

بررسی واحدهای گرمایی تجمعی در طول فصل رشد گندم در ایران

شاهرخ فاتح*^۱، علی اکبر رسولی^۲، بهروز ساری صراف^۳، غلامعلی کمالی^۴

۱. رییس مرکز ملی خشکسالی و مدیریت بحران - سازمان هواشناسی کشور

۲. استاد گروه آب و هواشناسی دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز

۳. مدیر گروه اقلیم‌شناسی - دانشگاه تبریز

۴. مدیر گروه هواشناسی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

چکیده:

شناخت و آگاهی از چگونگی تغییر فرآیندهای کشاورزی می‌تواند برنامه‌ریزان بخش کشاورزی را در روند شناخت راهکارهای مناسب برای کاهش خسارات احتمالی این چالش یاری نماید. چگونگی تغییرات فصل رشد محصولات کشاورزی از جمله گندم در کشور یکی از مهمترین مقوله‌های پژوهشی است که باید مورد بررسی قرار گیرد. در این مطالعه، ضمن تعریف فصل رشد، چگونگی تغییرات آن در طول فصل رشد گندم به عنوان یکی از محصولات استراتژیک کشاورزی با روش‌های مختلف از جمله تجزیه و تحلیل داده‌های آب و هوایی و با استناد به اندازه‌گیری‌های فنولوژیک گندم دیم استخراج خواهند شد. در بین عناصر اقلیمی دما از اهمیت خاصی برخوردار است و به این دلیل بررسی تأثیراتی که دما در رشد و نمو موجودات بویژه گیاهان می‌گذارد، ضروری می‌باشد. هدف کلی این مقاله بررسی و پهنه‌بندی واحدهای گرمایی طول فصل رشد گندم بر اساس پایه دمایی صفر درجه سلسیوس در ۲۷ ایستگاه سینوپتیک ایران در طول دوره آماری مشترک ۳۰ ساله با استفاده از شاخص‌های دمایی طی سال‌های ۱۹۸۱-۲۰۱۰ بوده است. به این منظور به منظور محاسبه واحدهای گرمایی ابتدا طول فصل رشد برای آستانه دمایی صفر درجه سلسیوس بدست آمد و پس از محاسبه واحدهای گرمایی نقشه پهنه‌بندی واحدهای گرمایی در GIS تهیه شد. میزان واحدهای گرمایی طول فصل رشد در پایه دمایی صفر درجه سلسیوس از جنوب به شمال و از غرب به شرق کشور می‌یابد.

کلید واژه: طول فصل رشد؛ واحدهای گرمایی طول فصل رشد؛ آستانه‌های دمایی؛ پهنه‌بندی اقلیمی؛ ایران

*E-mail: fateh4582@gmail.com

مقدمه

همکاران (۱۹۸۹) دمای پایه برای محاسبه درجه-روز مورد نیاز برای مراحل رویشی یونجه را مورد بررسی قرار دادند. مقدار درجه روز مورد نیاز برای پایه های دمایی ۳/۵، ۷/۵ و ۱۰ درجه سلسیوس را به ترتیب ۵۸۵، ۴۲۵ و ۴۲۵ حساب کردند هاسل^۴ (۱۹۹۹) اقلیم های زیستی بریتانیا و ایرلند را با استفاده متغیرهای اقلیمی شامل میانگین دمای ماهانه، دمای کمینه ماهانه، میانگین ماهانه ساعات آفتابی، مجموع بارش های ماهی می و ژوئن، دمای بیشینه در گرم ترین ماه سال، درجه روز بالاتر از ۵ درجه طبقه بندی کرده است. پورتر^۵ (۱۹۹۹) تاثیر دما را بر روی رشد و گسترش گندم و رابطه تغییرات اقلیمی و اثرات آن را بر روی گندم بررسی کرد. ایگلسیاس^۶ (۲۰۰۰) برای به دست آوردن مدل رشد گندم در اسپانیا با استفاده از متغیرهای دما (در طی فصل رویش)، بارندگی و داده های میزان تولید محصولات بر اساس تجزیه و تحلیل خوشه های هفت منطقه کشاورزی-اقلیمی تشخیص دادند. استرنال^۷ (۲۰۰۵) با استفاده از داده های دمای ماهانه در ۱۶۸ ایستگاه در یک دوره ۵۰ ساله به کمک GIS به تهیه نقشه شاخص های دمایی برای هلند پرداخت. گوان^۸ (۲۰۰۹) ارتباط میزان رشد و میزان درجه روزهای ماهانه رشد را گونه صنوبر را در تایوان مورد بررسی قرار داد. به نقل از کافی (آب و هوا و عملکرد گیاهان زراعی، ترجمه، ۱۳۷۹) جی پتر قلمرو چک واسلواکی را بر اساس سه پارامتر شاخص درجه حرارت، شاخص رطوبت، شاخص اقلیم زراعی غیرفعال (خواب) تقسیم بندی کرده است. برای مشخص نمودن شرایط درجه حرارت فصل رشد یک منطقه خاص درجه روز برای دوره ای با درجه حرارت متوسط $T \geq 10$ محاسبه شد. خلیلی (۱۳۸۳) در پهنه بندی نیازهای گرمایشی^۹ (HDD) و سرمایشی^{۱۰} (CDD) ایران در روزهای مختلف سال، بر مبنای میانگین ماهانه دما، برای درجه روزهای گرمایشی، هفت گروه اقلیمی و برای درجه روزهای سرمایشی پنج گروه اقلیمی و چهار گروه رطوبتی تشخیص داد. مدنی و

آب و هوا یکی از عوامل اصلی محیطی است که تمامی مظاهر حیات را تحت کنترل خود دارد. تولید محصول نسبت به دیگر عوامل محیطی تا حد زیادی به شرایط آب و هوایی بستگی دارد (مظفری، اصول و مبانی هواشناسی کشاورزی، ترجمه، ۱۳۸۲). هرگونه زراعی برای شروع جوانه زنی و رشد خود به حداقلی از درجه حرارت نیاز دارد که در دمای پایین تر از این نقطه رشد آغاز نشده یا متوقف می شود این درجه حرارت برای هر گونه عدد مشخصی است (کوچکی، ۱۳۷۱). بنابراین کشاورزان باید فعالیت های زراعی خود را با توجه به رژیم های حرارتی منطقه خود انتخاب نمایند و در این رابطه باید تغییرات روزانه، تغییرات فصلی اقلیم منطقه و دیگر مسائل مربوط به دما را مد نظر قرار دهند. در غیر این صورت حتی در صورت وجود آب در منطقه، نباید آن گیاه را برای کشت در طرح های کشاورزی توصیه نمود (موسوی بایگی، ۱۳۸۸). بدین ترتیب اکثر تحولات بیولوژیک مانند رشد گیاهان تابع توان حرارتی محیط یا درجه-روز^۱ می باشند (علیزاده، ۱۳۸۸). با بررسی طول فصل رشد موجود در یک منطقه و واحدهای گرمایی آن همراه با انتخاب گیاهان زراعی مناسب و سازگار با درجه حرارت های منطقه میتوان انواعی از سیستم های زراعی را توسعه داده که در آنها خطرات آسیب دیدگی محصولات به علت تغییرات طبیعی درجه حرارت کاهش می یابد که در این تحقیق به آن رسیدگی می شود.

پیشینه تحقیق

با توجه به اهمیت دما و واحدهای گرمایی طول فصل رشد برای بررسی رقابت و سازگاری گیاهان مطالعات متعددی در این زمینه در دنیا و ایران انجام گرفته است.

بیکر^۲ و همکاران (۱۹۸۴) با استفاده از درجه روز به بررسی دمای پایه مورد نیاز برای پیش بینی آفات سنبله ذرت در طی دوره ۲۵ ساله در اروپا پرداخته است. شارات^۳ و

1. Degree day
3. Sharat
5. Porter
7. Ustrnul
9. Heating Degree-Days

2. Baker
4. Hossel
6. Iglesias
8. Guan
10. Cooling Degree-Days

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از داده‌های روزانه دما (حداقل، حداکثر و میانگین) ۲۷ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کشور در طول دوره آماری مشترک ۳۰ ساله برای محاسبه واحدهای گرمایی طول فصل رشد طی سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۸۱ استفاده به عمل آمد. در جدول ۱- پراکندگی ایستگاه‌ها مورد استفاده در این تحقیق نشان داده شده است. برای محاسبه واحدهای گرمایی، ابتدا طول فصل رشد برای آستانه دمایی صفر درجه سلسیوس با استفاده از کدبندی ژیلوسی (اول مهر با کد یک و ۳۱ شهریور با کد ۳۶۵) استخراج گردید و سپس واحدهای گرمایی طول فصل رشد از روش دمای میانگین روزانه منهای دمای پایه محاسبه گردیده است. سپس در محیط Arc GIS نقشه‌های پهنه‌بندی شده برای هریک از شاخص‌ها ترسیم شد.

تجزیه و تحلیل‌های شروع و خاتمه دوره رشد گندم

یکی از عوامل محدود کننده تولید گندم دیم کاشت بی-موقع آن است. کاشت زود هنگام موجب آغاز رشد زایشی در برخی ارقام گندم می‌شود که موجب افزایش صدمه سرما خواهد شد و همچنین کاشت دیر هنگام باعث می‌شود که گیاه فرصت لازم برای رشد و ذخیره مواد غذایی کافی و در نهایت مقاوم شدن در برابر سرمای زمستان را نداشته باشد ولی کاشت در زمان مناسب سبب افزایش درصد جوانه زنی، تولید پنجه‌های قوی و ایجاد ریشه‌های محکم و قوی در نهایت افزایش عملکرد در واحد سطح می‌شود. برای گندم دیم شرایط مساعد کشت وابسته به دو متغیر دما و بارندگی است. دمای خاک در عمق ۵ سانتی‌متری در زمان کاشت و طی دوران جوانه زنی دارای اهمیت بالایی است. زیرا طی این دوران بذر در داخل خاک قرار داشته و در ارتباط مستقیم با خاک بوده و دمای آن بر رشد بذر و جوانه زدن تاثیر گذار می‌باشد.

همکاران (۱۳۸۵) با تحلیل شاخص‌های دمایی و اهمیت آن در بهینه سازی تولید کلزا پاییزه به بررسی رابطه شاخص‌های دمایی و عملکرد در طول دوره رشد کلزای پاییزه پرداخته‌اند. هلالی (۱۳۸۷) برای کمی سازی اثر دما بر رشد و نمو گیاهان از شاخص‌های درجه روز رشد و درجه ساعات رشد استفاده کرده است. خوشحال دستجردی (۱۳۸۸) به مطالعه نیازهای حرارتی مراحل نمو آفتابگردان بر اساس تعداد درجه روز رشد‌های تجمعی و ارتباط این مراحل با رشد رویشی و عملکرد دانه پرداخته است. ضیائیان فیروزآبادی (۱۳۸۹) از عناصر اقلیمی نظیر دما، بارش، درجه روز و پارامترهای محیطی به عنوان فاکتورهای موثر در پهنه بندی اراضی مستعد مرکبات استان لرستان استفاده کرد. ساری صراف و همکاران (۱۳۸۸) به منظور پهنه‌بندی پتانسیل‌های اقلیمی کشت گندم دیم در استان آذربایجان غربی از پارامترهای اقلیمی مثل احتمال وقوع دماهای مناسب (۸-۴ درجه سلسیوس) در مرحله جوانه زنی گندم دیم، احتمال وقوع دماهای حداکثر روزانه ۲۵ درجه سلسیوس، احتمال وقوع دماهای حداکثر روزانه ۳۰ درجه سلسیوس و بیشتر در مرحله پر شدن دانه و از درجه روزهای رشد گندم استفاده کرده‌اند. مظفری (۱۳۹۰) با بکارگیری شاخص‌های دمایی شامل دماهای میانگین، حداقل، حداکثر و میزان واحدهای گرمایی روزانه در پنج مقطع زمانی و ارتباط آن با میزان گسترش آفت سن گندم در شهرستان بیجار پرداخته است.

در تحقیق حاضر، ضمن بهره‌گیری از تجربیات، روش‌ها و مدل‌های مورد استفاده در تحقیقات خارجی و داخلی، با استفاده از داده‌های دما به پهنه بندی واحدهای گرمایی طول فصل رشد در سطح کشور پرداخته می‌شود که در تحقیقات گذشته کمتر به آن پرداخته شده است.

جدول ۱- مشخصات ایستگاههای هواشناسی منتخب در سطح ایران

ردیف	نام ایستگاه	نام استان	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول دوره آماری
۱	اردبیل	اردبیل	48.3	38.2	1335.2	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۲	پارس آباد	اردبیل	47.8	39.6	72.6	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۳	کرج	البرز	51.0	35.8	1292.9	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۴	ایلام	ایلام	46.4	33.6	1337	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۵	تبریز	آذربایجان شرقی	46.2	38.1	1361	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۶	ارومیه	آذربایجان غربی	45.1	37.7	1328	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۷	بوشهر (فرودگاه)	بوشهر	50.8	29.0	9	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۸	شهرکرد	چهارمحال و بختیاری	50.8	32.3	2048.9	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۹	مشهد	خراسان رضوی	59.6	36.2	999.2	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۱۰	بجنورد	خراسان شمالی	57.3	37.5	1112	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۱۱	صفی آباد (دزفول)	خوزستان	48.4	32.3	82.9	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۱۲	زنجان	زنجان	48.5	36.7	1659.4	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۱۳	زرقان	فارس	52.7	29.8	1596	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۱۴	شیراز	فارس	52.6	29.6	1488	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۱۵	فسا	فارس	53.7	28.9	1268	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۱۶	قزوین	قزوین	50.1	36.3	1279.1	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۱۷	بیجار	کردستان	47.6	35.9	1883.4	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۱۸	سنندج	کردستان	47.0	35.3	1373.4	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۱۹	قروه	کردستان	47.8	35.2	1906	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۲۰	سرآرود (کرمانشاه)	کرمانشاه	47.3	34.3	1361.7	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۲۱	کرمانشاه	کرمانشاه	47.2	34.4	1318.5	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۲۲	یاسوج	کهگیلویه و بویراحمد	51.6	30.7	1816.3	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۲۳	گرگان	گلستان	54.4	36.9	0	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۲۴	خرم آباد	لرستان	48.3	33.4	1147.8	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۲۵	قراخیل	مازندران	52.8	36.5	14.7	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۲۶	اراک	مرکزی	49.8	34.1	1702.8	۱۹۸۱-۲۰۱۰
۲۷	همدان	همدان	48.5	34.9	1740.8	۱۹۸۱-۲۰۱۰

($T_{min} < 0$) به عنوان خاتمه طول دوره رشد در نظر گرفته شده است.

واحدهای گرمایی طول فصل رشد یا درجه-روز (GDD)^۲

سرعت رشد گیاهان زراعی از زمان کاشت تا زمان رسیدگی، شدیداً وابسته به دمای محیطی است که این گیاهان با آن مواجه می‌شوند. در رابطه با اثر دما در رشد و نمو موجودات، دو پارامتر عمده قابل طرح می‌باشد. یکی آستانه پایینی برای نمو یک گونه که بنا به تعریف دمایی است که رشد و نمو موجود در دماهای پایین تر از آن کند یا متوقف می‌شود و در پایین تر از آن دما، رشد و نمو کمتری نشان می‌دهند. دیگری آستانه بالایی برای نمو یک گونه که تعریف چندان دقیقی برای آن ارائه نشده است، اما غالباً به عنوان دمایی در نظر گرفته می‌شود که سرعت رشد و نمو موجود در آن دما، شروع به کاهش می‌یابد. مقدار گرمایی مورد نیاز یک موجود معین برای تکمیل مراحل نمو خود، مقدار ثابتی است و تغییر نمی‌کند به عبارت دیگر مجموع زمان و دمای تجمع یافته بین آستانه‌های دمایی رشد در یک روز معین را واحد گرمایی^۳ یا درجه روز نامیده می‌شود (میرمحمدی میبدی، ۱۳۸۳: ۱۲۰-۱۱۶).

برای محاسبه واحدهای گرمایی از روش درجه-روز یا GDD استفاده می‌شود درجه روز یعنی مجموع میانگین درجه حرارت‌های بالاتر از صفر بیولوژیکی یا درجه حرارت پایه که فرمول محاسبه آن به شرح زیر می‌باشد:

$$GDD = \left[\sum_1^n \left[\frac{TM + Tm}{2} \right] - Tb \right] \quad \text{رابطه (۱)}$$

TM درجه حرارت حداکثر روز، Tm درجه حرارت حداقل روز، Tb درجه حرارت پایه و n تعداد روزها در یک مدت معین (مظاهری و همکاران، ۱۳۸۰)

می‌دانیم که رشد هر گیاه از آستانه دمایی معینی آغاز می‌شود چنانچه درجه روز صفر یا منفی باشد آن روز در رشد

جهت حصول این امر مراحل به شرح زیر دنبال می‌گردد: در ایستگاههای انتخابی تاریخ شروع اولین بارندگی با توجه به داده‌های روزانه بارندگی و در تمام طول دوره آماری منتخب در هر سال زراعی استخراج و با روش^۱ ژولیوسی کدبندی شد. سپس اعداد بدست آمده با استفاده از نرم افزار smada بر اساس توزیع‌های آماری گوناگون پردازش داده شده و با استفاده از بهترین تابع توزیع احتمالاتی (توزیعی که دارای کمترین مربع خطا باشد)، احتمال 80٪ تاریخ شروع بارندگی هر ایستگاه محاسبه شد، پس از محاسبه این تاریخ‌ها، اعداد ژولیوسی آنها به محیط نرم‌افزار GIS منتقل و نقشه رقمی و پهنه بندی شد.

در این راستا در ایستگاههای مورد مطالعه، در هر سال آماری تاریخی که دمای هوا به زیر ۰ و ۵ درجه سلسیوس (صفر بیولوژیکی گندم ۴-۰ درجه سلسیوس) نزول نموده است تعیین و با استفاده از نرم‌افزار smada بر اساس توزیع‌های آماری گوناگون پردازش داده شده و با استفاده از بهترین تابع توزیع احتمالاتی (توزیعی که دارای کمترین مربع خطا باشد)، احتمال 8۰٪ تاریخ نزول دمای هوا هر ایستگاه محاسبه شد.

بحث و نتایج

طول فصل رشد

تعیین فصل رشد در هر منطقه در انتخاب محصول و رقم و تعیین زمان کاشت و سایر تصمیم‌گیری‌های زراعی نقش موثری دارند.

در این تحقیق، به دلیل تنوع شرایط اقلیمی مناطق مورد مطالعه به منظور استفاده از آمار طول فصل رشد در کاشت گیاه گندم با آستانه‌های صفر درجه سلسیوس، شروع دوره رشد، اولین دوره ۶ روزه با دمای حداقل روزانه، مساوی یا بزرگتر از صفر ($T_{min} \geq 0$) به عنوان آغاز دوره و آخرین دوره ۶ روزه با دمای حداقل کمتر از صفر درجه سلسیوس

۱. Julian day: در کدبندی ژولیوسی اول مهر کد ۳۱ و شهریور کد ۳۶۵ در نظر گرفته می‌شود به عنوان مثال ۵ آبان کد ۳۵ و ...

2. Heat unit

3. Growing Degree Days

واحدهای گرمایی در طول فصل رشد در ایستگاه‌های مورد مطالعه بین ۲۸۲۵ تا ۴۵۹۲ درجه روز متغیر است. کمترین آن به ایستگاه شهرکرد و بیشترین آن به ایستگاه قراخیل تعلق دارد. از نظر میزان تغییرات بیشترین مقدار ضریب تغییرات در ایستگاه شهرکرد با ۱۲/۲۴٪ و کمترین آن در ایستگاه گرگان ۳/۷۶٪ حادث شده است. در ایستگاه‌های مناطق گرم و معتدل شرق و شمال کشور میزان واحدهای گرمایی در مقایسه با ایستگاه‌های سردسیر غرب و شمال غربی بیشتر است.

پهنه‌بندی مجموع درجه روزهای رشد سالیانه بالا تر از صفر درجه

تولید اقتصادی گیاهان زراعی به تامین درجه حرارت مورد نیاز گیاه بستگی دارد و درجه حرارت مطلوب برای رشد و نمو هرگونه زراعی تابع منطقه جغرافیایی تکامل گونه یا اقلیمی است که گیاه از آن منشأ گرفته است. به منظور تعیین گروه‌های همگن میزان واحدهای گرمایی طول فصل رشد برای پایه‌های حرارتی صفر درجه سلسیوس به طبقه‌بندی گروه‌ها پرداخته شد.

نتیجه گیری

نتایج بررسی طول فصل رشد گندم در ایران بر اساس آستانه‌های صفر درجه سلسیوس نشان می‌دهد که آغاز این فصل در نواحی جنوبی کشور زودتر بوده و به طرف نواحی غربی و شمال غربی فصل رشد دیرتر آغاز می‌شود. نواحی شمالی نیز به دلیل داشتن رطوبت و دمای بیشتر نسبت به نواحی غربی شروع فصل رشد زودتر است. در این تحقیق مناطقی از کشور که از نظر میزان واحدهای گرمایی بر پایه صفر درجه سلسیوس از شرایط تقریباً یکسانی برخوردارند در یک گروه قرار داده شدند. بر طبق نقشه‌های پهنه بندی میزان واحدهای گرمایی طول فصل رشد در پایه دمایی صفر درجه سلسیوس از جنوب به شمال و از غرب به شرق کشور افزایش می‌یابد و در پایه دمایی ۱۰ درجه سلسیوس از جنوب به شمال کشور کاهش و میزان آن از غرب به شرق کشور در این پایه دمایی افزایش می‌یابد. با توجه به

تأثیری نخواهد داشت. هر گیاه برای اینکه بتواند در یک منطقه رشد کند نیاز به تعداد درجه روز مشخصی دارد که شرایط محیطی آن منطقه باید قادر به تامین آن در طول دوره رشد گیاه باشد. تمام گیاهان نسبت به دماهای بالا و پایین دارای محدوده مقاومتی خاص می‌باشند، بنابراین دامنه تغییرات درجه حرارت در هر منطقه می‌تواند به عنوان شاخصی برای کاشت گونه‌های زراعی مناسب در آن منطقه مطرح باشد. بنابراین کشاورزان باید فعالیت های زراعی خود را با توجه به رژیم‌های حرارتی منطقه خود انتخاب کنند و در این رابطه باید تغییرات روزانه، تغییرات فصلی، اقلیم منطقه و دیگر مسائل مربوط به دما را مد نظر قرار دهند (موسوی بایگی، ۱۳۸۸).

در این تحقیق، به منظور محاسبه واحدهای گرمایی از دماهای ۵ و صفر درجه سلسیوس به عنوان آستانه های پایینی و از دماهای ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس به عنوان آستانه های بالایی استفاده شده است و میزان واحدهای گرمایی از روش اختلاف دمای میانگین روزانه از دمای پایه محاسبه گردیده است.

محاسبه واحدهای گرمایی طول فصل رشد بر مبنای پایه صفر درجه سلسیوس

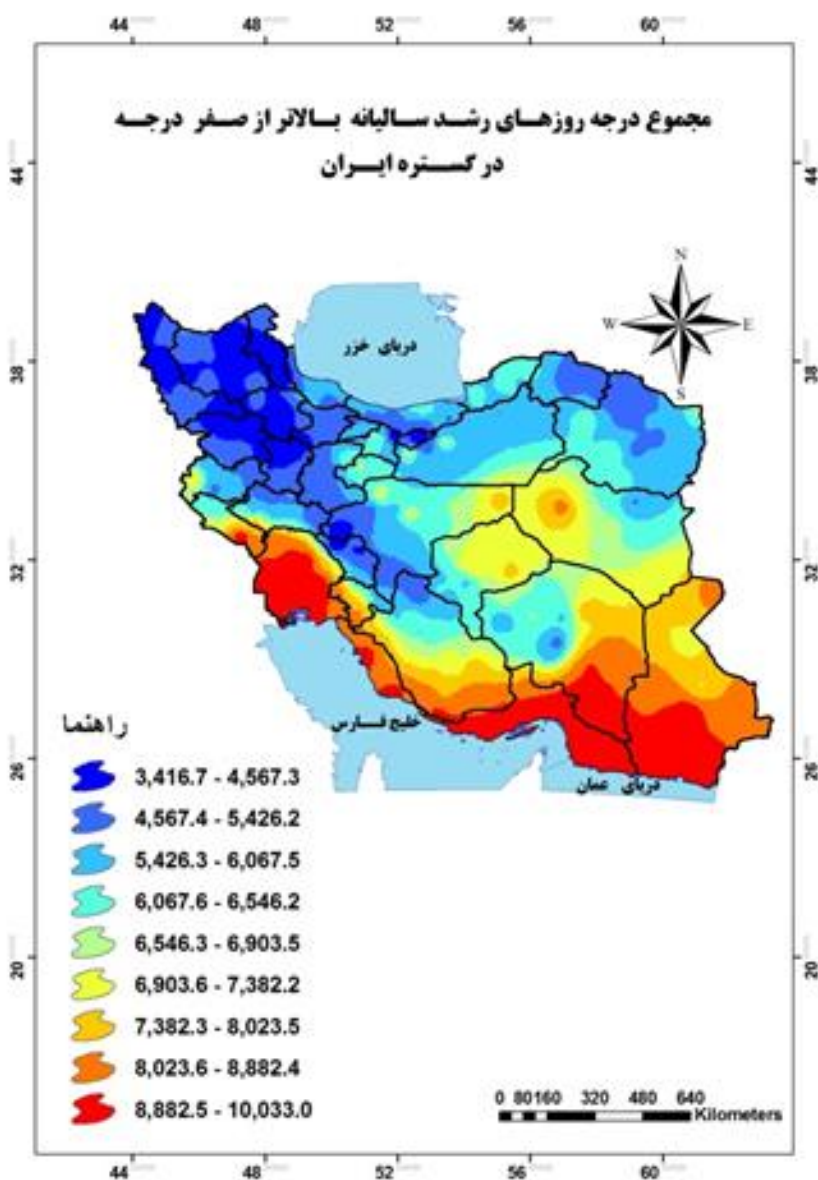
برای محاسبه واحدهای گرمایی پایه صفر درجه سلسیوس، ابتدا تاریخ آغاز و خاتمه دمای صفر درجه سلسیوس و طول فصل رشد استخراج گردید و سپس با توجه به طول دوره فصل رشد میزان واحدهای گرمایی در طی آن برای هر کدام از ایستگاه‌ها محاسبه شد. میانگین طول فصل رشد برای دمای صفر درجه سلسیوس در سطح ایستگاه‌های مورد مطالعه بین ۲۰۴ روز در ایستگاه‌های بوشهر و دزفول تا ۲۸۲ روز در ایستگاه های اردبیل، زنجان و قروه متغیر است. شکل ۱ چگونگی تغییرات درجه روزهای تجمعی طی دوره رشد را در مناطق مختلف کشور نشان می‌دهد. بر این اساس مجموع درجه روزهای رشد از جنوب به سمت غرب کشور کاهش یافته است. در نواحی شمالی بدلیل داشتن رطوبت و دمای بیشتر طول فصل رشد طولانی تر نواحی غربی می باشد. به استناد جدول ۲ میانگین

نتایج بدست آمده می‌توان پیشنهاد کرد که در مناطقی که طول فصل رشد کاهش می‌یابد، با توجه به اینکه کشاورزان با کاهش عملکرد محصول و همچنین محصولاتی که به خوبی نرسیده‌اند مواجه هستند، در این صورت کشاورزان بهتر است از کشت محصولات با دوره رشد کمتر یا گیاهان زودرس استفاده کنند تا انرژی حرارتی مورد نیاز گیاه در طول فصل رشد تامین شود.

جدول ۲- ویژگی‌های آماری طول فصل رشد و واحدهای گرمایی در دمای صفر درجه سلسیوس

طی سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۸۰ در ایستگاه‌های منتخب کشور

ردیف	ایستگاه	طول فصل رشد	میزان واحدهای گرمایی (درجه روز)	احتمال ۸۰٪ واحدهای گرمایی	احتمال ۲۰٪ واحدهای گرمایی	ضریب تغییرات %	مجموع سالانه درجه روز
۱	اراک	۲۶۶	۳۳۲۹	۳۴۷۲	۳۱۸۶	۵/۳۲	۳۵۹۷
۲	اردبیل	۲۸۲	۲۸۷۵	۳۱۲۲	۲۶۲۸	۱۰/۲۱	۳۱۷۸
۳	ارومیه	۲۷۳	۲۶۷۵	۲۸۶۴	۲۴۸۶	۸/۳۹	۲۹۰۶
۴	ایلام	۲۵۱	۳۵۰۶	۳۶۹۸	۳۳۱۴	۶/۵	۳۸۵۳
۵	بجنورد	۲۶۱	۳۴۹۳	۳۷۲۹	۳۲۵۶	۸	۴۰۲۴
۶	بوشهر	۲۰۴	۳۷۹۹	۴۰۳۶	۳۵۶۲	۷/۴	۳۸۰۰
۷	بیجار	۲۷۳	۲۹۶۷	۳۱۷۸	۲۷۵۶	۸/۵	۳۳۸۵
۸	پارس آباد	۲۵۱	۴۱۰۴	۴۱۳۲	۳۸۷۶	۶/۶	۴۱۹۷
۹	تبریز	۲۷۳	۳۱۶۰	۳۲۹۵	۳۰۲۵	۵/۱	۳۳۳۰
۱۰	خرم آباد	۲۵۱	۳۳۵۴	۳۵۴۴	۳۱۶۴	۶/۷	۳۸۰۷
۱۱	دزفول	۲۰۴	۲۹۸۰	۳۲۱۳	۲۷۴۶	۹/۳۳	۳۱۰۵
۱۲	زرقان	۲۶۶	۳۸۰۸	۴۰۸۴	۳۵۳۲	۸/۶	۴۲۲۶
۱۳	زنجان	۲۸۲	۳۳۴۴	۳۵۲۴	۳۱۶۴	۶/۴	۳۶۱۵
۱۴	سرارود	۲۷۳	۳۱۷۶	۳۴۱۳	۲۹۳۹	۸/۸۸	۳۶۵۵
۱۵	سنندج	۲۷۳	۲۹۶۷	۳۱۷۸	۲۷۵۶	۸/۵	۳۳۸۵
۱۶	شهرکرد	۲۶۱	۲۲۴۵	۲۴۷۶	۲۰۱۴	۱۲/۲۴	۲۸۲۵
۱۷	شیراز	۲۵۱	۳۸۰۸	۴۰۸۴	۳۵۳۲	۸/۶	۴۲۲۶
۱۸	فسا	۲۵۱	۲۹۵۸	۳۱۶۳	۲۷۵۳	۸/۲۶	۳۰۰۰
۱۹	قراخیل	۲۵۱	۴۴۳۲	۴۶۰۷	۴۲۵۷	۴/۷	۴۵۹۲
۲۰	قروه	۲۸۲	۲۹۶۷	۳۱۷۸	۲۷۵۶	۸/۵	۳۳۸۵
۲۱	قزوین	۲۶۶	۳۳۴۴	۳۵۲۴	۳۱۶۴	۶/۴	۳۶۱۵
۲۲	کرج	۲۵۶	۳۳۹۳	۳۵۹۸	۳۱۸۸	۷/۱۹	۳۵۷۱
۲۳	کرمانشاه	۲۷۳	۳۱۷۶	۳۴۱۳	۲۹۳۹	۸/۸۸	۳۶۵۵
۲۴	گرگان	۲۴۶	۴۲۱۸	۴۳۵۱	۴۰۸۵	۳/۷۶	۴۴۸۶
۲۵	مشهد	۲۶۶	۳۵۶۲	۳۷۷۱	۳۳۵۳	۶/۹۶	۳۸۸۵
۲۶	همدان	۲۷۳	۲۵۵۰	۲۸۰۱	۲۲۹۸	۱۱/۷۲	۲۹۹۰
۲۷	یاسوج	۲۶۱	۳۴۹۸	۳۶۶۰	۳۳۳۶	۵/۵	۳۸۳۲



شکل ۱- مجموع درجه روزهای رشد سالیانه بالاتر از صفر درجه سلسیوس

منابع

۱. خلیلی، ع.، ۱۳۸۳، تدوین یک سامانه جدید پهنه بندی اقلیمی از دیدگاه نیازهای گرمایش و سرمایش محیط و اعمال آن بر گستره ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۵، صص ۱۴-۵.
۲. خوشحال دستجردی، ج.، ط.، یساری و ح.، نوری، ۱۳۸۸، بررسی نیازهای حرارتی مختلف نمو آفتابگردان در کیوتر آباد اصفهان، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۰، شماره ۴، صص ۱۶-۱۸.
۳. ساری صراف، ب.، س.، بازگیر و غ.، محمدی، ۱۳۸۸، پهنه بندی پتانسیل های اقلیمی کشت گندم دیم در استان آذربایجان غربی، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۳، صص ۲۶-۵.
۴. ضیائیان فیروز آبادی، پ.، ش.، خالدی، س.، خندان، و. ا.، علیزاده، ۱۳۸۹، پهنه بندی آگروکلیمایی مرکبات

14. Anon, 1978, Reports of the agro-ecological zones project. World Soil Resources Reports, No. 48, FAO.
15. Baker, D.G., B.S. Sharratt, H.C. Chiang, J.A. Zandlo and, D.L. Ruschy, 1984, Base temperature selection for the prediction of European Corn Borer In star by the growing degree day method. Agriculture and Forest Meteorology, No 32, pp 55-60.
16. Frich, P., L.V. Alexander, P. Della-Marta, B. Gleason, M. Haylock, A.M. Klein Tank and G. Peterson, 2002, Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. Climate Research, Vol. 19, pp 193-212.
17. Guan, B.T., C.H. Chung, S.T. Lin, and C. Shen, 2009, Quantifying height growth and monthly growing degree days relationship of plantation Taiwan spruce. Forest Ecology and Management, No 257, pp 2270-2276.
18. Hossel, J.E., A.E. Riding, T.P. Dawson and P.T. Hrrison, 1999, Bioclimatic classification for Britain and Ireland. Journal for nature conservation, vol. 11, No. 8, pp. 5-13.
19. Iglesias, A., C. Rosenzweig and D. Pereira, 2000, Agricultural impacts of climate change in Spain: Developing tools for a spatial analysis, Global Environmental Change, No 10, pp 69-80.
20. Porter, J.R. and M. Gawith, 1999, Temperature and the growth and development of wheat. European Journal of Agronomy, No 10, pp 23-36.
21. Sharratt, B.S., C.C. Sheaffer and D.G. Baker, 1989, Base temperature for the application of the Growing-degree-day Model to field-grown Alfalfa. Field Crop research, No 21, pp 92-102.
22. W.M.O, 2004, Satellite Remote Sensing and GIS Application in Agricultural meteorology. W.M.O/ TD, NO 1182, AGM - 8, PP 213-219.
23. Ustrnul, Z. and D. Czekierda, 2005, Application of GIS for the development of Climatological air temperature maps: an example from Poland. Meteorology. Appl. No 12, pp 43-50.
- در استان لرستان با استفاده از مدل همپوشانی شاخص و منطق فازی و مقایسه مدل ها، فصلنامه جغرافیای آمایش، شماره ۸، صص ۳۴-۱.
۵. کافی، م.، ۱۳۷۹، آب و هوا و عملکرد گیاهان زراعی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۶. مظفری، غ.، ۱۳۸۲، اصول و مبانی هواشناسی کشاورزی، ترجمه، چاپ اول، انتشارات نیک پندار، ۵۱۸ صفحه.
۷. مدنی، ح.، ق.، نورمحمدی، ا.، مجیدی، و م.، دهقان شعار، ۱۳۸۵، تحلیل شاخص های دمایی و اهمیت آن در بهینه سازی تولید کلزا پاییزه، مجله علمی-پژوهشی علوم کشاورزی، سال دوازدهم، شماره ۴، صص ۸۷۶-۸۶۷.
۸. مظاهری، د.، ن.، مجنون حسینی، ۱۳۸۰، مبانی زراعت عمومی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، ۴۰۸ صفحه.
۹. مظفری، غ.، م.ص.، عزیزیان، بررسی طغیان آفت سن گندم بر مبنای ویژگی های دما در استان کردستان، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۶، صص ۱۳۵-۱۲۱.
۱۰. موسوی بایگی، م.، ب.، اشرف، ۱۳۸۸، هوا و اقلیم‌شناسی در کشاورزی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، صص ۱۱۷.
۱۱. میرمبیدی، ع.، س.، ترکش اصفهانی، ۱۳۸۳، مدیریت تنش های سرما و یخ زدگی گیاهان زراعی و باغی، انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی اصفهان، ۳۱۲ صفحه.
۱۲. نصیری محلاتی، م.، ع.، کوچکی، غ.، کمالی و ح.، مرعشی، بررسی اثرات تغییر اقلیم بر شاخص‌های اقلیمی کشاورزی ایران، علوم و صنایع کشاورزی، شماره ۷، صص ۸۲-۷۱.
۱۳. هلالی، ج.، ۱۳۸۷، بررسی روابط مقادیر درجه روز رشد (GDD) و درجه ساعات رشد (GDH) محصول گندم در دو نمونه اقلیمی ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه تهران.