برآورد نیازهای حرارتی و تقویمی فازهای فنولوژیک گندم دیم رقم کوهدشت در شهرستان گنبدکاووس

جواد خوشحال‌دستجردی[1*]، عبدالقدیر نظری[2]، حسین‌علی فلاحی[3]، عبدالعظیم قانقرمه[4]

۱- دانشیار دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی‌ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۳- مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان، ایران
۴- استادیار گروه جغرافیا دانشکده علوم انسانی دانشگاه گرگان، گلستان، ایران

دریافت: ۹۳/۱۰/۵ پذیرش: ۹۴/۲/۷

چکیده

حیات، ممات و تمام فعالیت‌های بیولوژیک گیاه در فازهای مختلف به شرایط محیطی و به‌ویژه شرایط آب و هوایی دارد. با کاربرد داده و تکنیک‌های هوا و اقلیم‌شناسی کشاورزی در زراعت می‌توان کارایی فعالیت‌های زیستی گیاه را به بیشینه رساند و بازده کمی و کیفی محصول را در واحد سطح به بالاترین میزان خود ارتقاء داد. هدف از تحقیق حاضر تعیین واحدهای حرارتی مورد نیاز گندم دیم رقم کوهدشت در فصل رشد و هر یک از فازهای فنولوژیک آن و نیز برآورد طول این فازها در سال‌های متفاوت برای ارائه یک تقویم زراعی بوده است. برای انجام آن پس از گردآوری داده‌ها از مراکز تولید داده، مزرعه‌ای آزمایشی در مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان تأسیس و به مدت ۴ سال در آن هم‌زمان با برداشت‌های آب و هوایی اقدام به دیده‌بانی‌های فنولوژیک گردید، سپس داده‌های حاصل به کمک نرم‌افزارهای اکسل، SPSS و GIS تحلیل و نتایج آن استخراج شد. یافته‌ها: طول فصل رشد و میزان متوسط عملکرد محصول در طی سال‌های تحقیق به ترتیب ۱۸۳ روز و ۳۱۱۶/۵ کیلوگرم بوده است. جالب‌ترین نتیجه حاصل از این تحقیق اهمیت بالاتر جمع ساعات آفتابی نسبت به جمع واحدهای حرارتی و یا میزان آب در اختیار گیاه بوده است.

واژگان کلیدی: تقویم زراعی، درجه- روز رشد، فازهای فنولوژیک، گنبدکاووس و گندم رقم کوهدشت.

* نویسنده مسئول مقاله: E-mail: javadkhoshhal@yahoo.com

۱- مقدمه

گندم گیاهی است که به مقدار زیاد و در مساحت وسیعی از زمین‌های کشاورزی دنیا و حتی نواحی خشک کشت می‌شود و اهمیت اقتصادی آن از نظر تولید و تغذیه بیش از سایر محصولات کشاورزی است (خدابنده، ۱۳۸۹،٤). از میان گیاهان تنها دو غله گندم و برنج ٦۰درصد انرژی مورد نیاز بشر را تأمین می‌کنند (امام، ۱۳۸٦،۱۹۰). در ایران نیز ۷۵درصد پروتئین مصرفی و ٦۵درصد کالری دریافتی روزانه هر فرد از نان تأمین می‌شود (گزارش عملکرد مدیریت زراعت در سال زراعی، ۸۹- ۱۳۸۸،٤). با وجودی که بخش عظیمی از اراضی کشور به زراعت آبی و دیم گندم اختصاص دارد همه ساله بخش متنابهی از گندم مورد نیاز از خارج وارد می‌شود. در سال جاری بیش از ۷/۵ میلیون تن گندم از خارج وارد شده است (گزارش ۱۰۰ روزه رییس جمهور) یکی از مهم‌ترین علل کمبود گندم در کشور راندمان پایین تولید به خصوص به روش کشت دیم است. ایران از نظر سطح زیر کشت گندم در رده هشتم و از نظر تولید در واحد سطح در رده بیست و هشتم جهان قرار دارد.

کشور ایران در کمربند صحاری دنیا قرار گرفته و بنابراین با کمبود آب روبه‌رو است. برای بالا بردن راندمان تولید امکان تبدیل زمین‌های دیم به زمین‌های آبی به آسانی امکان‌پذیر نیست. با توجه خاص در رعایت کمبود آب باید درصدد افزایش در واحد سطح بود و این امر با رعایت علمی نیز میسر است.

حیات، ممات و تمام فعالیت‌های بیولوژیک گیاه در فازهای مختلف رشد به دلیل عدم توانایی آن در تغییر مکان خود وابستگی تمام به شرایط محیطی و به خصوص شرایط آب و هوایی آن دارد. با کاربرد دانش، تکنیک‌ها و داده‌های هوا و اقلیم‌شناسی کشاورزی و تنظیم و تطبیق فازهای مختلف رشد با شرایط آب و هوایی می‌توان کارایی فعالیت‌های بیولوژیک این فازها را به بالاترین میزان ممکن ارتقاء داد و راندمان کیفی و کمی تولید را در واحد سطح به بیشینه رسانید.

به دلیل اهمیت آب و هوا در بخش کشاورزی و همچنین تفاوت عملکرد محصولات زراعی در مناطق مختلف آب و هوایی، مطالعات مفصلی بر محصولات زراعی به ویژه گندم در دنیا صورت گرفته و یا انجام می‌گیرد. در ایران تحقیقات بسیاری در مورد گندم وجود دارد، ولی اثر

اقلیم بر آن کمتر مطالعه شده است. از مهم‌ترین تحقیقی که درباره اثر آب و هوا بر گندم در ایران انجام گرفته و به‌عنوان نخستین تحقیقات در زمینه اقلیم کشاورزی می‌توان از آن یاد کرد، طرح مطالعاتی سازمان هواشناسی کشور با همکاری شرکت کوانتا (۱۳۵٤) بر شرایط کشت ۱۵ محصول مهم زراعی ایران است. عزیزی و همکاران (۱۳۸۲) با استفاده از مدل رگرسیونی ارتباط عملکرد گندم دیم در دشت سیلاخور استان لرستان را با پارامترهای اقلیمی مورد بررسی قرار دادند و در میان این پارامترها نقش نخستین بارش پاییزه و بارش‌های بالاتر از یک میلی‌متر را در میزان عملکرد محصول تأیید کردند. کمالی و همکاران (۱۳۸۷) ضمن پهنه‌بندی اقلیمی کشت گندم دیم در استان آذربایجان شرقی تاریخ‌هایی را برای کشت گندم دیم مناطق مختلف این استان پیشنهاد دادند، همچنین کمالی و همکاران (۱۳۸۹) برای کشت گندم دیم استان زنجان اطلس تهیه کرده و مناطق مساعد و نامساعد را مشخص نمودند. فیضی اصل و همکاران (۱۳۸۹) اثر عناصر اقلیمی را بر عملکرد گندم دیم رقم سرداری بررسی و اعلام کردند. نقش میزان تبخیر از تشت و مجموع بارش سالانه و متوسط دمای سالانه و بیشترین آن از دیگر پارامترها برجسته‌تر بوده است. فرج‌زاده‌اصل و همکاران (۱۳۸۱) و فرج‌زاده‌اصل و همکاران (۱۳۸۸) تغییرپذیری محصول گندم دیم را با رویکرد تغییرات اقلیمی در استان خراسان‌رضوی و نیز مدل‌سازی میزان عملکرد این نوع گندم در استان آذربایجان غربی را با توجه به معیارهای اقلیم‌شناسی بررسی کردند. نتایج این دو تحقیق را به ترتیب تغییرات ۲۰۰ تا ٥۳٤ کیلوگرمی در میزان عملکرد و نقش معیارهای برجسته‌تر مجموع بارش و تعداد روزهای یخبندان بیان کردند. قائمی و همکاران (۱۳۸۱) نیز قابلیت‌های محیطی کشت گندم دیم را در کرمانشاه ارزیابی و مدل عملکرد گندم دیم را با توجه به پارامترهای بارش، یخبندان و غیره تهیه کردند. کوارد و همکاران (۱۹۹۲) تأثیر عوامل آب و هوایی را بر عملکرد گندم دیم مورد بررسی قرار دادند و سهم هر یک از عوامل آب و هوایی مؤثر را بر میزان تولید گندم دیم مشخص کردند. آنان در این تحقیقات مشخص کردند که بارندگی، دماهای کمینه و بیشینه و میزان ذخیره رطوبتی (خاک) از عوامل مؤثر در عملکرد گندم دیم به شمار می‌آید. وارگاها سزونتیس و همکاران (۱۹۹٤) ارتباط بین فاکتورهای آب و هوایی و زندگی نباتی را از طریق بررسی سه مرحله اصلی فعالیت‌های بیولوژیکی گیاه (فتوسنتز، تنفس و تعریق و تعرق) مورد مطالعه قرار دادند. وانگ و همکاران (۱۹۹٦) تأثیر پتانسیل‌های اقلیمی را روی بازدهی محصولات بررسی کرده‌اند و نتایج تحقیق آن‌ها نشان داده است که

افزایش دما سبب کاهش دوره رشد محصولات، کاهش بازدهی آن‌ها و بارش نیز سبب کاهش عملکرد محصولات و افزایش آبیاری آن‌ها می‌شود. سیرا ایی. ام و همکاران (۱۹۹۸) ضمن بررسی تغییرات عوامل اقلیمی ارتباط آن‌ها را با تغییرات میزان تولید محصولات کشاورزی مطالعه کرده، سپس برای ثابت‌ماندن تولیدات کشاورزی و مقاومت در مقابل این تغییرات، گیاهان را به سه دسته کلی، مقاوم به خشکی، غیر مقاوم به خشکی و گیاهان بینابین تقسیم کردند. آرورا. وک و همکاران (۱۹۹۸) عکس‌العمل تولید گندم نسبت به عوامل اقلیمی و شیوه‌های آبیاری از طریق مدلی که میزان تبخیر آب از خاک و گیاه، عمق زه‌کشی و تعرق در آن تأثیر می‌گذارند را مورد مطالعه قرار دادند. کیمورا، ک و همکاران (۱۹۹۹) مدلی را که از هم‌بستگی میان میزان بارندگی، درجه حرارت، تعداد روزهای بارانی و ساعات آفتابی به‌دست آمد برای تعیین شاخص وضع محصول گندم و جو در منطقه اکایامای ژاپن ارائه کردند. نورود (۲۰۰۰) در مورد کاشت گندم دیم در دشت‌های بزرگ ایالت کانزاس آمریکا مطالعاتی را انجام داد. او تأثیر پارامترهای اقلیمی را بر مناطق کشت گندم دیم مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که تبخیر و بارندگی نسب به سایر عناصر اقلیمی بیشترین تأثیر را در طول مراحل رشد گندم دیم دارند. لاند و همکاران (۲۰۰۰) به بررسی مدل‌های رگرسیونی چندگانه برای برآورد محصول گندم تحت تأثیر شرایط محیطی پرداخته و مدل مناسب آن را ارائه کرده‌اند. کمالتین (۲۰۰٦) اقلیم کشاورزی دشت‌های کورام و حومه‌اش را بررسی کردند و نتایج این بررسی بیانگر این بود که خشک‌سالی سبب کاهش محصولات کشاورزی و تأثیر منفی بر زندگی اقتصادی و اجتماعی کشاورزان داشته است. بازگیر و همکاران (۲۰۰۸) پیش‌بینی عملکرد گندم را با استفاده از شاخص‌های متفاوت هواشناسی کشاورزی، شاخص NDVI و شاخص TEY در ناحیه هوشیارپور پنجاب هند برای سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۰۱ و ۲۰۰۳-۲۰۰۲ انجام دادند. نتایج مشخص کرد که این مدل ۹٦درصد تغییرات عملکرد گندم را در این ناحیه توضیح می‌دهد. لودیگ و همکاران (۲۰۰۹) در غرب استرالیا که دارای شرایط اقلیمی مدیترانه‌ای است تأثیر تغییرات اقلیم را بررسی کرده‌اند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که عامل اصلی محدود شدن تولیدات گیاهی در این منطقه کاهش بارندگی به همراه پاک‌سازی پوشش گیاهان بومی است که سبب شورشدن خاک و مشکلات ویژه در کشت دیم شده است. به عبارت دیگر تغییر در میزان بارندگی سبب تغییرات منفی در میزان تولیدات

کشاورزی و جنبه‌های هیدرولوژیک از جمله عمق زه‌کشی و لایه اشباع خاک سطحی شده است. تحقیقاتی که در بالا یاد شد قسمت بسیار کوچکی از پژوهش‌هایی است که در ایران و سراسر جهان درباره گندم انجام گرفته و یا می‌گیرد. این تحقیقات را می‌توان در سه گروه جای داد. گروه نخست که فراوانی‌های انجام آن‌ها از همه بالاتر است، آن‌هایی هستند که رابطه فراسنج‌های آب و هوایی را با میزان تولید به‌دست‌آورده و مناطق را بر مبنای آن پتانسیل‌سنجی و یا پهنه‌بندی می‌کنند، مانند کارهای کمالی و همکاران و یا قائمی و همکاران، این نوع تحقیق‌ها بیشتر توصیفی و آماری هستند. گروه دوم تحقیقاتی است که محققان اثر فراسنج‌های اقلیمی را بر فعالیت‌های حیاتی (بیولوژیک) گیاه نظیر فتوسنتز، تنفس و تبخیر و تعرق متمرکز می‌سازند، مانند وارگاها سزونتیس و همکاران. گروه سوم پژوهش‌هایی است که اثر فراسنج‌های آب و هوایی را در رابطه با فنوفازهای مختلف گیاه در چرخه زندگی آن مورد بررسی قرار می‌دهد و اثرات آن‌ها را در میزان عملکرد و نیز تنظیم تقویم زراعی مشخص می‌سازد. فراوانی انجام تحقیقات گروه‌های دوم و سوم نسبت به گروه نخست به دلیل نیازمند بودن به آزمایشگاه و مزارع آزمایشی و زمان‌بر و نیز هزینه‌بر بودن آن‌ها به‌ویژه در ایران به شدت کمتر است. تحقیق حاضر در زیر گروه سوم بوده و در ایران نیز می‌تواند یک نوع‌آوری محسوب شود. هدف از انجام آن تعیین واحدهای حرارتی مورد نیاز گندم رقم کوهدشت در فصل رشد و هر یک از فازهای فنولوژیک آن در شهرستان گنبدکاووس و نیز برآورد فواصل زمانی بین این فازها (طول فاز) در سال‌های متفاوت است که شرایط آب و هوایی شهرستان می‌تواند در طی آن مدت نیازهای حرارتی آن فاز را تأمین کند. در این تحقیق به‌دست‌آمدن ۱۰ مدل برای پیش‌بینی تکامل گیاهان مزرعه در فازهای مختلف رشد برحسب واحدهای حرارتی و ارائه جداولی برای طول فازهای فنولوژیکی و نیز تاریخ احتمالی این فازها با توجه به شرایط آب و هوایی شهرستان است تا براساس آن کشاورزان، برنامه‌ریزان و تمام دست‌اندرکاران کشاورزی بتوانند برنامه‌های خود را تنظیم و اجرا کرده و از توانای‌های آب و هوایی منطقه برای بالا بردن راندمان کمی و کیفی محصول بیشترین بهره را ببرند و به این طریق کمی از وابستگی کشور به واردات گندم بکاهند.

۲- روش تحقیق

روش تحقیق در این پژوهش ترکیبی از میدانی- تحلیلی بوده که شامل مراحل زیر است.

نخست داده‌های مورد نیاز از منابع مکتوب معتبر تا حد امکان فیش‌برداری شد و یا از سازمان‌های مختلف تولید داده چون سازمان هواشناسی کشور، وزارت نیرو و جهاد کشاورزی اخذ گردید. این تحقیق در شهرستان گنبدکاووس، در شرق استان گلستان و در جنوب‌شرقی دریای خزر که به ترتیب در بین طول‌های جغرافیایی ٥٤ درجه و ۳۱/۷ دقیقه تا ٥٥ درجه و ۳۹/۱ دقیقه از نصف‌النهار گرینویج و در بین عرض‌های ۳۷ درجه و ۳/٦ دقیقه تا ۳۸ درجه و ٦/۳ دقیقه از استوا قرار دارد (شکل ۱). سپس یک مزرعه آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان گنبدکاووس واقع در ۳ کیلومتری شمال‌شرقی این شهرستان احداث شد (شکل ۲).

استفاده از اطلاعات برداشت شده در آن در سال‌های پیش از دیده‌بانی‌های دوره تحقیق دلیل انتخاب این مکان بود. در این مرکز انواع ارقام گندم آبی و دیم کشت می‌شود، ولی چون بیشترین زمین‌های زیر کشت گندم در این شهرستان گندم دیم و رقم کوهدشت است، ما نیز همین رقم را جهت مطالعه انتخاب کردیم. ویژگی‌های مزرعه به شرح زیر بود.

-ارتفاع آن از سطح دریای آزاد ٤٥ متر و موقعیت جغرافیایی آن به ترتیب در ۳۷ درجه و ١٦ دقیقه عرض شمالی و ٥٥ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی قرار داشت.

-وسعت کل منطقه ۹۸ هکتار بود که از این مقدار ٤ هکتار به کشت گندم دیم و چهار هکتار دیگر به کشت گندم فاریاب و باقی زمین‌ها به دیگر محصولات کشاورزی اختصاص داشت.

-بافت خاک‌های آن سیلتی لومی بود.

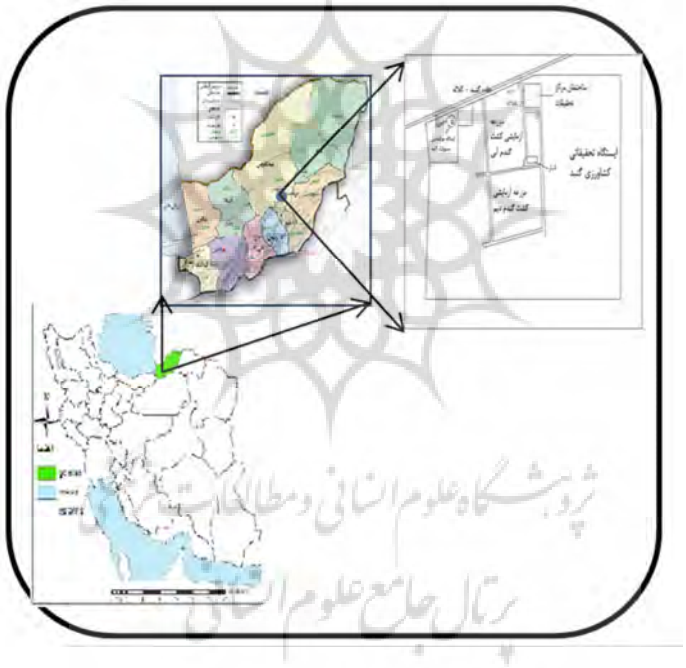
-در مجاورت زمین‌هایی که به کشت گندم اختصاص داشت یک ایستگاه هواشناسی کشاورزی استقرار داشت که همه روزه در ساعات همدید دیده‌بانی‌های هواشناسی در آن انجام می‌گرفت.

-از زمین‌های اختصاص‌یافته به کشت دیم حدود ۰/۱ هکتار آن به کشت گندم رقم کوهدشت تختصیص داده شد، که در آن ۳۰ پلات به ابعاد ۱/۸۷ و ٥ متر احداث شد که فاصله هر پلات با پلات بعدی ۲/٥ متر فاصله داشت. این فواصل ۲/٥ متری برای دسترسی به گیاهان

کاشته شده و کاربرد ادوات و ماشین‌های کشاورزی درنظر گرفته شده بود.

–در هر پلات ۱۲ ردیف گیاه به فواصل ۱۷ سانتی‌متر از یکدیگر کشت شد، به‌طوری که در هر مترمربع ۳۰۰ دانه کاشته شده باشد. در شکل‌های ۱ و ۲ کروکی محل مزرعه آزمایشی و تصویر هوایی آن درج شده است. در مزرعه یادشده بالا همه روزه دیده‌بانی‌های اکولوژیکی انجام می‌گرفت و کارت‌های مربوط تکمیل می‌شد.

درنهایت با استفاده از نرم‌افزارهایی مانند اکسل، SPSS و GIS و داده‌های حاصل از دیده‌بانی‌های میدانی و داده‌های حاصل از دیگر روش‌ها مورد تحلیل و بحث قرار گرفت و نتایج استخراج شد.



شکل ۱ موقعیت مزرعه آزمایشی

شکل ۲ عکس ماهواره‌ای مزرعه آزمایشی

۳- عملیات آماده‌سازی زمین

جهت آماده‌سازی زمین در سال مورد آزمایش، شخم به وسیله گاوآهن برگردان‌دار انجام گرفت. سپس دو مرتبه دیسک و یک بار لولر زده شد. نمونه‌گیری خاک، مصرف کود، مصرف علف‌کش، تاریخ کاشت، تراکم بذر، مراقبت‌های زراعی و برداشت محصول برای گیاه گندم انجام شد. میزان کود فسفره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل براساس آزمون خاک به‌صورت یکنواخت برای تمامی تیمارها در هنگام کاشت در پاییز، و یک سوم نیتروژن در هنگام کاشت، یک سوم زمان پنجه‌زنی و یک سوم در مرحله ساقه‌رفتن به‌صورت سرک مصرف شد. زمین مربوطه در دو جهت گونیا گردید و پس از پیاده کردن نقشه طرح و مشخص‌شدن کرت‌ها

و اعمال تیمارهای کودی مورد نظر بذور ابتدا با سم کاربوکسین تیرام ضدعفونی و سپس هر کرت با ۱۲ خط به طول ۵ متر با فاصله ردیف ۱۷ سانتی‌متر و میزان بذر به تعداد ۳۰۰ دانه در مترمربع و فاصله بین کرت‌ها و تکرارها ۲/۵ متر به‌طور مکانیزه با بذرکار آزمایشی غلات در نخستین فرصت مناسب پس از بارندگی در ۲ دی ماه ۱۳۹۰(۲۰۱۱/۱۲/۲۳) کشت شد.

از هنگام آغاز جوانه‌دارشدن بذر دمای محیط با یک دستگاه دماسنج کمینه و بیشینه که در درون جعبه اسکرین قرار داشت، اندازه‌گیری و ثبت شد. در این دیده‌بانی‌ها ۸۰ بوته گندم مورد بررسی قرار گرفت و در جداول فنولوژیکی (همراه با تاریخ دیده‌بانی) ثبت می‌شد. از سوی دیگر برخی از اطلاعات مورد نیاز از جمله ارزیابی کلی وضع محصول، تراکم کشت، ارتفاع گیاهان (به سانتی‌متر)، خطرات ناشی از پدیده‌های نامساعد جوی (مانند باران سنگین، تگرگ و دماهای بالا و...)، خسارت ناشی از آفات و امراض، گسترش و پراکندگی علف‌های هرز، سم‌پاشی و کودپاشی‌ها که در هر مرحله اتفاق می‌افتاد، دیده‌بانی و ثبت می‌شد. برای اعمال تیمارهای کودی با توجه به ٤٦درصد نیتروژن خالص در کود اوره و با درنظرگرفتن مساحت هر کرت اقدام به آماده‌کردن پاکت‌های محتوی کود برای هر یک از سطوح نیتروژن خالص شد و سپس تیمارهای کودی مورد نظر اعمال شدند. جهت مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ به ترتیب از علف‌کش‌های گرانستار و تاپیک استفاده شد. پس از رسیدن دانه که با زردشدن کامل سنبله‌ها، برگ‌ها و ساقه‌های بوته گندم و نیز سخت‌شدن دانه‌ها که (شکستن دانه به وسیله ناخن مشکل و فروکردن ناخن در جهت طول دانه ممکن نیست) هم‌زمان است، مبادرت به برداشت محصول در ۱۳۹۱/۳/۱۸ شد. از این مزرعه ٤۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گندم به‌دست آمد. پس از به‌دست‌آوردن تمام مراحل فنولوژیکی در مزرعه و تعیین تعداد بوته‌ها با مشخصه‌های هر فاز معین، درصد رشد تعداد بوته‌های گندم در هر فاز مشخص شد و همراه حداقل، حداکثر و میانگین در جداول (۱ تا ۱۰) ثبت شده است.

۴-یافته‌های تحقیق

۴-۱- مراحل فنولوژیکی در آستانه‌های دمایی

از زمان کاشت تا رسیدن محصول گندم، رشد این گیاه ۱۰ مرحله فنولوژیکی جوانه‌زدن، سبزکردن، سه‌برگی‌شدن، پنجه‌زدن، ساقه‌رفتن، خوشه‌رفتن، گل‌دادن، شیری‌شدن، خمیری‌شدن و

رسیدن را پشت سر می‌گذارد. در این مطالعه طول دوره رشد هر مرحله، تعداد روز لازم برای طی آن مراحل و دماهای کمترین، بیشترین و میانگین دمای روزانه در طی هر فاز فنولوژیکی به‌دست آمد که در جدول ۱ ارائه شده است. میانگین دمای روزانه، میانگین بیشینه و میانگین کمینه در کل دوره رشد گندم به ترتیب محاسبه شد و مراحل آن به شرح زیر است.

جدول ۱ تقویم فنولوژیک گندم رقم کوهدشت و شرایط دمایی جو در طول دوره رشد در سال (۹۱- ۱۳۹۰)

مراحل فنولوژی	تاریخ آغاز مرحله	تاریخ پایان مرحله	تعداد روز در هر مرحله	تعداد روز تا پایان هر مرحله	دامنه دمای کمینه هر مرحله	میانگین دمای کمینه هر مرحله	دامنه دمای بیشینه هر مرحله	میانگین دمای بیشینه هر مرحله	دامنه دمای میانگین هر مرحله	میانگین دمای هر مرحله
جوانه‌زدن	۲ دی	۹ دی	۸	۸	٦/٤ تا ۱	۳/۸	۱٤/۸ تا ۸/٦	۱۱/۷	۱۰/۳ تا ٤/۸	۷/۸
سبزکردن	۱۰ دی	۲۱ دی	۱۲	۲۰	۷/٤ تا ۰/۲-	۲/۳	۱۷/۲ تا ۳/٤	۱۲/٤	۱۱/۲ تا ۱/۸	۷/٤
سه‌برگی‌شدن	۲۲ دی	۱٤ بهمن	۲۳	٤۳	۷/٤ تا ۲/۸-	۲/٤	۱۹ تا ۰/٦	۱۱/٥	۱۱/٤ تا ۱/۱-	٦/۹
پنجه‌زدن	۱٥ بهمن	۸ اسفند	۲٤	٦۷	۸/٤ تا ۳/۸-	۰	۲۱/۲ تا ۰/۲-	۹/٦	۱۳/۸ تا ۲-	٤/۸
ساقه‌رفتن	۹ اسفند	۲۷ فروردین	٤۸	۱۱٥	۱٦/۲ تا ۱/۸-	۷	۳۲/۸ تا ٦/٤	۱۹	۲۳/۹ تا ۳/۲	۱۳
خوشه رفتن	۲۸ فروردین	٤ اردیبهشت	۸	۱۲۳	۱٦ تا ۱۲/٦	۱٤	۳۰ تا ۱۹/٦	۲٤/٥	۲۲ تا ۱٥/٥	۱۹/۳
گل‌دادن	۳۱ فروردین	۲ اردیبهشت	۳	۱۲٦	۱٥ تا ۱۲/۸	۱٤/۱	۳۰ تا ۱٦	۲٥/۱	۲۲ تا ۱٥/٥	۱۹/٦
شیری‌شدن	٥ اردیبهشت	۱۸ اردیبهشت	۱٤	۱٤۰	۱۷/۲ تا ۱۰/۲	۱۳/٦	۳۱/٦ تا ۲۲	۲۷/۲	۲۳/۹ تا ۱۸/۲	۲۰/٤
خمیری‌شدن	۱۹ اردیبهشت	٥ خرداد	۱۸	۱٥۸	۲۱/۲ تا ۱٥	۱۷/۲	۳۸/٦-۲٦/٦	۳۲/٦	۲۸/۲ تا ۲۲/۲	۲٤/۹
رسیدن	۱٥ خرداد	۱۸ خرداد	٤	۱٦۲	۱۹/۲ تا ۱۷/۲	۱۷/۹	۳۹/٤ تا ۳٤/٦	۳۷/۸	۲۹/۲ تا ۲٦/۱	۲۷/۸

۴-۲- تعیین دمای مطلوب رشد گندم در منطقه

در منطقه گنبدکاووس دمای مطلوب برای دوره رشد گندم مورد محاسبه قرار گرفته است و از سوی به‌دست‌آوردن آن نیاز به دیدبانی‌های فنولوژیکی درازمدت در مناطق مختلف و مقایسه دماهای روزانه و عملکرد محصول دارد. در این تحقیق ابتدا عملکرد محصول گندم را در طی ٤ سال زراعی ۸۹-۱۳۸٦ و ۹۱-۱۳۹۰ و دمای متوسط ماهانه فصل رشد در منطقه مورد مطالعه و مقایسه قرار داده‌ایم. سالی که بیشترین عملکرد را دارا بود دمای آن به‌عنوان بهترین دمای دوره رشد این گندم در منطقه درنظر گرفتیم. محصول گندم در نخستین سال کشت در منطقه گنبدکاووس در تاریخ ۹/آذر/۱۳۸٦ در قسمتی از اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی گنبدکاووس کشت شد. کمینه مطلق دما ۱۲/٤- درجه سانتی‌گراد و بیشینه مطلق دما ٤۰ درجه، میانگین درجه حرارت در این مدت ۱۳/۱ درجه سانتی‌گراد، مجموع بارندگی از تاریخ کاشت تا رسیدن کامل محصول ۱۳۸/٤ میلی‌متر و مجموع ساعات آفتابی در طول دوران رویش برابر با ۱۱۵۳/۹ ساعت بود. کاشت گندم در سال دوم در منطقه مورد نظر در تاریخ ۱۱/آذر/۱۳۸۷ انجام گرفت، کمینه مطلق دما ۳/٦-، بیشینه مطلق آن ۳۸/۸، میانگین درجه حرارت طی دوره رشد ۱۳/٤ درجه سانتی‌گراد، مجموع بارندگی در طی دوره رشد محصول ۲۷٤/۸ میلی‌متر و مجموع ساعات آفتابی در طی دوره رشد محصول ۱۰۱۰/۷ ساعت بود. کاشت گندم در سال سوم در منطقه مورد نظر در تاریخ ۲۱/آذر/۱۳۸۸ انجام گرفت، کمینه مطلق دما ۲-، بیشینه مطلق آن ٤۲، میانگین درجه حرارت طی دوره رشد ۱٤/۹ درجه سانتی‌گراد، مجموع بارندگی در طی دوره رشد محصول ۲۹۰/٤ میلی‌متر و مجموع ساعات آفتابی در طی دوره رشد محصول ۹۹۳/٦ ساعت بود. بالاترین عملکرد گندم در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ با میزان ٤۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود که در این زمان میانگین دما در فصل رشد گندم در منطقه برابر با ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد و مجموع بارندگی در طی دوره رشد محصول ۳۳۰/۱ میلی‌متر بوده است. جدول ۲ مقایسه تعداد روزها، کمینه، بیشینه، میانگین مطلق دما، ساعات آفتابی، بارندگی، واحدهای حرارتی و عملکرد گندم در منطقه گنبدکاووس را در ٤ سال نشان می‌دهد.

جدول ۲ مقایسه تعداد روزها، کمینه و بیشینه میانگین مطلق دما، ساعات آفتابی، بارندگی، واحدهای حرارتی و عملکرد گندم در منطقه گنبدکاووس در فصل رشد

سال زراعی	تعداد روزها	کمینه مطلق دمای	بیشینه مطلق دمای	میانگین دمای	ساعات آفتابی	مجموع بارندگی	واحدهای حرارتی (GDD)	عملکرد محصول (کیلوگرم)
۸۷-۱۳۸٦	۱۹۱	-۱۲/٤	٤۰	۱۳/۱	۱۱٥٤	۱۳۸/٤	۱٦٦۸	۱۳۰۰
۸۸-۱۳۸۷	۱۹۲	-۳/٦	۳۸/۸	۱۳/٤	۱۰۱۰/۷	۲۷٤/۸	۱٦۱۸	۳۸٦۸
۸۹-۱۳۸۸	۱۸۱	-۲	٤۲	۱٤/۹	۹۹۳/٦	۲۹۰/٤	۱۷۹٥	۳۰٤۸
۹۱-۱۳۹۰	۱٦۸	-۳/۸	٤۱/۸	۱۳/۷	۱۲۲۹/۳	۳۳۰/۱	۱۳٦۰/۳	٤۲٥۰
میانگین	۱۸۳	-٥/٤٥	٤۰/٦٥	۱۳/۸	۱۰۹٦/۹	۲۸٥/٤	۱٦۱۰/۳	۳۱۱٦/٥

۴-۳- تعیین نیازهای حرارتی گندم (درجه- روز)

مفهوم درجه- روز از ۲۰۰ سال پیش شناخته شده است. بدین معنی که رشد یک گیاه بستگی به میزان کل حرارتی دارد که در طول عمر خود دریافت داشته و برحسب درجه- روز بیان می‌شود. درجه- روز اندازه‌گیری انحراف میانگین درجه حرارت روزانه از یک آستانه حداقل درجه حرارت لازم برای هرگیاه است. در مفهوم درجه- روز فرض می‌شود که رابطه بین رشد و درجه حرارت خطی است (چنگ، ۱۳۷٤،۱۲۰). درجه حرارت روز برای گیاهان زراعی یک پارامتر تجمعی است و دوره رشد برای هر گیاه در واقع تعداد روزهایی است که جمع درجه- روز آن دوره به نیاز حرارتی گیاه برسد. برای تعیین نیاز حرارتی گیاهان زراعی در هر مرحله فنولوژی دو روش وجود دارد که عبارت است از روش مجموع درجه حرارت مؤثر و روش مجموع درجه حرارت فعال (کوچکی و همکاران، ۱۳۷٦،۲۳۷).

- روش مجموع درجه حرارت مؤثر: در این روش درجه حرارت‌های مؤثر یعنی درجه حرارت‌هایی که بالاتر از صفر فنولوژی گیاه است با هم جمع می‌شود. تعداد واحدهای حرارتی هر روز از طریق کم کردن درجه حرارت صفر فنولوژیکی از میانگین درجه حرارت واقعی آن روز به دست می‌آید و سپس تمام دوره را برای به‌دست آوردن کل درجه حرارت مؤثر دوره رشد با هم جمع می کنیم، بدین ترتیب مجموع درجه حرارت مؤثر بر اساس رابطه (۱) به‌دست می‌آید.

$$HU = \sum N\left[\frac{TM + Tm}{2} - TO\right] \quad (۱)$$

HU واحد حرارتی یا تعداد درجه حرارت مؤثر، TM= بیشترین درجه حرارت روز (درجه سانتی‌گراد)، Tm= کمترین درجه حرارت روز (درجه سانتی‌گراد)، To= درجه حرارت صفر فنولوژیکی (درجه مورد نظر) به درجه سانتی‌گراد، N= تعداد روزها در یک مدت زمان مشخص است.

براساس این روش پس از اندازه‌گیری دمای کمینه و بیشینه روزانه در طول فصل رشد گندم در منطقه گنبدکاووس متوسط درجات حرارت روزانه مورد محاسبه قرار گرفته و از صفر پایه گندم که ۵ درجه سانتی‌گراد است (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۹،۱۱٤) کم شد. در مرحله پس از جمع کردن واحدهای حرارتی در طول درجه رشد هر فاز فنولوژیکی مجموع واحدهای حرارتی مورد نیاز برای آن فاز مشخص شد که در نتیجه میزان واحدهای حرارتی مورد نیاز برای فازهای جوانه‌زنی ۲۲/۲ درجه- روز، سبزکردن ۳٦/۵ درجه- روز، سه‌برگی‌شدن ۵۳/٦ درجه- روز، پنجه‌زدن ۳۷/٤ درجه- روز، ساقه‌رفتن ۳۸٦/۷ درجه- روز، خوشه‌رفتن ۱۱٤ درجه- روز، گل‌دادن ٤۳/۹ درجه- روز، شیری‌شدن ۲۱۵/۹ درجه- روز، خمیری‌شدن ۳۵۸/۸ درجه- روز، رسیدن ۹۱/۳ درجه- روز به‌دست آمد. مجموع کل واحدهای مورد نیاز از کاشت تا برداشت گندم ۱۳٦۰/۳ درجه- روز محاسبه شد. واحدهای حرارتی مورد نیاز برای آغاز هر فاز فنولوژیکی در جدول ۳ آورده شده است.

- روش مجموع درجه حرارت فعال: در این روش کلی مقادیر درجه حرارت روزانه بدون کم کردن درجه حرارت پایه از آن در طول دوره‌های رشد گیاه با یکدیگر جمع می‌شوند، ولی اگر میانگین درجه حرارت در یک روز از درجه حرارت پایه کمتر باشد، جزء مجموع قرار نمی‌گیرد.

$$HU = \sum N\left[\frac{TM + Tm}{2}\right] \quad (۲)$$

مجموع دمای فعال لازم برای مراحل مختلف فنولوژیکی گندم با آستانه دمایی صفر درجه سانتی‌گراد در سال زراعی (۹۱-۱۳۹۰) برای نمونه در جدول ۳ ارائه شده است. به طور کلی از

درجه- روز به‌عنوان راهنما در عملیات کشاورزی و برنامه‌ریزی‌های بهره‌برداری از زمین به میزان بسیاری استفاده می‌شود (چنگ، ۱۳۷٤، ۱۲۱).

جدول ۳ میزان واحدهای حرارتی مورد نیاز مراحل فنولوژیک گندم در گنبدکاووس در سال (۹۱-۱۳۹۰)

مراحل فنولوژی	میانگین دمای هر مرحله (سانتی‌گراد)	میزان واحدهای حرارتی (درجه- روز) با آستانه ۵ درجه سانتی‌گراد		میزان دمای فعال با آستانه صفر درجه سانتی‌گراد	
		مطلق برای هر مرحله	تجمعی تا آغاز هر مرحله	مطلق برای هر مرحله	تجمعی تا آغاز هر مرحله
جوانه‌زدن	۷/۸	۲۲/۲	۲۲/۲	٦۲	٦۲
سبزکردن	۷/٤	۳٦/٥	٥۸/۷	۹۱/۷	۱٥۳/۷
سه‌برگی‌شدن	٦/۹	٥۳/٦	۱۱۲/۳	۱٦۰	۳۱۳/۷
پنجه‌زدن	٤/۸	۳۷/٤	۱٤۹/۷	۱۱۷/۸	٤۳۱/٥
ساقه‌رفتن	۱۳	۳۸٦/۷	٥۳٦/٤	٦۲٤/٤	۱۰٥٥/۹
خوشه‌رفتن	۱۹/۳	۱۱٤	٦٥۰/٤	۱٥٤	۱۲۰۹/۹
گل‌دادن	۱۹/٦	٤۳/۹	٦۹٤/۳	٥۸/۹	۱۲٦۸/۸
شیری‌شدن	۲۰/٤	۲۱٥/۹	۹۱۰/۲	۲۸٥/۹	۱٥٥٤/۷
خمیری‌شدن	۲٤/۹	۳٥۸/۸	۱۲٦۹	٤٤۸/۸	۲۰۰۳/٥
رسیدن	۲۷/۸	۹۱/۳	۱۳٦۰/۳	۱۱۱/۳	۲۱۱٤/۸

۴-۴- توسعه مراحل فنولوژیکی در رابطه با درجه- روز

در میان عناصر اقلیمی رژیم حرارتی بیشترین تأثیر را بر نمو گیاهان و مراحل مختلف آن دارد. طبق اصل حرارتی هر گیاه زمانی به مرحله خاصی از نمو خود می‌رسد که مقدار مشخصی حرارت از محیط گرفته باشد، مقدار معینی گرما برای هر مرحله متوالی رشد لازم است؛ بنابراین پیش‌بینی مراحل فنولوژیکی محصولات زراعی براساس هم‌بستگی که بین مراحل رشد و پیشرفت شرایط آب و هوایی (واحدهای حرارتی تجمعی) وجود دارد انجام می‌شود (کوچکی و همکاران، ۲۳٦،۱۳۷٦). در این رابطه با به‌دست‌آوردن سرعت مراحل رشد گندم (درصد تعداد گیاه در هر فاز فنولوژیکی به‌صورت تجمعی) و پیشرفت شرایط آب و هوایی (درجه- روز به‌صورت تجمعی با آستانه ۵ درجه) در مزرعه و ایستگاه مورد مطالعه (جداول ۵ و ٦) رابطه

توسعه هر فاز فنولوژیکی با دما و درجه- روز به‌دست می‌آید که با استفاده از این روابط تاریخ رسیدن گیاه به مراحل مختلف فنولوژیکی و یا میزان درجه- روز لازم برای توسعه هر فاز را مشخص کرد. جدول ٤ با مجهول قرار دادن یک طرف معادله طرف دیگر را به‌دست آورد و زمان مناسب عملیات کشاورزی را با پیش‌بینی‌های لازم به کشاورزان توصیه کرد. برای نمونه با تعیین زمان مناسب مبارزه با آفات و بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز مزارع گندم در هر فاز فنولوژیکی می‌توان از آسیب‌های احتمالی جلوگیری کرده و عملکرد محصول را بالا برد.

جدول ۴ مدل‌های پیش‌بینی فازهای فنولوژیک گندم دیم در شهرستان گنبدکاووس

فازهای فنولوژیکی	مدل پیش‌بینی	ضریب هم‌بستگی	سطح معنی‌داری
جوانه‌زدن	۰/٤٤۹ X +۰/۱۱۵y =	r=۰/۹۸۸	٪۱
سبزکردن	٦٦٥/۰ X +۱۷٦/۰y =	r =۰/۸٤۰	٪۱
سه‌برگی‌شدن	۱/٤۹۱ X +۲۰۹/۰y =	r=۰/۹۷٤	٪۱
پنجه‌زدن	۲/٦۱۸ X +۱٤۰/۰y =	r =۰/۸۱٦	٪۱
ساقه‌رفتن	٦/۵۸۱ X +۳۷٦/۰y =	r= ۰/۸۵۸	٪۱
خوشه‌رفتن	۳/٤۳۱ X +٦۱٤/۰y =	r=۰/۹۹۷	٪۱
گل‌دادن	۱۸/۱۵ X +۷٦۵/۰y =	r=۰/۹۸۸	٪۱
شیری‌شدن	۱۹٤/۰ X +۰٦۰/۱y =	r =۰/۹۸۰	٪۱
خمیری‌شدن	۸۱۲/٦ X +۷۰٤/۱y =	r=۰/۹۸٤	٪۱
رسیدن	۷٤۰/۰ X +۸۱۷/۰y =	r=۰/۹۷۸	٪۱

با استفاده از این مدل‌ها می‌توان در هر سال زراعی با مقایسه درجه- روزهای مبنا با درجه- روزهای آن سال تاریخ وقوع هر مرحله از فاز را پیش‌بینی کرد و با استفاده از این پیش‌بینی‌ها توصیه‌های لازم را در جهت عملیات کاشت، داشت و برداشت به کشاورزان پیشنهاد کرد.

جدول ۵ توسعه فازهای فنولوژیکی جوانه‌زدن، سبزکردن، سه‌برگی‌شدن و پنجه‌زدن گندم و میزان دما و درجه- روز لازم در گنبدکاووس (۹۱-۱۳۹۰)

فاز فنولوژی	تاریخ دیده‌بانی	تعداد بوته‌ها در فاز فنولوژی		میانگین دمای کمینه بین هردو تاریخ دیده‌بانی	میانگین دمای بیشینه بین هر دو تاریخ دیده‌بانی	میانگین دمای میان هردو تاریخ دیده‌بانی	درجه- روز با آستانه ۵ درجه		دمای فعال با آستانه صفر درجه	
		مطلق	تجمعی				مطلق	تجمعی	مطلق	تجمعی
جوانه‌زدن	۹۰/۱۰/۲	۰	۰	۱	۸/۶	٤/۸	۰	۰	٤/۸	٤/۸
	۹۰/۱۰/٤	۲۰	۲۰	۳/۹	۱۲/۷	۸/۳	۳/۳	۳/۳	۸/۳	۱۳/۱
	۹۰/۱۰/٦	۲۵	٤۵	٦/۳	۸/٦	۷/٤۵	۲/٤۵	۵/۷۵	۷/٤۵	۲۰/۷۵
	۹۰/۱۰/۸	۳۵	۸۰	۳/۷	۱۳/۸	۸/۷۵	۳/۷۵	۹/۵	۸/۷۵	۲۹/۵
سبزکردن	۹۰/۱۰/۱۰	۸	۸	-۰/۲	۱۲/٤	٦/۱	۱/۱	۱/۱	٦/۱	٦/۱
	۹۰/۱۰/۱۲	۱۱	۱۹	۱/۸	۱۳/۲	۷/۵	۲/۵	۳/٦	۷/۵	۱۳/٦
	۹۰/۱۰/۱٤	۱۷	۳٦	۲/۹	۹/۱	٦	۱/۸	۵/٤	٦	۱۹/٦
	۹۰/۱۰/۱۷	۲۵	٦۱	۰/٦	۱۰/۵	۵/٦	۱/٦	۷	۵/٦	۲۵/۲
	۹۰/۱۰/۱۸	۱۳	۷٤	۱/۲	۱٦/٦	۸/۹	۳/۹	۱۰/۹	۸/۹	۳٤/۱
	۹۰/۱۰/۲۰	٦	۸۰	٦/۸	۱۵/٦	۱۱/۲	٦/۲	۱۷/۱	۱۱/۲	٤۵/۳
سه‌برگی‌شدن	۹۰/۱۰/۲۲	۷	۷	۳/۲	۱۱	۷/۱	۲/۱	۲/۱	۷/۱	۷/۱
	۹۰/۱۰/۲۵	۱٤	۲۱	٤/۸	۱۲/۷	۸/۷	۳/۷	۵/۸	۸/۷	۱۵/۸
	۹۰/۱۰/۲۸	۲۳	٤٤	۵/۳	۱۸/۵	۱۱/۹	٦/۹	۱۲/۷	۱۱/۹	۲۷/۷
	۹۰/۱۱/۱	۲۲	٦٦	۳/۲	۱۲/۱	۷/۷	۲/۷	۱۵/٤	۷/۷	۳۵/٤
	۹۰/۱۱/۵	۸	۷٤	۱/۵	۸/۷	۵/۱	۰/٦	۱٦	۵/۱	٤۰/۵
	۹۰/۱۱/۹	٤	۷۸	۰/۷	۱۱/۸	٦/۲	۱/٤	۱۷/٤	٦/۲	٤٦/۷
	۹۰/۱۱/۱۳	۲	۸۰	۱/٤	۱۰	۵/۷	۱	۱۸/٤	۵/۷	۵۲/٤
پنجه‌زدن	۹۰/۱۱/۱۵	٦	٦	-۳/۸	-۰/۲	-۲	۰	۰	۰	۰
	۹۰/۱۱/۱۹	۱۰	۱٦	-۳/۳	۵	۰/۹	۰	۰	۱/۱	۱/۱
	۹۰/۱۱/۲۳	۱٦	۳۲	-۰/۲	۵/۷	۲/۸	۰	۰	۲/۸	۳/۹
	۹۰/۱۱/۲٦	۱۹	۵۱	-۲/۵	۱۱/۲	٤/٤	۰/۹	۰/۹	٤/٤	۸/۳
	۹۰/۱۱/۳۰	۱۲	٦۳	۵/۹	۱۸/۹	۱۲/٤	۷/٤	۸/۳	۱۲/٤	۲۰/۷
	۹۰//۱۲/۲	۹	۷۲	۰/۵	۵	۲/۸	۰	۸/۳	۲/۸	۲۳/٦
	۹۰/۱۲/٤	۵	۷۷	-۲/۱	۹/۸	۳/۹	۰	۸/۳	۳/۹	۲۷/۵
	۹۰/۱۲/۷	۳	۸۰	-۰/۲	۱۰/۷	۵/۳	۰/۸	۹/۱	۵/۳	۳۲/۸

جدول ۶ توسعه فازهای فنولوژیکی ساقه رفتن خوشه رفتن و گل دادن گندم و میزان دما و درجه ـ روز لازم در گنبدکاووس (۹۱-۱۳۹۰)

فاز فنولوژی	تاریخ دیده بانی	تعداد بوته‌ها در فاز فنولوژی		میانگین دمای کمینه میان هر دو تاریخ دیده‌بانی	میانگین دمای بیشینه میان هر دو تاریخ دیده‌بانی	میانگین دمای میان هر دو تاریخ دیده‌بانی	درجه- روز با آستانه ۵ درجه		دمای فعال با آستانه صفر درجه	
		مطلق	تجمعی				مطلق	تجمعی	مطلق	تجمعی
ساقه‌رفتن	۹۰/۱۲/۹	۹	۹	۳	۱۴/۸	۸/۹	۳/۹	۳/۹	۸/۹	۸/۹
	۹۰/۱۲/۱۱	۱۱	۲۰	۹/۵	۲۵/۴	۱۷/۵	۱۲/۵	۱۶/۴	۱۷/۵	۲۶/۴
	۹۰/۱۲/۱۳	۱۱	۳۱	۷/۲	۱۸/۸	۱۳	۸	۲۴/۴	۱۳	۳۹/۴
	۹۰/۱۲/۱۶	۲۰	۵۱	۲/۷	۱۳	۷/۹	۲/۹	۲۷/۳	۷/۹	۴۷/۳
	۹۰/۱۲/۲۰	۱۶	۶۷	۲/۶	۱۲/۳	۷/۵	۲/۵	۲۹/۸	۷/۵	۵۴/۸
	۹۰/۱۲/۲۲	۷	۷۴	۰	۱۰/۵	۵/۳	۰/۵	۳۰/۳	۵/۳	۶۰/۱
	۹۰/۱۲/۲۵	۶	۸۰	۶/۹	۲۰/۵	۱۳/۷	۸/۷	۳۹	۱۳/۷	۷۳/۸
خوشه‌رفتن	۹۱/۱/۲۸	۲۰	۲۰	۱۲/۸	۲۸/۸	۲۰/۸	۱۵/۸	۱۵/۸	۲۰/۸	۲۰/۸
	۹۱/۱/۳۱	۲۵	۴۵	۱۴/۱	۲۵/۵	۱۹/۸	۱۴/۸	۳۰/۶	۱۹/۸	۴۰/۶
	۹۱/۲/۱	۲۵	۷۰	۱۴/۶	۲۹/۴	۲۲	۱۷	۴۷/۶	۲۲	۶۲/۶
	۹۱/۲/۲	۱۰	۸۰	۱۵	۱۶	۱۵/۵	۱۰/۵	۵۸/۱	۱۵/۵	۷۸/۱
گل دادن	۹۱/۱/۳۱	۴۵	۴۵	۱۲/۸	۳۰	۲۱/۴	۱۶/۴	۱۶/۴	۲۱/۴	۲۱/۴
	۹۱/۲/۱	۲۵	۷۰	۱۴/۶	۲۹/۴	۲۲	۱۷	۳۳/۴	۲۲	۴۳/۴
	۹۱/۲/۲	۱۰	۸۰	۱۵	۱۶	۱۵/۵	۱۰/۵	۴۳/۹	۱۵/۵	۵۸/۹
شیری‌شدن	۹۱/۲/۵	۱۱	۱۱	۱۴/۸	۲۲	۱۸/۴	۱۳/۴	۱۳/۴	۱۸/۴	۱۸/۴
	۹۱/۲/۸	۱۳	۲۴	۱۲/۶	۲۴/۱	۱۸/۴	۱۳/۴	۲۶/۸	۱۸/۴	۳۶/۸
	۹۱/۲/۱۰	۱۶	۴۰	۱۰/۶	۲۶/۶	۱۸/۶	۱۳/۶	۴۰/۴	۱۸/۶	۵۵/۴
	۹۱/۲/۱۲	۱۸	۵۸	۱۳/۶	۲۶/۴	۲۰	۱۵	۵۵/۴	۲۰	۷۵/۴
	۹۱/۲/۱۵	۱۲	۷۰	۱۳/۷	۳۰/۵	۲۲/۱	۱۷/۱	۷۲/۵	۲۲/۱	۹۷/۵
	۹۱/۲/۱۸	۱۰	۸۰	۱۶/۱	۲۹/۹	۲۳	۱۸	۹۰/۵	۲۳	۱۲۰/۵

ادامه جدول ۶

فاز فنولوژی	تاریخ دیده بانی	تعداد بوته‌ها در فاز فنولوژی		میانگین دمای کمینه میان هر دو تاریخ دیده‌بانی	میانگین دمای بیشینه میان هر دو تاریخ دیده‌بانی	میانگین دمای میان هر دو تاریخ دیده‌بانی	درجه- روز با آستانه ۵ درجه		دمای فعال با آستانه صفر درجه	
		مطلق	تجمعی				مطلق	تجمعی	مطلق	تجمعی
خمیری‌شدن	۹۱/۲/۱۹	۱۲	۱۲	۱۶	۲۸/۶	۲۲/۳	۱۷/۳	۱۷/۳	۲۲/۳	۲۲/۳
	۹۱/۲/۲۲	۱۲	۲۴	۱۶/۳	۳۱/۷	۲۴	۱۹	۳۶/۳	۲۴	۴۶/۳
	۹۱/۲/۲۴	۱۴	۳۸	۱۶/۶	۲۳/۳	۲۴/۵	۱۹/۵	۵۵/۸	۲۴/۵	۷۰/۸
	۹۱/۲/۲۷	۱۵	۵۳	۱۸/۲	۳۲/۹	۲۵/۶	۲۰/۶	۷۶/۴	۲۵/۶	۹۶/۴
	۹۱/۲/۲۹	۱۱	۶۴	۱۶/۱	۳۳/۴	۲۴/۸	۱۹/۸	۹۶/۲	۲۴/۸	۱۲۱/۲
	۹۱/۲/۱	۹	۷۳	۱۷/۹	۳۷	۲۷/۴	۲۲/۴	۱۱۸/۶	۲۷/۴	۱۴۸/۶
	۹۱/۲/۴	۷	۸۰	۱۸/۹	۲۹/۹	۲۴/۴	۱۹/۴	۱۳۸	۲۴/۴	۱۷۳
رسیدن	۹۱/۳/۱۵	۲۵	۲۵	۱۷/۶	۳۴/۶	۲۶/۱	۲۱/۱	۲۱/۱	۲۶/۱	۲۶/۱
	۹۱/۳/۱۶	۳۵	۶۰	۱۷/۲	۳۹/۴	۲۸/۳	۲۳/۳	۴۴/۴	۲۸/۳	۵۴/۴
	۹۱/۳/۱۷	۲۰	۸۰	۱۷/۶	۳۷/۸	۲۷/۷	۲۲/۷	۶۷/۱	۲۷/۷	۸۲/۱

۴-۵- تعیین طول مراحل فنولوژیکی براساس درجه حرارت مؤثر

طول هر مرحله از مراحل مختلف فنولوژی را براساس درجه حرارت مؤثر می‌توان از رابطه (۳) به‌دست آورد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶، ۲۳۹).

$$N = \frac{A}{T - B} \qquad (۳)$$

دراین رابطه N= مدت زمان بین دو مرحله فنولوژیک (برحسب درجه- روز)، A= مجموع درجه حرارت‌های مؤثر لازم برای تکمیل مرحله مورد نظر (سانتی‌گراد)، B= صفر پایه محصول، T= درجه حرارت متوسط محیط در طی مرحله مورد نظر (دماهای بیشتر از حداکثر و کمتر از حداقل گیاه حذف گردد) (درجه سانتی‌گراد) است.

برای نمونه میزان واحدهای حرارتی برای جوانه‌زدن در منطقه گنبد برابر ۲۲/۲ درجه- روز

است. چنان‌چه بخواهیم بدانیم با دمای روزانه ۱۱ درجه این فاز چند روز به طول می‌انجامد، با جای‌گذاری در رابطه (۳) طول این دوره ٤ روز به‌دست خواهد آمد. با توجه به نیازهای حرارتی گندم کوهدشت برای فازهای مختلف فنولوژیکی طول دوره با دماهای مختلف به روش یادشده محاسبه و در جدول ۷ درج شده است.

جدول ۷ مدت زمان لازم برای طی فازهای مختلف فنولوژی در دماهای مختلف محیط

دمای محیط	مدت زمان لازم برای فازهای مختلف فنولوژی									
درجه سانتی‌گراد	جوانه‌زدن	سبزکردن	سه‌برگی شدن	پنجه‌زدن	ساقه‌رفتن	خوشه رفتن	گل دادن	شیری شدن	خمیری شدن	رسیدن
۱۱	٤	٦	۹	٦	٦٤	۱۹	۷	۳٦	٦۰	۱۵
۱۵	۲	٤	۵	٤	۳۹	۱۱	٤	۲۲	۳٦	۹
۱۹	۲	۳	٤	۳	۲۸	۸	۳	۱۵	۲٦	۷
۲۳	۱	۲	۳	۲	۲۱	٦	۲	۱۲	۲۰	۵
۲۷	۱	۲	۲	۲	۱۸	۵	۲	۱۰	۱٦	٤
۳۱	۱	۱	۲	۱	۱۵	٤	۲	۸	۱٤	٤
۳۵	۱	۱	۲	۱	۱۳	٤	۲	۷	۱۲	۳

۵-پیش‌بینی تاریخ و خاتمه فازهای مختلف فنولوژیکی گندم کوهدشت و آستانه‌های مهم در شهرستان گنبد با احتمالات مختلف

دما و دیگر ویژگی‌های اقلیمی در روزهای متناظر در سال‌های مختلف متفاوت است. با استفاده از داده‌های کوتاه مدت نمی‌توان تاریخ مراحل مختلف فنولوژیکی گیاه را با دقت بالا تعیین کرد. پس از مشخص‌شدن آستانه‌های هر مرحله توسط دیده‌بانی‌های فنولوژیکی تاریخ وقوع این آستانه‌ها از روی آمارهای درازمدت استخراج و تبدیل به روز ژولیوسی تبدیل شده و با توزیع‌های مختلف برازش داده می‌شود و بهترین توزیع انتخاب و از روی آن روزهای رخداد آستانه‌ها به طور احتمالی محاسبه می‌شود. در این تحقیق نیز پس از مشخص شدن آستانه‌ها و انتخاب بهترین توزیع‌ها که توزیع نرمال تشخیص داده شد. تاریخ‌های رخداد مراحل مختلف فنولوژیکی گندم کوهدشت با

استفاده از آمارهای ده ساله ایستگاه گنبد و به کمک توزیع یادشده برای احتمالات گوناگون پیش‌بینی و در جدول ۸ درج شد. در بیشتر منابع مرز حرارتی برای جوانه‌زدن گندم را ۵ درجه بیان کرده‌اند و از طرفی در دمای کمتر از ۱۰ درجه هم سرعت جوانه‌زنی کند است. تاریخ‌های رخداد احتمالی این دو آستانه‌ها نیز محاسبه و در جداول۹ و۱۰ ثبت شد.

جدول ۸ تاریخ‌های آغاز و پایان مراحل فنولوژیکی در سطوح احتمالی مختلف (۹۰-۱۳۸۰)

مراحل فنولوژیکی / احتمال یا دوره بازگشت		تاریخ آغاز جوانه زدن	تاریخ آغاز سبز کردن	تاریخ آغاز سه برگی شدن	تاریخ آغاز پنجه زدن	تاریخ آغاز ساقه رفتن	تاریخ آغاز خوشه رفتن	تاریخ آغاز گل دادن	تاریخ آغاز شیری شدن	تاریخ آغاز خمیری شدن	تاریخ آغاز رسیدن
احتمال به درصد	دوره بازگشت به سال										
۱*	۱۰۰	۵ بهمن	۱۷ بهمن	۸ اسفند	۲ اسفند	۳ فروردین	۱۲ خرداد	۱۵ خرداد	۱ خرداد	۹ خرداد	۱ تیر
۵*	۲۰	۲۹ دی	۱۱ بهمن	۳۰ بهمن	۲۶ بهمن	۲۷ اسفند	۶ خرداد	۸ خرداد	۲۷ اردیبهشت	٤ خرداد	۲۷ خرداد
۱۰*	۱۰	۲۶ دی	۷ بهمن	۲۵ بهمن	۲۳ بهمن	۲٤ اسفند	۲ خرداد	٤ خرداد	۲۵ اردیبهشت	۱ خرداد	۲۵ خرداد
۲۰*	۵	۲۲ دی	۳ بهمن	۱۹ بهمن	۲۰ بهمن	۲۱ اسفند	۲۸ اردیبهشت	۳۰ اردیبهشت	۲۱ اردیبهشت	۲۹ اردیبهشت	۲۲ خرداد
۳۰*	۳/۳۳	۱۹ دی	۲۹ دی	۱۵ بهمن	۱۷ بهمن	۱۹ اسفند	۲۵ اردیبهشت	۲۷ اردیبهشت	۱۹ اردیبهشت	۲۷ اردیبهشت	۲۰ خرداد
٤۰*	۲/۵	۱۷ دی	۲۷ دی	۱۱ بهمن	۱۵ بهمن	۱۷ اسفند	۲۲ اردیبهشت	۲٤ اردیبهشت	۱۷ اردیبهشت	۲۵ اردیبهشت	۱۸ خرداد
۵۰*	۲	۱۵ دی	۲٤ دی	۸ بهمن	۱۳ بهمن	۱۵ اسفند	۱۹ اردیبهشت	۲۱ اردیبهشت	۱۵ اردیبهشت	۲۳ اردیبهشت	۱٦ خرداد
٦۰**	۱/٦۷	۱۳ دی	۲۱ دی	۳ بهمن	۱۱ بهمن	۱۳ اسفند	۱٦ اردیبهشت	۱۸ اردیبهشت	۱۳ اردیبهشت	۲۱ اردیبهشت	۱٤ خرداد

ادامه جدول ۸

مراحل فنولوژیکی / احتمال یا دوره بازگشت		تاریخ آغاز جوانه زدن	تاریخ آغاز سبز کردن	تاریخ آغاز سه برگی شدن	تاریخ آغاز پنجه زدن	تاریخ آغاز ساقه رفتن	تاریخ آغاز خوشه رفتن	تاریخ آغاز گل دادن	تاریخ آغاز شیری شدن	تاریخ آغاز خمیری شدن	تاریخ آغاز رسیدن
احتمال به درصد	دوره بازگشت به سال										
۷۰**	۱/۴۳	۱۱ دی	۱۹ دی	۱ بهمن	۹ بهمن	۱۱ اسفند	۱۳ اردیبهشت	۱۵ اردیبهشت	۱۱ اردیبهشت	۱۹ اردیبهشت	۱۲ خرداد
۸۰**	۱/۲۵	۸ دی	۱۵ دی	۲۷ دی	٦ بهمن	۹ اسفند	۱۰ اردیبهشت	۱۲ اردیبهشت	۹ اردیبهشت	۱۷ اردیبهشت	۱۰ خرداد
۹۰**	۱/۱۱	٤ دی	۱۱ دی	۲۱ دی	۳ بهمن	٦ اسفند	۵ اردیبهشت	۷ اردیبهشت	۵ اردیبهشت	۱٤ اردیبهشت	۷ خرداد
۹۵**	۱/۰۵	۱ دی	۷ دی	۱٦ دی	۲۸ دی	۳ اسفند	۲ اردیبهشت	۳ اردیبهشت	۳ اردیبهشت	۱۱ اردیبهشت	۵ خرداد
۹۹**	۱/۰۱	۲۵ آذر	۱ دی	۸ دی	۲٤ دی	۲۸ بهمن	۲٦ فروردین	۲۷ فروردین	۲۹ فروردین	٦ اردیبهشت	۱ خرداد

*به احتمال- درصد این تاریخ و پس از آن

**به احتمال- درصد این تاریخ و پیش از آن

جدول ۹ تاریخ‌های آغاز و خاتمه آستانه حداقل ۵ درجه

درصد احتمال	۱	۵	۱۰	۲۰	۳۰	٤۰	۵۰	٦۰	۷۰	۸۰	۹۰	۹۵	۹۹
تاریخ شروع	۲۹ بهمن	۱۸ بهمن	۱۲ بهمن	۵ بهمن	۳۰ دی	۲۵ دی	۲۱ دی	۱۷ دی	۱۲ دی	۷ دی	۱ دی	۲٤ آذر	۱۳ آذر
دوره بازگشت	۱۰۰	۲۰	۱۰	۵	۳/۳۳	۲/۵	۲	۱/٦۷	۱/٤۳	۱/۲۵	۱/۱۱	۱/۰۵	۱/۰۱
تاریخ خاتمه	۲۷ اردیبهشت	۱۱ اردیبهشت	۳ اردیبهشت	۲٤ فروردین	۱۷ فروردین	۱۱ فروردین	۵ فروردین	۲۸ اسفند	۲۲ اسفند	۱۵ اسفند	۵ اسفند	۲۷ بهمن	۱۱ بهمن
دوره بازگشت	۱۰۰	۲۰	۱۰	۵	۳/۳۳	۲/۵	۲	۱/٦۷	۱/٤۳	۱/۲۵	۱/۱۱	۱/۰۵	۱/۰۱

جدول ۱۰ تاریخ‌های آغاز و خاتمه آستانه حداقل ۱۰ درجه

درصد احتمال	۱	۵	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۹۵	۹۹
تاریخ شروع	۲۷ اردیبهشت	۶ اردیبهشت	۲۶ فروردین	۱۳ فروردین	۴ فروردین	۲۵ اسفند	۱۷ اسفند	۹ اسفند	۱ اسفند	۲۲ بهمن	۹ بهمن	۲۸ دی	۷ دی
دوره بازگشت	۱۰۰	۲۰	۱۰	۵	۳/۳۳	۲/۵	۲	۱/۶۷	۱/۴۳	۱/۲۵	۱/۱۱	۱/۰۵	۱/۰۱
تاریخ خاتمه	۱ خرداد	۲۱ اردیبهشت	۱۶ اردیبهشت	۹ اردیبهشت	۳ اردیبهشت	۳۰ فروردین	۲۶ فروردین	۲۲ فروردین	۱۸ فروردین	۱۲ فروردین	۵ فروردین	۲۹ اسفند	۱۸ اسفند
دوره بازگشت	۱۰۰	۲۰	۱۰	۵	۳/۳۳	۲/۵	۲	۱/۶۷	۱/۴۳	۱/۲۵	۱/۱۱	۱/۰۵	۱/۰۱

۶- بحث و نتیجه‌گیری

در طی دوره پژوهش متوسط طول فصل رشد برابر ۱۸۳ روز به‌دست‌آمده است. کوتاه‌ترین فصل رشد برابر ۱۶۸ و بلندترین آن برابر ۱۹۲ روز بود. گیاه در این مدت به‌طور متوسط ۱۶۱۰/۳ واحد حرارتی دریافت کرده، بالاترین و پایین‌ترین واحدهای دریافت شده به ترتیب برابر ۱۳۶۰/۳ و ۱۷۹۵ درجه- روز بود. میانگین جمع ساعات آفتابی در طی دوره تحقیق نیز برابر ۱۰۹۶/۹ ساعت محاسبه شد که کمینه آن برابر ۹۹۳/۶ و بیشینه آن برابر ۱۲۲۹/۳ ساعت است. میانگین جمع بارش فروریخته نیز در این ٤ دوره کشت برابر ۲۸۵/٤ میلی‌متر و حداقل و حداکثر آن به ترتیب برابر ۱۳۸/٤ و ۳۳۰/۱ میلی‌متر تعیین شد. میانگین عملکرد هم در واحد سطح در طی این سال‌ها برابر ۳۱۱۶/۵ کیلوگرم تعیین شد که از ۱۳۰۰ کیلوگرم تا ٤۲۵۰ کیلوگرم در طی سال‌های بررسی تفاوت داشت. جالب‌ترین یافته این است که بالاترین میزان عملکرد در واحد سطح با پایین‌ترین میزان واحدهای حرارتی اخذشده توسط گیاه از محیط در طی سال‌های تحقیق تطبیق داشت. حتی شگفت انگیزتر از این یافته هم این بود که هرگاه نیاز آبی گیاه کاهش یابد نقش افزایش ساعات آفتابی در افزایش عملکرد محصول در واحد سطح و کوتاه کردن دوره رشد بسیار برجسته‌تر از افزایش واحدهای حرارتی و حتی افزایش آب (ریزش باران) است. با نگاهی به

جدول ۲ می‌توان دریافت در سال زراعی ۸۸–۸۷ که مجموع بارندگی فرو ریخته و مجموع واحدهای حرارتی اخذشده توسط گیاه به ترتیب برابر ۲۷٤/۸ میلی‌متر و ۱٦۱۸درجه سلسیوس و میزان عملکرد در واحد سطح ۳۸٦۸ کیلوگرم است. در حالی که در سال زراعی ۸۹–۸۸ با وجود افزایش میزان بارندگی به ۲۹۰/٤ میلی‌متر و جمع واحدهای حرارتی به ۱۷۹۵درجه سلسیوس مقدار عملکرد در واحد سطح به ۳۰٤۸ کیلوگرم نزول یافته است. با مراجعه به ستون مربوط به جمع ساعات آفتابی دلیل این امر مشخص می‌شود که در سال ۸۹–۸۸ نسبت به سال ۸۸–۸۷ جمع ساعات آفتابی کاهش یافته و زیر ۱۰۰۰ ساعت نزول کرده است. این موضوع نشان می‌دهد اگرچه درجه حرارت برای آغاز و به حرکت درآوردن هر یک از مراحل رشد و تداوم آن‌ها ضروری است، ولی تابش و مقدار آن با افزایش مدت زمان آن عمل فتوسنتز انجام گرفته و امتداد می‌یابد و مواد بیشتری هنگام رشد ساخته می‌شود. تأکید دیگر است بر این‌که چرا با وجود کوتاهی فصل رشد و پایین بودن دما در عرض‌های بالای جغرافیایی امکان کشت گندم با تولید قابل قبول وجود دارد. به عبارت دیگر افزایش ساعات تابش، کمبود واحدهای حرارتی را جبران می‌کند. در این تحقیق نیز در سالی که بیشترین بارش و بالاترین ساعت آفتابی وجود داشته، بیشترین راندمان در واحد سطح در طول دوره به‌دست آمده است.

از نتایج دیگر این تحقیق به‌دست آمدن ۱۰ مدل برای پیش‌بینی تکامل گیاهان مزرعه در فازهای مختلف رشد برحسب واحدهای حرارتی و ارائه جداولی برای طول فازهای فنولوژیکی و نیز تاریخ احتمالی این فازها با توجه به شرایط آب و هوایی شهرستان است که به دلیل اختصار و تطویل شدن گزارش از بحث آن خصوص خودداری می‌شود.

۷- منابع

- امام، یحیی، *زراعت غلات*، انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۳۸٦.
- چنگ. جن. ه.، *کشاورزی آب و هوا*، ترجمه علیزاده، امین.؛ کوچکی، عوض، نشر مشهد، ۱۳۷٤.
- خدابنده، ناصر، *غلات*، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۹.
- سازمان هواشناسی کشور، شرکت کوانتا، «مطالعه اقلیم کشاورزی ۱۵ محصول زراعی کشور»،

انتشارات هواشناسی کشور، ۱۳۵٤.

- عزیزی، قاسم، داریوش یاراحمدی، «بررسی ارتباط پارامترهای اقلیمی و عملکرد گندم با استفاده از مدل رگرسیونی (مطالعه موردی دشت سیلاخور)»، *فصل‌نامه پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ٤٤، بهار ۱۳۸۲، صص ۲۹-۲۳، ۱۳۸۲.
- فرج‌زاده‌اصل، منوچهر، آذر زرین، «مدل‌سازی میزان عملکرد محصول گندم دیم با توجه به معیارهای اقلیم‌شناسی کشاورزی در استان آذربایجان غربی»، *فصل‌نامه مدرس علوم انسانی*، دوره ٦، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۱، صص ۹٦- ۷۷، ۱۳۸۱.
- فرج‌زاده‌اصل، منوچهر، علیرضا کاشکی و سیاوش شایان، «تحلیل تغییرپذیری عملکرد محصول گندم دیم با رویکرد تغییرات اقلیمی (منطقه مورد مطالعه استان خراسان رضوی)»، *فصل‌نامه مدرس علوم انسانی*، دوره ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۸، صص ۲٥٦- ۲۲۷، ۱۳۸۸.
- فیضی‌اصل، ولی، جعفر جعفرزاده و بهمن عبدالرحمنی و سیدبهمن موسوی و اسماعیل کریمی، «مطالعه اثرات عوامل اقلیمی بر عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری در منطقه مراغه»، *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*، جلد ۸، شماره ۱، فروردین اردیبهشت ۱۳۸۹، صص ۱۱-۱، ۱۳۸۹.
- قائمی، هوشنگ، غلامعلی مظفری، «تحلیل شرایط بارش در سطح نواحی دیم‌خیز (شرق کرمانشاه)»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ٤۲، صص ۱۱۹- ۱۰۳، ۱۳۸۱.
- کمالی، غلامعلی، پگاه ملائی و محمدباقر بهبهار، «تهیه اطلس گندم دیم استان زنجان با استفاده از داده‌های اقلیمی و GIS»، *نشریه آب و خاک*، جلد ۲٤، شماره ٥، آذر و دی ۱۳۸۹، صص ۹۰۷-۸۹٤، ۱۳۸۹.
- کمالی، غلامعلی، علی صدقیانی‌پور و عبداله صداقت‌کردار و احمد عسگری، «بررسی پتانسیل اقلیمی کشت گندم دیم در استان آذربایجان شرقی»، *مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، جلد ۲۲، شماره ۲، سال ۱۳۸۷، صص ٤٦۸-٤۸۳، ۱۳۸۷.
- کوچکی، عوض، مهدی نصیری‌محلاتی، *فیزیولوژی گیاهان زراعی*، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۳۷٦.
- *گزارش ۱۰۰ روزه رئیس جمهورایران دکتر حسن روحانی*، اعلامی از تلویزیون سراسری

ایران.
- معاونت بهبود تولیدات گیاهی گزارش عملکرد مدیریت زراعت در سال زراعی ۸۹- ۱۳۸۸، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان.
- نورمحمدی، قربان، سید عطاءاله سیادت و علی کاشانی، «زراعت، غلات»، جلد اول، ناشر دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۳۸۹.
- Arora, V. K. & P. R. Gajri, "Evaluation of a Crop Growth Water Balance Model for Analyzing Wheat Responses to Climate and Water–limited Environments". *Field Crops Research*, Vol. 59, No. 3, pp. 213-224, 1998.
- Azizi, Q. & D. Yarahmadi, "Study of the Relationship between Climatic Parameters and Yield of Wheat Using a Regression Model (Case Study: Silakhoor Plain)", *Journal of Geographical Research*, No. 44, pp. 23-29, 2003. (in Persian)
- Bazgeer, S., R. K. Mahey, P. K. Sharma, A. Sood, A. M. Noorian & G. H. Kamali, "Wheat Yield Prediction Using Remotely Sensed Agromet Trend-based Models for Hoshiarpur District of Punjab, India", *Jurnal of Applied Sciences*, Vol. 8, No. 3, pp. 510-515, 2008.
- Cheng Jen, E., *Agriculture of Weather*, Translation: Alizadeh, A. & E. Kochaki, Mashhad: Mashhad Publications, 1995. (in Persian)
- Coward, J. & D. East Wood, *Worked Exercises in Human Geography*, *Cambridge University*, 1992.
- Deputy of Plant Production Improvement, *Crop Management in Agronomic Performance Report 2009-2010,* Agricultural Organization of Golestan Province, Ministry of Agriculture, 2010. (in Persian)
- Farajzadehasl, M. & A. Zarin, "Modeling of Wheat Yield According to Criteria of Agricultural Climatology in West Azarbaijan", *Quarterly Journal of Modares Social Sciences*, Vol. 6, No. 2, pp. 77-96, 2002. (in Persian)
- Farajzadehasl, M, A. Kashaki & S. Shayan, "Wheat Yield Variability Analysis Using Climate Change Approach (Case Study: Razavi Khorasan Province)", *Quarterly Journal of Modares Social Sciences*, Vol. 13, No. 3, pp. 227- 256, 2009. (in Persian)

- Feiziasl, V., J. Jafarzadeh, B. Abdorahmani, S. B. Moussavi & I. Karimi, "Effects of Climatic Factors on Sardari Grain Yield in Maragha", *Crop Research Journal*, Vol. 8, No. 1, pp. 1-11, 2010. (in Persian)
- Ghaemi, H. & G. Mozaffari, "Analysis of Rainfall in the Dry Areas (East Kermanshah)", *Geographical Research*, No. 42, pp. 103-119, 2002. (in Persian)
- Imam, Y., *Cereal agriculture*, Shiraz: Shiraz University Press, 2007. (in Persian)
- Kamali, G., P. Mollaei & M. B. Behyar, "Atlas of Zanjan Dry Wheat Using Climate Data and GIS", *Journal of Soil and Water*, Vol. 24, No. 5, pp. 894-907, 2010. (in Persian)
- Kamali, G., A. Sadaghianipoor, A. Sedaghatkerdar & A. Asgari, "An Investigation of the Climatic Potential of Wheat Cultivation in East Azarbaijan Province", *Journal of Soil and Water (Agricultural Science and Technology)*, Vol. 22, No. 2, pp. 468-483, 2008. (in Persian)
- Kemalettin, S., "Example to Applied Agricultural Climatology: Corum Plain and Its Vicinity", *Journal of Kastamonu Education*, pp. 1-23, 2006
- Khodabandeh, N., *Cereals*, Tehran: Tehran University Press, 2010. (in Persian)
- Kimura, K. & S. Tanakamaru, "Influence of Climatic Factors on Crop Situation", *Bulletin of the Research Institute for Bioresources*, *Okayama University*, Vol. 6, No. 1, pp. 13-19.
- Kochaki, E. & M. Nasirimahallati, *Physiology of Plants*, Mashhad: Jahad Daneshgahi Publications, 1997. (in Persian)
- Landau, S., R. A. C. Mitchell, V. Barnett, J. H. Colls, J. Craigon & R. W. Payne, "A Parsimonious, Multiple Regression Model of Wheat Yield Response to Environment", *Agricultural and Forest Meteorology*, No. 101, pp. 151-161, 2000.
- Ludwig, F., P. M. Stephen & A. Senthold, "Impacts of Recent Climate Change on Wheat Production Systems in Western Australia", *Climate Change*, No. 92, pp. 495-517, 2009.
- Meteorological Organization of Iran, Cowanta Company, *A Study of Agricultural Climate of 15 Agricultural Products of Iran*, Iran's Meteorological Publications, 1975. (in Persian)

- Noor Mohammadi, G., S. Siadat & A. Kashani, *Agriculture, Cereals*, Vol. 1, Ahwaz: Shahid Chamran University, 2010. (in Persian)
- Norwood, C., "A Dry Land Winter Wheat as Affected by Previous Crops", *Agronomy Journal*, 2000.
- Rouhani, H., *First 100-Day Report of the President*. (in Persian)
- Sierra, E. M., S. Perez, M. Conde Part, "Climatic Change and Sustainability of Field Crop Production in the Pampas Region in 1941-97", *Evista de la Facultad de Agronomia Universidad de Buenos Aires*, Vol. 18, No. 1-2, pp. 127-132, 1998.
- Varaga Haszonits, Z., R. Schmidt & F. Mikene Negedus, "Climatic Variability and Agronomic Crop", *Novenytermeles*, Vol. 43, No. 6, pp. 485-497, 1994.
- Wang, J. & E. Lin "The Impacts of Potential Climate Change and Climate Variability on Simulated Maize Production in China", *Journal of Water, Soil*, pp.1-42, 1996.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

An Investigation on Thermal and Calendar Requirements of Phenologic Phases of Dry Wheat of Kuhdasht in Gonbad Kavous

J. Khoshal Dastjerdi[1*], A. Gh. Nazari[2], H. A. Fallahi[3], A. A. Ghangharmeh[4]

1. Associate Professor, Faculty of Geographical Sciences and Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran
2. M.Sc. Student, Faculty of Geographical Sciences and Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran
3. Agricultural Research Center and Natural Resources of Golestan Province, Golestan, Iran
4. Assistant Professor, Department of Geography, Golestan University, Golestan, Iran

Received: 26/Dec/2014 Accepted: 27/April/2015

Abstract:

Plants' lives as well as all of their biological activities in various phases depend on environmental conditions, especially weather conditions. It is possible to maximize the efficiency of plants' biological activities and improve the quality and quantity of product yield per unit as much as possible by means of data and techniques of weather forecasting and agro-climatology in agriculture. The goal of the present study is to determine thermal units required for Kuhdasht dry land wheat in its growing season and all phenological phases. Furthermore, the study aims at estimating the longitude of the phases within various years in order to provide an agricultural calendar. Therefore, having collected relevant data, an experimental field was established in the Kuhdasht's Agricultural Studies Center and weather mapping and phenological monitoring were carried out simultaneously in a 4-year period. Afterwards, the data were analyzed by Excel, SPSS and GIS software packages and the results were extracted.

It was found that the length of growing season and the average performance of the product within the studied period were 183 days and 3116.5 Kgs, respectively. The most interesting result of this study was the higher significance of the total sunny hours to the total thermal units or the amount of water accessible to the plant.

Keywords: Agricultural Calendar, Growth Degree-day, Phenological Phases, Gonbad-e Kavous, Kuhdasht Type Wheat.

* Corresponding Author's E-mail: javadkhoshhal@yahoo.com