقلیمی (بارش و دما) بلکه به تفاوت‌های محیطی (بافت خاک و ویژگی‌های رطوبتی آن) نیز توجه شود. تاریخ کاشت و جوانه‌زنی بر اساس رخدادهای اولین بارش برابر و بزرگ‌تر از آب مورد استفاده گیاه که در طی یک یا دو روز متوالی حادث شود، تعیین شد. طول دوره رویشی و تاریخ آغاز و پایان در هر سال زراعی (۱۳۹۳-۱۳۷۷) محاسبه و سپس تاریخ‌ها بر اساس روز مبنا (یک مهرماه) مرتب شدند. به این صورت برای شروع و خاتمه هر مرحله یک سری زمانی کمی ایجاد شد که با استفاده از نرم‌افزار SMADA، توزیع‌های مختلف آماری برازش داده شد. بهترین توزیع با کمترین میزان انحراف معیار انتخاب و پهنه‌بندی شروع و خاتمه هر یک از مراحل فنولوژیکی تهیه شد. از این نظر، میانگین تاریخ کاشت و جوانه‌زنی در منطقه مورد مطالعه از یک مهر در استان اردبیل آغاز و تا پنج آبان در استان‌هایی نظیر کرمانشاه و کردستان ادامه می‌یابد. در ادامه براساس تاریخ‌های کاشت به دست آمده اقدام به محاسبه درجه-روز رشد تجمعی (۱۷۰۰-۱۴۰۰) برای مرحله گلدهی-شیری شد تا تاریخ شروع و خاتمه این مرحله به دست آید. در این مرحله نیز به دلیل تفاوت‌های خرد اقلیم، تاریخ‌های متفاوتی به دست آمد. در مناطق گرم‌تر نظیر سرپل ذهاب به‌طور میانگین از ۱۵ اسفند تا ۱۵ فروردین و در عمده دیگر مناطق از ۱۰ اردیبهشت تا ۱۰ خرداد، دوره ظهور این مرحله رویشی است.

این تأخیر کاملاً منطبق با ویژگی‌های خرد اقلیم این مناطق است، به گونه‌ای که، در طبقه‌بندی خرد اقلیم این مناطق در طبقه بسیار سرد و سرد قرار دارند. از این رو، برای دستیابی به واحدهای گرمایی مورد نیاز، از اواخر خردادماه آغاز و تا اوایل تیرماه به طول می‌انجامد. این تفاوت‌های ناحیه‌ای را نیز می‌توان در مورد ایستگاه‌هایی که زودتر از سایر مناطق این مرحله را تجربه کرده‌اند نیز مشاهده نمود که در مقایسه با سایر مناطق خرد اقلیم گرم‌تری دارند. در نتیجه زودتر واحد گرمایی مورد نیاز را دریافت می‌کنند. بر این اساس، می‌توان در منطقه مورد مطالعه تاریخ شروع و خاتمه مرحله گلدهی-شیری شدن را در سه طبقه مشخص کرد. دسته اول بین ۱۵ اسفند تا ۱۵ فروردین و دسته دوم بین ۱۰ اردیبهشت تا ۱۰ خرداد و دسته سوم بین ۱۰ خرداد تا اوایل تیرماه. نکته‌ای دیگری که باید بدان اشاره شود، طول مرحله گلدهی-شیری است. در ایستگاه‌هایی که این مرحله زودتر آغاز می‌شود، در مقایسه با دو طبقه دیگر این دوره بیشتر به طول می‌کشد (حدوداً ۳۰ روز). این بخش نیز با پژوهش کمالی و همکاران (۳۲)، در استان آذربایجان شرقی که دهه اول ماه اردیبهشت تا دهه اول ماه تیر را به‌عنوان تاریخ آغاز و پایان گلدهی تعیین نمود، مغایرت دارد. دلیل اصلی این مغایرت را باید در تفاوت مقادیر بررسی بارش مؤثر جست‌وجو نمود که در این پژوهش به‌کار گرفته شده است.

نتیجه‌گیری

تلاش برای افزایش عملکرد در واحد سطح نه تنها نیازمند استفاده از حداکثر ظرفیت ژنتیکی ارقام مختلف گندم است بلکه استفاده مطلوب از منابع آب و خاک و به‌ویژه آگاهی از شرایط اقلیمی را نیز می‌طلبد (۲۴). بررسی منابع نشان داد از نظر پژوهشگران این حوزه، بهترین تاریخ

سپاسگزاری

مقاله حاضر مستخرج از رساله دکتری با عنوان "رابطه تغییرات شار رطوبت و بارش مؤثر در مناطق عمده کشت گندم دیم ایران" در دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران است. به این وسیله از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور، معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری برای حمایت پژوهشی طرح شماره ۹۶۰۱۵۰۳۰ و سازمان هواشناسی کشور برای در اختیار قرار دادن داده‌های هواشناسی تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

- احمدی ک، حسین‌پور ر، عبادزاده ح، قلی‌زاده ح و عباس طاقانی ر (۱۳۹۴) بررسی آمار سطح برداشت و میزان تولید ۳۶ سال محصولات زراعی (۱۳۹۲-۱۳۵۷)، تهران: وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، ۳۰۱.
- اسدنژاد م، فرزانه م و مسکرباشی م (۱۳۹۶) اثر تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه سه رقم گندم در شرایط رقابت با یولاف وحشی، تولیدات گیاهی، (۱) ۴۰، ۶۹-۵۵.
- اسدی م، احمدی پ، صالحی م، کلاته عربی م و نیکزادفر م (۱۳۸۷) بررسی رابطه عوامل آب‌وهوایی و مراحل فنولوژیک گندم در استان گلستان، نیوار، ش ۶۸-۶۹، ۲۰-۷.
- اشرف طبعی ع و بهرامی ن (۱۳۸۲) بررسی تأثیر بارندگی و درجه حرارت بر عملکرد گندم دیم در استان کرمانشاه، علوم خاک و آب، (۱) ۱۷، ۱۱۳-۱۰۶.
- امیرعابدی ح (۱۳۹۱) تخمین برخی خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک‌های منتخب از دشت اردبیل با استفاده از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی.
- ایزدفر ا، جهانسوز م، سرمیدیان ف، پیکانی غ و چایی‌چی م (۱۳۹۶) برآورد تاریخ کاشت بهینه بر پایه تاریخچه اقلیمی با استفاده از مدل همانند ساز رشد Aqua Crop در منطقه دست مغان استان اردبیل، علوم گیاهان زراعی ایران، (۳) ۴۸، ۸۱۰-۷۹۹.
- بازگیر س (۱۳۷۸) بررسی پتانسیل اقلیمی زراعت گندم دیم (مطالعه موردی: استان کردستان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- بنی‌عقیل ا؛ راحمی کاریزکی ع؛ بیابانی ع. و فرامرزی ح (۱۳۹۵). پهنه‌بندی فیزیوگرافی پتانسیل کشت گندم با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی (WLC) در استان گلستان، تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی، (۱) ۳، ۳۰-۱۷.
- ترابی ب؛ سلطانی اف؛ گالشی س. و زینلی ا (۱۳۹۰). تحلیل عوامل محدودکننده عملکرد گندم در شرایط گرگان، تولید گیاهان زراعی، (۴) ۴، ۱۷-۱.
- توان‌پور ن. و قائمی ع (۱۳۹۵). پهنه‌بندی استان فارس از نظر کشت گندم پاییزه دیم براساس پارامتر بارش و عوامل مورفولوژیکی، آبیاری و زهکشی ایران، (۴) ۱۰، ۵۵۵-۵۴۴.
- توکلی ع (۱۳۹۱). اثر تاریخ کاشت و آبیاری محدود بر عملکرد و اجزای عملکرد پنج رقم گندم در مراغه، تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ش ۶، ۹۶-۸۷.
- حق‌وردی ا؛ قهرمان ب؛ خشنود یزدی ع. و عربی ز (۱۳۸۹). برآورد رطوبت در نقطه پژمردگی دائم و ظرفیت زراعی خاک‌های شمال و شمال شرق ایران با استفاده از روش‌های نزدیک‌ترین K همسایه و شبکه‌های عصبی مصنوعی، آب و خاک، (۴) ۲۴، ۸۱۴-۸۰۴.

۱۳. خوشحال دستجردی ج.؛ نظری ع.؛ فانقرمه ع. و فلاحی ح (۱۳۹۴). پیش‌بینی هم‌دید-آماری وقوع ریزش باران در زمان کاشت و برداشت گندم دیم در شهرستان گنبد کاووس، آمایش جغرافیایی فضا، ش ۱۶، ۱۸۴-۱۶۹.
۱۴. دلاور ن.؛ اخوان س. و محنت‌کش ع (۱۳۹۶). اثر تغییر اقلیم بر برخی شاخص‌های مؤثر در رشد گندم دیم (مطالعه موردی: استان چهارمحال و بختیاری)، علوم آب و خاک، ۲۱(۲)، ۱۴۹-۱۳۱.
۱۵. رحمانی م.؛ جامی الاحمدی م.؛ شهیدی ع. و هادی‌زاده ازغندی م (۱۳۹۴). تاثیر تغییر اقلیم بر طول مراحل رشد و نیاز آبی گندم و جو (مطالعه موردی: دشت بیرجند)، بوم‌شناسی کشاورزی، ۷(۴)، ۴۶۰-۴۴۳.
۱۶. رسولی ع. و سبحانی ب (۱۳۸۴). نقش بارندگی در تعیین مناطق مساعد و تاریخ مناسب کشت گندم دیم در استان اردبیل، تحقیقات جغرافیایی، ۲۰(۳)، ۱۱۷-۱۰۲.
۱۷. سازمان هواشناسی کشور (۱۳۹۳). گندم، گزارش بولتن هواشناسی کشاورزی، ۸-۱.
۱۸. شیرانی ح (۱۳۹۱). برآورد برخی از نقاط منحنی مشخص رطوبتی خاک شامل FC و PWP با استفاده از توابع انتقالی خاک و روش رگرسیون در بردسیر کرمان، علوم آب و خاک، ش ۵۹، ۱۵۱-۱۴۱.
۱۹. عباسی ف.؛ احترامیان ک.؛ خزانه‌داری ل.؛ محمدنیا قرایی س. و اثمیری م (۱۳۹۲). مکان‌یابی مناسب‌ترین مناطق کشت گندم دیم (مطالعه موردی: استان خراسان شمالی)، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ش ۱۴-۱۳، ۷۲-۵۷.
۲۰. علیزاده ا.؛ صالح‌نیا ن.؛ سیاری ن.؛ نصیری م. و داوری ک (۱۳۹۲). پیش‌بینی تغییرات احتمالی بارش مؤثر در پهنه‌های اقلیمی ایران برای زراعت گندم
۲۱. عنابی میلانی ا (۱۳۹۵). آبیاری گندم در دشت تبریز، موسسه تحقیقات خاک و آب: تهران، ۱۶-۱.
۲۲. فاتح ش.؛ رسولی ع.؛ ساری صراف ب. و کمالی غ (۱۳۹۵). بررسی واحدهای گرمایی تجمعی در طول فصل رشد گندم در ایران، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ش ۲۷-۲۸، ۹-۱.
۲۳. فرج‌زاده م.؛ کاشکی ع. و شایان س (۱۳۸۸). تحلیل تغییرپذیری عملکرد محصول گندم دیم با رویکرد تغییرات اقلیمی (منطقه مورد مطالعه: خراسان رضوی)، مدرس علوم انسانی، ۱۳(۳)، ۲۵۶-۲۲۷.
۲۴. فرجی ه.، گودرزی ع.؛ اولیایی ح. و عظیمی گندمانی م (۱۳۹۱). ارزیابی عملکرد چند رقم گندم نسبت به تاریخ کاشت در نورآباد ممسنی، تولیدات گیاهی، ۳۵(۴)، ۴۲-۲۹.
۲۵. فلاح س. و تدین م (۱۳۹۲). تاثیر تاریخ و تراکم کاشت بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گندم نان پاییزه در منطقه شهرکرد، پژوهش در گیاهان زراعی، ۲(۱)، ۲۱-۱۱.
۲۶. فلاح قاله‌ری غ.؛ اسدی م. و داداشی رودباری ع (۱۳۹۴). تعیین مناطق مستعد کشت گندم دیم (مطالعه موردی: استان فارس)، هواشناسی کشاورزی، ۳(۲)، ۷۳-۶۸.
۲۷. قنبری ا.؛ روشنی ح. و توسلی ا (۱۳۹۱). اثر تاریخ کاشت بر برخی خصوصیات زراعی و عملکرد دانه ارقام گندم زمستانه، اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۲۲(۲)، ۱۴۴-۱۲۷.
۲۸. کابوسی ک. و مجیدی، ع (۱۳۹۶). پهنه‌بندی تاریخ‌های کاشت و برداشت و طول مراحل رشد گندم دیم براساس داده‌های بارش و دما در استان

- گلستان، زراعت دیم ایران، (۱) ۶، ۱۴۴-۱۰۳.
۲۹. کاظمی زاد م (۱۳۷۷). تعیین زمان و منطقه مساعد کشت گندم دیم در آذربایجان براساس توزیع دما و بارش، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم.
۳۰. کلاته عربی م؛ شیخ ف؛ سوقی ح. و هیوه چی ج (۱۳۹۰). اثر تاریخ کاشت بر روی عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم گندم نان در گرگان، به زراعی نهال و بذر، (۳) ۲-۲۷، ۲۹۶-۲۸۵.
۳۱. کمالی غ (۱۳۷۶). بررسی اکولوژیکی توانایی های دیم زارهای غرب کشور از نظر اقلیمی و با تاکید خاص بر گندم دیم، رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.
۳۲. کمالی غ، صدقیانی پور ع؛ صداقت کردار ع. و عسگری ا (۱۳۸۷). بررسی پتانسیل اقلیمی کشت گندم دیم در استان آذربایجان شرقی، آب و خاک، (۲) ۲۲، ۴۸۳-۴۶۷.
۳۳. کمالی غ؛ ملائی پ. و بهیار م (۱۳۸۹). تهیه اطلس گندم دیم استان زنجان با استفاده از داده های اقلیمی و GIS، آب و خاک، (۵) ۲۴، ۹۰۷-۸۹۴.
۳۴. کوچکی ع. و کمالی غ (۱۳۸۹). تغییر اقلیم و تولید گندم دیم در ایران، پژوهش های زراعی ایران، (۳) ۸، ۵۲۰-۵۰۸.
۳۵. محمدی ح (۱۳۸۴). تعیین تقویم مناسب کشت گندم دیم در استان ایلام با استفاده از شاخص شروع بارندگی، پژوهش های جغرافیایی، ش ۵۱، ۳۱-۱۵.
۳۶. محمدی ا؛ یزدان پناه ح. و محمدی ف (۱۳۹۳). بررسی رخدادهای تغییر اقلیم و تاثیر آن بر زمان کاشت و طول دوره رشد گندم دوروم (دیم) (مطالعه موردی: ایستگاه سرآرود کرمانشاه)، پژوهش های جغرافیایی طبیعی، (۲) ۴۶، ۲۴۶-۲۳۱.
۳۷. مروت ع؛ ابراهیمی ح. و بخش کلارستانی ک (۱۳۹۲). ارزیابی شرایط تغییر اقلیم و اثر آن بر روی تقویم زراعی کشت گندم در مشهد، یافته های نوین کشاورزی، ش ۴، ۳۵۴-۳۳۹.
۳۸. مظفری غ و قائمی ه (۱۳۸۱). تحلیل شرایط بارش در سطح نواحی دیم خیز (مورد مطالعه: شرق کرمانشاه)، پژوهش های جغرافیایی، ش ۲، ۱۱۹-۱۰۳.
۳۹. ممتازی ف و امام ی (۱۳۸۵). تاثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم زمستانه رقم شیراز، علوم کشاورزی ایران، (۱) ۳۷، ۱۲-۱.
۴۰. مهربانی گوهری ا؛ سرمیدان ف. و تقی زاده ر (۱۳۹۱). برآورد رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون چندمتغیره، مهندسی آبیاری و آب، ش ۱۰، ۵۲-۴۲.
۴۱. نادری ا (۱۳۹۲). تحلیل اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه ژنوتیپ های گندم با استفاده از روش های وایازی، فیزیولوژی گیاهان زراعی، ش ۲۰، ۱۵-۵.
۴۲. نوحی ک (۱۳۸۴). تحلیل بارندگی کرج به منظور تعیین تاریخ کاشت گندم دیم، نیوار، ش ۵۸، ۱۰۳-۹۵.
۴۳. نوربخش ف و افیونی م (۱۳۷۹). تخمین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم از روی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، (۱) ۴، ۸-۱.
۴۴. نوین ا، گوشه م. و برومند نسب س (۱۳۹۱). ارزیابی روش های مختلف تعیین باران مؤثر و انتخاب مناسبترین روش در سری خاک های غالب اهواز، اولین همایش ملی کشاورزی در شرایط محیطی دشوار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رامهرمز.
45. Andarzian, B., Hoogenboom, G., Bannayan, M., Shirali, M., & Andarzian, B. (2015). Determining optimum sowing date of wheat using CSM-CERES-Wheat model. *The Saudi society of agricultural sciences*, 14(2), 189-199.

46. Bannayan, M., Rezaei, E. E., & Hoogenboom, G. (2013). Determining optimum planting dates for rainfed wheat using the precipitation uncertainty model and adjusted crop evapotranspiration. *Agricultural water management*, 126, 56-63.
47. Cutillas, P. P., Barberá, G. G., & García, C. C. (2015). Estimation of soil moisture levels at field capacity and wilting point by predictive models on a regional scale. *Asociación de Geógrafos Españoles*, 1-68.
48. Diallo, D., & Mariko, A. (2013). Field capacity (FC) and permanent wilty point (PWP) of clay soils developed on Quaternary alluvium in Niger River loop (Mali). *Engineering Research and Applications*, 3, 1085-1089.
49. Dobor, L., Barcza, Z., Hlásny, T., Árendás, T., Spitzkó, T., & Fodor, N. (2016). Crop planting date matters: Estimation methods and effect on future yields. *Agricultural and forest meteorology*, 223, 103-115.
50. El-Gizawy, N. K. B. (2009). Effect of planting date and fertilizer application on yield of wheat under no till system. *Agricultural Sciences*, 5(6), 777-783.
51. Eslami, H., Navae, H. N., Alazmani, A. R., & Shojaei, A. N. (2014). Effect of sowing dates and seeding density on yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Applied and Basic Sciences*, 8(7), 836-838.
52. Haberle, J., & Svoboda, P. (2015). Calculation of available water supply in crop root zone and the water balance of crops. *Contributions to Geophysics and Geodesy*, 45(4), 285-298.
53. Koocheki, A., Nassiri, M., Alimoradi, L., & Ghorbani, R. (2009). Effect of cropping systems and crop rotations on weeds. *Agronomy for sustainable development*, 29(2), 401-408.
54. Kumar, V. (2012). *EFFECT OF DATES OF SOWING ON GROWTH AND YIELD OF WHEAT (Triticum aestivum L.) VARIETIES* (Doctoral dissertation, Institute of Agricultural Sciences, Banaras Hindu University, Varanasi), 1-114.
55. Liu, Y., Chen, Q., Ge, Q., Dai, J., Qin, Y., Dai, L. ... & Chen, J. (2018). Modelling the impacts of climate change and crop management on phenological trends of spring and winter wheat in China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 248, 518-526.
56. Luo, Q., Bellotti, W., Williams, M., & Wang, E. (2009). Adaptation to climate change of wheat growing in South Australia: analysis of management and breeding strategies. *Agriculture, ecosystems & environment*, 129(1-3), 261-267.
57. Matthews, P., McCaffery, D., & Jenkins, L. (2015). Winter crop variety sowing guide 2015. *Department of Primary Industries: Orange, New South Wales (NSW)*, 116.
58. Mumtaz, M. Z., Aslam, M., Nasrullah, H. F., Akhtar, M., & Ali, B. (2015). Effect of Various Sowing Dates on Growth, Yield and Yield Components of Different Wheat Genotypes. *Agriculture and Environmental Science*, 15(11), 2230-2234.
59. Murungu, F.S. and T. Madanzi, 2010. Seed priming, genotype and sowing date effects on emergence, growth and yield in a tropical low altitude area of Zimbabwe. *Agric. Res.*, 5(17): 2341-2349.
60. Rao, K. N., Gadgil, S., Rao, P. S., & Savithri, K. (2000). Tailoring strategies to rainfall variability—The choice of the sowing window. *Current Science*, 1216-1230.
61. Rezaei, E. E., Siebert, S., Hüging, H., & Ewert, F. (2018). Climate change effect on wheat phenology depends on cultivar change. *Scientific reports*, 8(1), 4891.
62. Roberts, P. A., Van Gundy, S. D., & McKinney, H. E. (1981). Effects of soil temperature and planting date of wheat on *Meloidogyne incognita* reproduction, soil populations, and grain yield. *Nematology*, 13(3), 338.
63. Saxton, K. E., Rawls, W., Romberger, J. S., & Papendick, R. I. (1986). Estimating generalized soil-water characteristics from texture 1. *Soil Science Society of America*, 50(4), 1031-1036.
64. Saxton, K. E., & Rawls, W. J. (2006). Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. *Soil science society of America*, 70(5), 1569-1578.
65. Sommer, R., Glazirina, M., Yuldashev, T., Otarov, A., Ibraeva, M., Martynova, L. ... & Karaev, S. (2013). Impact of climate change on wheat productivity in Central Asia. *Agriculture, ecosystems & environment*, 178, 78-99.
66. Tahir, M., Ali, A., Nadeem, M. A., Hussain, A. & Khalid, F. (2009). Effect of different sowing dates on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties in district Jhang, Pakistan. *Pakistan journal of life and social sciences*, 7(1), 66-69.
67. Tao, F., Yokozawa, M., Liu, J., & Zhang, Z.

- (2008). Climate–crop yield relationships at provincial scales in China and the impacts of recent climate trends. *Climate Research*, 38(1), 83-94.
68. Tao, F., Yokozawa, M., Xu, Y., Hayashi, Y., & Zhang, Z. (2006). Climate changes and trends in phenology and yields of field crops in China, 1981–2000. *Agricultural and Forest Meteorology*, 138(1-4), 82-92.
69. Thien, S.J., 1979. *A flow diagram for teaching texture by feel analysis*. Agronomic Education. 8:54-55
70. Unger, P. W. (1984). Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. Food & Agriculture Org (FAO), 110.
71. United States Department of Agriculture (USDA). (1997). Irrigation Guide: National Engineering Handbook, Resources Conservation Service: USA, 820.
72. Waha, K., Müller, C., Bondeau, A., Dietrich, J. P., Kurukulasuriya, P., Heinke, J., & Lotze-Campen, H. (2013). Adaptation to climate change through the choice of cropping system and sowing date in sub-Saharan Africa. *Global Environmental Change*, 23(1), 130-143.
73. Wang, B., Li Liu, D., Asseng, S., Macadam, I., & Yu, Q. (2015). Impact of climate change on wheat flowering time in eastern Australia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 209, 11-21.
74. Wang, X., Cai, D., Wu, H., Hoogmoed, W. B., & Oenema, O. (2016). Effects of variation in rainfall on rainfed crop yields and water use in dryland farming areas in China. *Arid Land Research and Management*, 30(1), 1-24.
75. Waongo, M., Laux, P., & Kunstmann, H. (2015). Adaptation to climate change: the impacts of optimized planting dates on attainable maize yields under rainfed conditions in Burkina Faso. *Agricultural and Forest Meteorology*, 205, 23-39.
76. Xiao, D., Tao, F., Liu, Y., Shi, W., Wang, M., Liu, F. ... & Zhu, Z. (2013). Observed changes in winter wheat phenology in the North China Plain for 1981–2009. *International Biometeorology*, 57(2), 275-285.



Water and Irrigation Management

(Scientific Journal of Agriculture)
(College of Abouraihan – University of Tehran)

Vol. 8 ■ No. 2 ■ Autumn & Winter 2019

Estimation of the optimum cultivation date and susceptible growth stages to water stress for major areas of rain-fed wheat in Iran

Faezeh Abbasi¹, Hossein Mohammadi*², Saeed Bazgeer³, Majid Azadi⁴

1. Ph.D. Candidate in Agro-Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Professor of Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.
3. Assistant Professor of Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.
4. Associate Professor of Meteorology, Atmospheric Science and Meteorological Research Center, Tehran, Iran.

Received: November 20, 2018

Accepted: January 20, 2019

Abstract

Consideration to climate variables are the primary factors that controlling rainfed cultivation and the adaptation of the growing and reproductive period to the appropriate climate conditions provide through the sowing date. Therefore, the main objective of this research is to offer the time of the occurrence of water stress susceptible stages (flowering and milking) in order to achieve optimal yield in the main areas of rainfed wheat cultivation in Iran. Six western and northwest provinces of Iran are the first to sixth- largest in terms of area under cultivation and yield in rainfed wheat production, in this regard, it was used daily statistics of temperature and precipitation during (1998-2014) as well as soil texture data were used which had the appropriate coverage of the studied area (31 Stations). Firstly, it was offered a new definition of effective precipitation and determined sowing date and germination. Then, considering the degree-day of growth (1400-1700), the date of the beginning and the end of the flowering and milking stage was determined. The calculations were performed with SMADA software at three probability levels: 70, 80 and 90 percent, with choosing of the best statistical distribution. Accordingly, it was determined the time interval from 23 September to 27 October for germination and 2 periods between March 15th and April 15th and May 10th to June 10th for flowering and dying periods.

Keywords: Effective Rainfall, Effective Rooting Depth, Growing Season, Soil Texture, Water Stress.