فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۳، شماره پیاپی ۱۱۳

سیّد ابوالفضل مسعودیان، استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان
محمد دارند، استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه کردستان

S. A.Masoodian
M. Darand

E-mail:porcista@geo.ui.ac.ir

شماره مقاله: ۹۵۲ **صص: ۵۰-۳۹**
وصول: ۹۱/۱۲/۱۵ **پذیرش: ۹۲/۹/۲۵**

شناسایی و تحلیل تغییرات شاخص‌های اقلیمِ کشاورزی در ایران

چکیده

در این پژوهش به کمک داده‌های روزانه دمای کمینه، بیشینه و میانگین درون‌یابی شده پایگاه داده اَسفَزاری[۱]، تغییرات شش شاخص اقلیمِ کشاورزی در ایران طی دوره ۱۹۶۲-۲۰۰۴ بررسی شد. در ابتدا برای هر کدام از یاخته‌ها، میزان شاخص برآورد شد و سپس به کمک روش ناپارامتری من- کندال و روش پارامتری رگرسیون خطی، معنی‌داری روند و نرخ آن محاسبه شد. به‌طور کلی، نتایج این پژوهش بیانگر روند افزایشی این شاخص‌ها بر روی مناطق پست و کم‌ارتفاع ایران است، درحالی‌که بر روی بلندی‌ها و ارتفاعات به‌صورت پراکنده روند شاخص‌ها منفی است. شروع دوره رشد(SGS[۲]) زودتر آغاز می‌شود و پایان دوره رشد(EGS[۳]) همراه با تأخیر است. همین امر به افزایش طول دوره رشد(GSL[۴]) در ایران منجر شده است. شروع زودرس دوره رشد سهم بیشتری در افزایش طول دوره رشد دارد.

واژه‌های کلیدی: اقلیم کشاورزی، طول فصل رشد، روند، ایران

پیشگفتار

با وجود تمامی پیشرفت‌های علمی و فن‌آوری در زمینه افزایش عملکرد و تولید محصولات زراعی، کشاورزی به شدت به آب و هوا و اقلیم وابسته است(نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۸۵: ۷۱). تردیدی نیست که در وضعیت تغییر اقلیم، شاخص‌های اقلیمی کشاورزی نیز دستخوش تغییر شده و با ارزیابی تغییر این شاخص‌ها، امکان بررسی واکنش گیاهان زراعی به شرایط اقلیمی آینده میسر خواهد شد(نصیری محلاتی و کوچکی، ۲۹۲:۱۳۸۴). طبق یافته‌های هیأت بین دول تغییر اقلیم، تأثیر تغییر اقلیم در همه نقاط به یک اندازه نیست. تأثیر تغییر اقلیم بر کشاورزی در عرض‌های جغرافیایی پایین و در کشورهای کم‌درآمد بیشتر است(IPCC, 1996, 1998, 2001). در سال‌های اخیر نقش اقلیم و تغییرات آن بر کشاورزی نظر بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده است. شِن و همکاران تغییرات مکانی- زمانی

۱- این پایگاه داده توسط سید ابوالفضل مسعودیان در دانشگاه اصفهان تهیه شده است.

۲ - Start Growing Season
۳ - End Growing Season
٤ - Growing Season Length

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

شاخص‌های اقلیم کشاورزی آلبرتای کانادا را طی بازه زمانی ۱۹۰۱ تا ۲۰۰۲ بررسی کردند. از بررسی شاخص‌های اقلیم کشاورزی طی دوره مورد مطالعه به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های تغییر اقلیم کشاورزی طی دوره مورد مطالعه روند افزایشی از خود نشان می‌دهند و در مجموع تغییر اقلیم به سود کشاورزی آلبرتا بوده است(شِن و همکاران[۵]، ۲۰۰۵). به نظر می‌رسد که علت اصلی آن، افزایش میزان بارش در طول فصل رشد باشد. در پژوهش‌هایی که در نقاط مختلف جهان بر روی نقش اقلیم و تغییرات آن طی دهه‌های اخیر برکشاورزی انجام شده است، بیشتر بر روی طول فصل رشد وتغییرات زمانی- مکانی آن تأکید شده است. دوره‌ای را که طی آن رشد گیاه اتفاق می‌افتد، دوره رشد یا رویش گویند. برای محاسبه آن روش‌های زیادی توسط پژوهشگران مختلف ارائه شده است. تغییرات طول فصل رشد، سودمندترین نمایه اقلیمی است که کاربردهای اقلیمی بسیار زیادی دارد(رابیسون[۶]، ۲۰۰۲). کاهش طول فصل رشد برای نمونه منجر به تغییر تقویم کشت وکاهش بازدهی محصولاتی می‌شود که هنوز کاملاً به حد بلوغ و رشد نهایی خود نرسیده‌اند، درحالی‌که افزایش طول فصل رشد، ممکن است فرصت‌های بیشتری برای شروع کشت زودتر، تضمین رشد نهایی و بلوغ و حتی امکان برداشت بیشتر(در صورت در دسترس بودن آب) را فراهم آورد. همچنین، این نمایه یکی از شاخص-های مهم برای شناسایی تغییر اقلیم است(چن و همکاران[۷]، ۲۰۰۰) که در بیشتر مطالعات تغییر اقلیم به آن اشاره می‌شود. در یک دسته بندی کلی می‌توان گفت که بیشتر پژوهشگران در قرن بیستم از سه تکنیک(فنولوژی گیاه، شاخص ماهواره‌ای پوشش گیاهی(NDVI) و داده‌های اقلیمی(بویژه دما) برای شناسایی طول فصل رشد استفاده کرده‌اند. لیندرهولم[۸](۲۰۰۶) در مطالعه بسیار با ارزش خود مزیت‌ها و معایب هر کدام از روش‌ها را به‌طور کامل بیان کرده است. وی در نتایج خود بیان می‌کند که تغییرات طول فصل رشد در همه جا یکسان نیست. با اینکه طول فصل رشد در عرض-های جغرافیایی میانه و پایین افزایش یافته است، ولی به نظر می‌رسد که در برخی مکان‌ها (عرض‌های جغرافیایی بالا و بر روی بلندی‌ها) طول فصل رشد کاهش یافته است. در مطالعاتی که به کمک داده‌های اقلیمی؛ بویژه دما طول فصل شناسایی شده است، نیز روش‌ها و برآورد آن در کشورهای مختلف متفاوت است. برای نمونه، رابینسون(۲۰۰۲) و اسکاگس و بیکر[۹](۱۹۸۵) در امریکا دوره بین آخرین یخبندان بهاره و اولین یخبندان پاییزه را طول فصل رشد نامگذاری کرد. برخی دیگر از پژوهشگران از آستانه‌های دمایی در شروع و پایان دوره رشد برای تعریف آن بهره برده‌اند. برای نمونه، فریچ و همکاران[۱۰](۲۰۰۲) برای کل کره زمین دوره‌ای را که دمای روزانه در بیش از ۵ روز متوالی بزرگتر از ۵ درجه سانتی‌گراد باشد تا زمانی که دمای روزانه در بیش از ۵ روز متوالی کوچکتر از ۵ درجه سانتی‌گراد باشد، طول فصل رشد نامگذاری می‌کنند. بوتسما[۱۱](۱۹۹۴) برای کانادا فاصله دوره‌ای را که میانگین دما ۵ روز متوالی بالای ۵/۵ درجه سانتی‌گراد و زیر ۵/۵ درجه سانتی گراد باشد، طول فصل رشد تعریف کرده است. جونز و بریفا[۱۲](۱۹۹۵) شروع دوره رشد را در روسیه تاریخ اولین روزی که چهار روز متوالی دما بالای آستانه ۵ درجه سانتی‌گراد باشد و پایان آن را

۵ -Shen et al
۶ -Robenson
۷ -Chen et al
۸ -Linderholm
۹ -Skaggs and Baker
۱۰ -Frich et al
۱۱ -Bootsma
۱۲ -Jones and Briffa

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

تاریخ اولین روزی که آخرین چهار روزی متوالی که دما بالای ۴ درجه سانتی‌گراد باشد، تعریف کرده است. بعدها جونز و همکاران[۱۳](۲۰۰۲) تعریف دیگری از آن ارائه دادند. ایشان شروع و پایان طول فصل رشد را اولین و آخرین ۵ روز متوالی که دمای هوا بالاتر از ۵/۵ درجه‌سانتی‌گراد است و در قبل و بعد از آخرین و اولین یخبندان فصل زمستان اتفاق می‌افتد، تعریف کردند. کارتر[۱۴](۱۹۹۸) شروع طول فصل رشد را دمای بالای ۵ درجه سانتی‌گراد برای دست کم ۵ روز متوالی و پایان آن را به کمک میانگین متحرک ۱۰ روزه دما که کمتر از ۵ درجه سانتی‌گراد باشد، تعریف کردند. تاو و همکاران در چین نشان دادند که طی دو دهه اخیر(۱۹۸۱-۲۰۰۰) تغییرات دما فنولوژی محصولات را تغییر داده و بر بازدهی آنها تأثیر داشته است(تاُو و همکاران[۱۵]، ۲۰۰۶: ۸۲). یافته‌های لیو و همکاران نیز به نوعی یافته‌های تاو و همکاران را تأیید کرده است. ایشان نشان دادند که طی دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۳ در بخش‌های شرقی و مرکزی فلات تبت طول فصل رشد حدود ۱۷ روز افزایش یافته است(لیو و همکاران[۱۶]، ۲۰۰۶). در پژوهشی دیگر، لیو و همکاران تغییرات مکانی- زمانی دوره رشد اقلیمی چین را طی دوره ۱۹۵۵- ۲۰۰۰ بررسی کردند. نتایج آنها بیانگر افزایش معنادار زمان، طول و شدت طول دوره رشد طی دوره مورد مطالعه است. به‌طور کلی، در کشور چین میانگین شروع فصل رشد ۴/۶ تا ۵/۵ روز زودتر اتفاق می‌افتد و پایان آن ۱/۸ تا ۳/۷ روز دیرتر به پایان می‌رسد و با توجه به آستانه تعیین شده این به افزایش طول دوره رشد ۶/۹ تا ۸/۷ روز منجر شده است. شدت درجه روز رشد نیز ۷۴/۹ تا ۱۹۶/۸ درجه روز افزایش یافته است(لیو و همکاران، ۲۰۰۹). یو و همکاران نیز اثر دما در دوره رشد را بر بازدهی محصول گندم در چین بررسی کردند و نشان دادند که یک درجه افزایش دما در طول دوره رشد به کاهش حدود ۳- ۱۰ درصد بازدهی گندم منجر خواهد شد(یو و همکاران[۱۷]، ۲۰۰۹: ۱۰۰۹). رابیسون طول فصل رشد شهر الینویس امریکا را طی قرن بیستم مطالعه کرد. وی نشان داد که طی قرن بیستم حدود یک هفته طول دوره رشد افزایش یافته است(رابیسون، ۲۰۰۲: ۲۱۹). هوگدا و همکاران تأثیر تغییر اقلیم بر طول فصل رشد فنواسکاندیا(سوئد، نروژ و فنلاند) را به کمک روش شاخص گیاهی(NDVI) بررسی کردند. نتایج آنها بیانگر افزایش طول دوره رشد در منطقه مورد مطالعه است و طول فصل رشد در سوئد بیش از ۶ هفته افزایش یافته است(هوگدا و همکاران[۱۸]، ۲۰۰۱). در ایران نیز خیراندیش در پایان نامه خود اثرات تغییر اقلیم بر طول فصل رشد در چند نمونه اقلیمی ایران را مطالعه کرد، ولی او از شاخص‌ها و آستانه‌های اقلیمی برای شناسایی طول دوره رشد استفاده کرد. وی سه آستانه دمایی صفر، ۵ و ۵ روز متوالی با دمای ۵ درجه سلسیوس را مبنای کار خود قرار داد و برای انجام این کار از داده‌های ۱۲ پیمونگاه همدید استفاده کرد. نتایج وی بیانگر افزایش طول دوره رشد در بیشتر پیمونگاه‌هاست. با توجه به آستانه‌های مختلف، روند افزایشی و کاهشی طول دوره‌ی رشد در پیمونگاهها متفاوت است(خیراندیش، ۱۳۸۹). صداقت کردار و رحیم زاده(۱۳۸۶) نیز تغییرات طول دوره رشد گیاهی را در نیمه دوم قرن بیستم در کشور مطالعه کردند. ایشان برای انجام این کار از داده‌های روزانه ۱۶ پیمونگاه همدید کشور استفاده کردند. روش شناسایی طول دوره رشد بر مبنای روش فریچ و همکاران و گروه تغییرپذیری کمیسیون اقلیم شناسی بود.

۱۳ -Jones et al
۱٤ -Carter
۱٥ -Tao et al
۱٦ -Liu et al
۱۷ -You et al
۱۸ -Hogda

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

نتایج آنها نشان داد که طول دوره رشد در بیشتر پیمونگاه‌ها افزایش یافته است. مجرد و قبادی دارابخانی تغییرات زمانی و مکانی طول فصل رشد را در غرب کشور طی سال‌های ۱۹۷۶-۱۹۹۵بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که طول فصل رشد در نواحی مرکزی منطقه افزایش و در نواحی شمالی و جنوبی کاهش یافته است(مجرد و قبادی دارابخانی، ۱۳۸۲: ۲۷۱). هدف این پژوهش شناسایی و تحلیل تغییرات مکانی- زمانی شاخص‌های اقلیم کشاورزی ایران طی بازه زمانی ۱۹۶۲-۲۰۰۴ است.

داده‌ها و روش پژوهش

برای انجام این پژوهش از داده‌های کمینه، بیشینه و میانگین دمای پایگاه داده اسفزاری استفاده شده است. این پایگاه داده برای بازه زمانی ۱۳۴۰/۱/۱(۱۹۶۱/۳/۲۱ میلادی) تا ۱۳۸۳/۱۰/۱۱ (۲۰۰۴/۱۲/۳۱ میلادی) تهیه و آماده شده است. داده‌ها بر روی یاخته‌های ۱۵*۱۵ کیلومتر بر روی پهنه ایران به کمک روش زمین آماری کریگینگ درون‌یابی شده‌اند و برای هر روز یک نقشه تهیه شده است. سپس داده‌های نقشه‌ها استخراج شده و یک پایگاه داده برای هر کدام از پارامترهای یاد شده[۱۹] با ابعاد ۷۱۸۷*۱۵۹۹۲ فراهم شده است که بر روی ردیف‌ها زمان(روز) و بر روی ستون‌ها مکان(یاخته‌ها) قرار دارند. بازه زمانی در این پژوهش براساس سال میلادی و از تاریخ ۱۹۶۲/۱/۱ تا ۲۰۰۴/۱۲/۳۱ به مدت ۱۵۷۰۶ روز بوده است. در این پژوهش ۶ شاخص اقلیم کشاورزی بر روی ایران زمین بررسی شده است. شاخص-ها همراه با یکاهای آنها در جدول ۱ آمده است. در ابتدا شاخص‌ها محاسبه شدند. از روش ناپارامتری من- کندال برای شناسایی و معنی‌دار بودن روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد و از روش رگرسیون خطی برای برآورد میزان شیب روند استفاده شد. روش برآورد شاخص‌ها در زیر آمده است.

جدول ۱) شاخص‌های استفاده شده در این پژوهش

ردیف	نماد	مفهوم	یکا
۱	SGS	شروع دوره رشد	روز میلادی
۲	EGS	پایان دوره رشد	روز میلادی
۳	GSL	طول دوره رشد	روز
۴	FFP	دوره بدون یخبندان	روز
۵	GDD	درجه روز رشد	درجه روز
۶	CHU	واحد گرمای محصول	درجه روز

شروع دوره رشد(SGS): اولین روزی از سال که میانگین دمای روزانه دست‌کم در ۶ روز متوالی دمای بالای ۵ درجه سلسیوس را ثبت کرده باشد، شروع دوره رشد نامگذاری می‌کنند.

پایان دوره رشد(EGS): اولین روزی از سال بعد از اول ژوئیه که دما دست‌کم در ۶ روز متوالی دمای زیر ۵ درجه سلسیوس را ثبت کرده باشد، پایان دوره رشد نامیده می‌شود.

۱۹- علاوه بر پارامترهای استفاده شده در این پژوهش، داده‌های درون یابی شده سایر سنجه‌های هواشناسی نظیر بارش، رطوبت نسبی و غیره نیز توسط سید ابوالفضل مسعودیان محاسبه شده و در تارنمای اسفزاری موجود است.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

طول دوره رشد(GSL) در سال(اول ژانویه تا ۳۱ دسامبر در نیمکره شمالی؛ اول ژوئیه تا ۳۰ ژوئن در نیمکره جنوبی): تعداد روزهایی از سال که بین اولین رخدادی که دست کم ۶ روز پیاپی میانگین دمای روزانه بیشتر از ۵ درجه سانتی گراد و اولین رخدادی که دست کم ۶ روز پیاپی بعد از اول ژوئیه (اول ژانویه در نیمکره جنوبی) میانگین دمای روزانه کوچکتر از ۵ درجه سانتی گراد باشد ، طول فصل رشدنامیده می‌شود. به بیانی دیگر، فاصله بین پایان و شروع دوره رشد، طول دوره رشد نامیده می‌شود.

رابطه ۱)	G

دوره بدون یخبندان(FFP): تاریخ آخرین روزی از سال که کمینه دما برابر با صفر و از آن کوچکتر باشد،آخرین یخبندان بهاره(LSF) نام دارد. البته، ممکن است تاریخ این رویداد در فصل تابستان رخ دهد. تاریخ اولین روزی از سال که کمینه دما برابر با صفر و از آن کوچکتر باشد ، اولین یخبندان پاییزه(FFF) نام دارد که ممکن است در برجهای آخر فصل تابستان اتفاق بیفتد. همانند طول دوره رشد، دوره بدون یخبندان(FFP) فاصله زمانی بین آخرین یخبندان بهاره و اولین یخبندان پاییزه را دوره بدون یخبندان می‌نامند.

رابطه ۲)	F

درجه روز رشد(GDD): اگرچه گونه‌هایی که به لحاظ ژنتیکی مهندسی شده‌اند، در دماهای پایین‌تر از ۵ درجه سانتی‌گراد و یا بین دماهای صفر تا ۵ درجه نیز می‌توانند به رشد خود ادامه دهند، اما بیشتر گونه‌های گیاهی طبیعی زمانی می‌توانند رشد کنند که میانگین دمای روزانه بالای ۵ درجه سانتی‌گراد باشد(شِن و همکاران[۲۰]، ۲۰۰۵،۴۴). در این پژوهش نیز مبنای میانگین دمای روزانه را همان ۵ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفتیم. درصورتی‌که میانگین دمای روزانه کوچکتر از آستانه یاد شده باشد، درجه روز رشد، صفر در نظرگرفته شده است. T_{base} دمای پایه است که برابر با ۵ درجه سلسیوس است و n برابر تعداد روزهایی است که میانگن دما بیش از ۵ است.

رابطه ۳)	C

واحد گرمایی محصول(CHU): معیار و آستانه شروع و پایان واحد گرمایی محصول طبق روشی است که بوتسما و براون[۲۱](۱۹۹۵) ارائه کرده‌اند. در مناطق مختلف واحد گرمایی محصول بیشتر برای محصولاتی از گروه غله‌ای و سویاها کاربرد دارد(چاپ‌من و براون[۲۲]، ۱۹۷۸؛ براون و بوتسما[۲۳]، ۱۹۹۳؛ بوتسما و همکاران[۲۴]، ۱۹۹۹). میانگین مقدار روزانه واحد گرمایی محصول به کمک رابطه زیر به دست می‌آید.

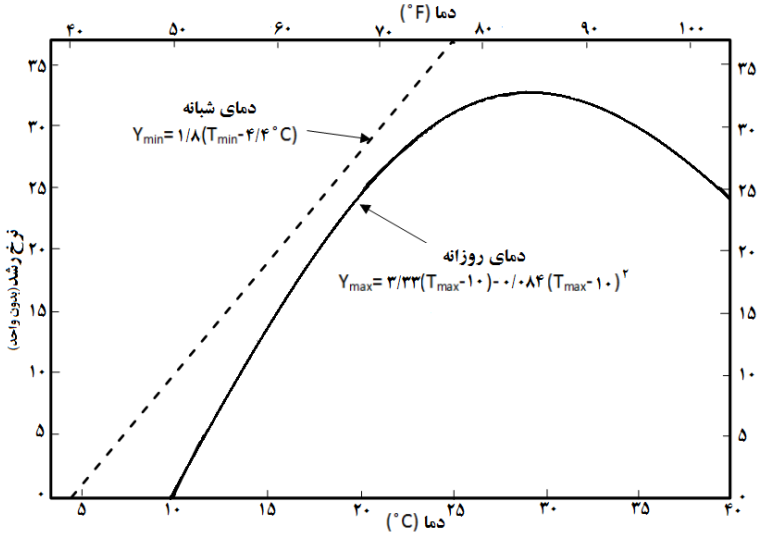
رابطه ۴)	Y (if T_{max}<10, $Y_{max} = 0$)
رابطه ۵)	Y
رابطه ۶)	C

۲۰ -Shen et al
۲۱-Bootsma and Brown
۲۲ -Chapman and Brown
۲۳ -Brown and Bootsma
۲۴ -Bootsma et al

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

رابطه ۷)

واحد تجمعی گرمایی محصول (ACHU) از مجموع روزانه واحد گرمایی محصول در فاصله زمانی روز آخر اولین رویدادی که ۳ روز متوالی در فصل بهار میانگین دمای روزانه دست‌کم ۱۲/۸ درجه سانتی‌گراد باشد تا اولین روزی که دمای کمینه کمتر و برابر با ۲- درجه سانتی‌گراد باشد، به‌دست می‌آید(بوتسما و براون، ۱۹۹۵). آستانه دمای ۱۲/۸ درجه سلسیوس زمانی است که گرما به قدری است که می‌تواند دمای خاک را تا ۱۰ درجه سلسیوس بالا ببرد و به سبز شدن و رویش محصول منجر شود(شِن و همکاران، ۲۰۰۵). زمان رخداد اولین یخبندان پاییزه برای بلوغ و رسیدن محصول بسیار مهم است. یک یخبندان جزئی(زمانی که دمای کمینه بین صفر تا ۲- درجه سلسیوس باشد) برای یک تا دو روز ممکن است به آسیب موقتی برگها منجر شود و گیاهان بهبود می‌یابند و فعالیت‌های فتوسنتزی را بعد از چند روز می‌توانند دوباره ادامه دهند، اما یخبندان شدید و کشنده(زمانی که دمای کمینه دست‌کم ۲- درجه سانتی‌گراد باشد، نه تنها توانایی محصول را برای تولید ماده خشک طی فرایندهای فتوسنتزی، مختل می‌کند، بلکه کیفیت علف تازه را نیز تحت شعاع قرار خواهد داد(وایت[۲۵]، ۱۹۷۸). رابطه نرخ رشد محصول و دمای کمینه و بیشینه در نگاره ۱ آمده است. بیشترین رشد محصول در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد است. در دماهای بالاتر و کمتر از این مقدار نرخ رشد محصول کاهش می‌یابد.



نگاره ۱) ارتباط بین نرخ روزانه رشد محصول و دمای کمینه(شبانه) و دمای روزانه(بیشینه)(براون و بوتسما، ۱۹۹۵).

یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از این پژوهش، بیانگر تغییرات معنی‌دار شاخص‌های اقلیم کشاورزی ایران طی چند دهه اخیر است. بر روی ایران مکان‌هایی که در سطح اطمینان ۹۵ درصد روند معنی‌داری از خود نشان می‌دادند، همراه با میزان شیب آنها در نگاره‌ها آورده شده است.

شروع دوره رشد(SGS): همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بر روی تهران، کرمان، شمال استان فارس، غرب خراسان

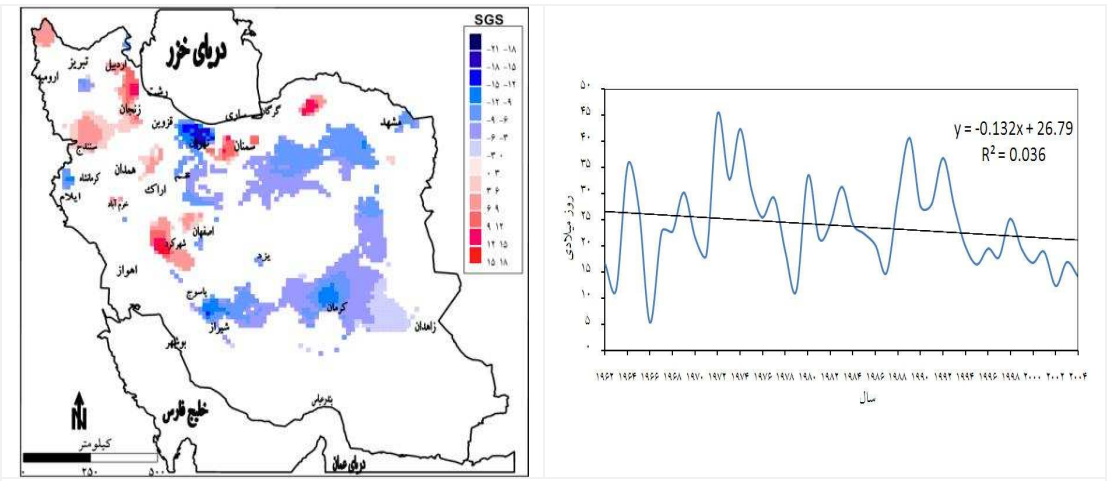
۲۵ -White

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

رضوی و جنوب سمنان، روند شروع دوره رشد منفی است(نگاره۲). به بیانی دیگر، در مناطق یاد شده دوره رشد زودتر آغاز می‌شود. بیشترین شیب روند منفی مربوط به تهران است که حدود ۱۸ تا ۲۱ روز در دهه زودتر دوره رشد شروع می‌شود. در کرمان و شمال استان فارس نیز نرخ شیب روند منفی حدود ۱۵ روز در دهه است؛ درحالی‌که بر روی ارتفاعات شهرکرد، کردستان، زنجان-اردبیل و به‌صورت پراکنده بر روی البرز روند مثبت است و دوره شروع رشد به تأخیر افتاده است. این خود به نوعی بیانگر سرد شدن این مناطق از ایران طی دوره مورد مطالعه است. به‌طور کلی، روند شروع دوره رشد در ایران رو به کاهش است.

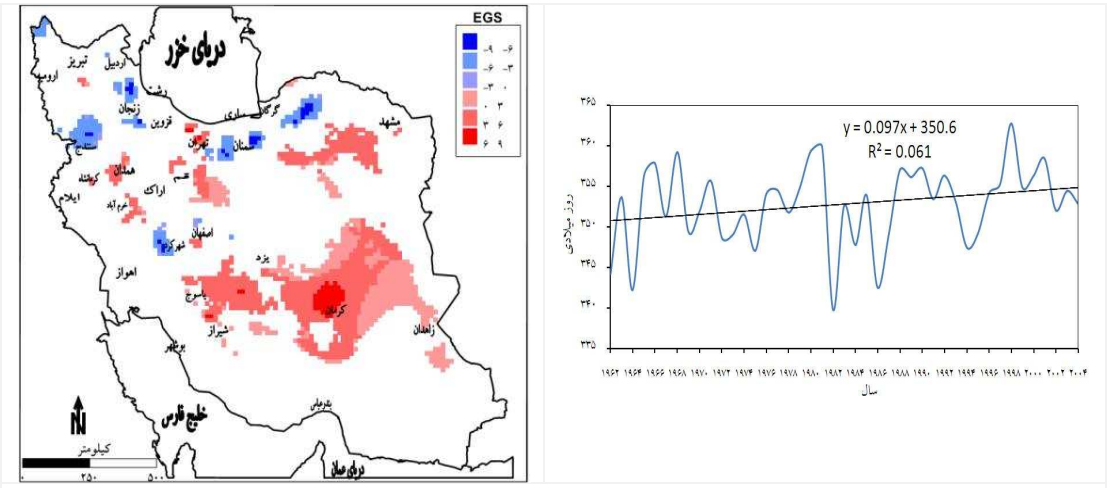
پایان دوره رشد(EGS): روند این شاخص تقریباً بر عکس شروع دوره رشد است. بر روی مناطقی که روند شروع دوره رشد مثبت است، پایان دوره رشد منفی است و برعکس. به بیانی دیگر، بر روی مناطقی که دوره آغاز رشد زودتر شروع می‌شود، پایان دوره رشد نیز با تأخیر تمام می‌شود. بر روی ارتفاعات مناطقی که دیرتر دوره رشد آغاز می‌شود، پایان دوره رشد نیز زودتر اتفاق می‌افتد و این بیانگر کاهش طول دوره رشد است. به‌طور کلی، روند پایان دوره رشد در ایران رو به افزایش است(نگاره۳).

طول دوره رشد(GSL): روند طول دوره رشد در نوار جنوبی ایران طی دوره مورد مطالعه هیچ تغییر معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. در این مناطق طول دوره رشد برابر با کل سال(۳۶۵ روز) است. مکان‌هایی که شروع دوره رشد زودتر آغاز می‌شود و پایان دوره رشد با تأخیر به پایان می‌رسد، طول دوره رشد افزایش یافته است. بیشترین افزایش طول دوره رشد در شمال تهران و کرمان دیده می‌شود که نرخ شیب روند ۲۰ تا ۲۷ روز در دهه است. بر روی ارتفاعات زاگرس و البرز به‌صورت پراکنده مثل شهرکرد، سنندج، بین زنجان و اردبیل و نوار باریکی در جنوب ساری و گرگان طول دوره رشد کاهش یافته است. شیب منفی روند در شهرکرد ۲۰ تا ۲۵ روز در دهه است. کاهش شروع دوره رشد و افزایش پایان دوره رشد به نفع افزایش طول دوره رشد است(نگاره۴).

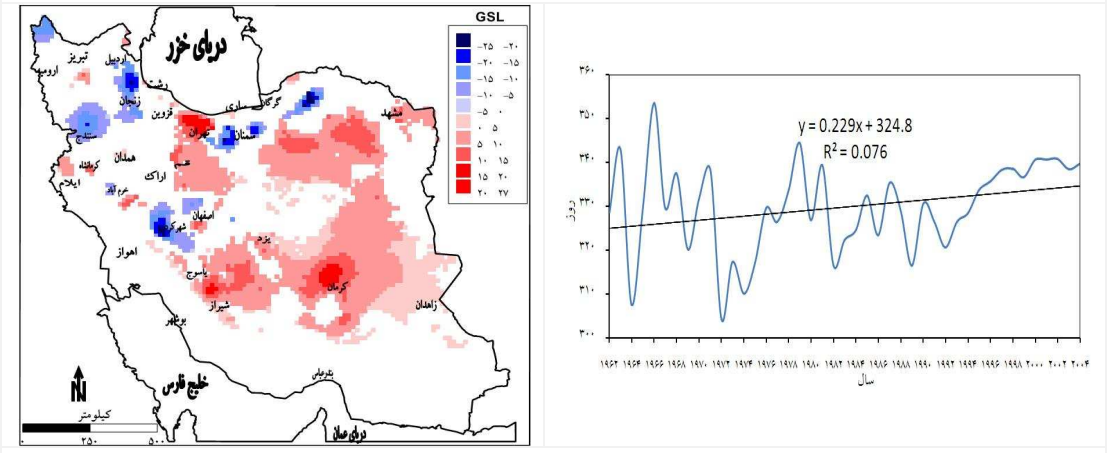


نگاره۲) پراکنش مکانی مناطق دارای روند و شیب روند شاخص شروع دوره رشد(SGS) بر حسب مقدار در دهه(چپ) و روند شاخص برای کل ایران برحسب مقدار در سال(راست)

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]



نگاره۳) پراکنش مکانی مناطق دارای روند و شیب روند شاخص پایان دوره رشد(EGS) بر حسب مقدار در دهه(چپ) و روند شاخص برای کل ایران برحسب مقدار در سال(راست)



نگاره۴) پراکنش مکانی مناطق دارای روند و شیب روند شاخص طول دوره رشد(GSL) بر حسب مقدار در دهه(چپ) و روند شاخص برای کل ایران برحسب مقدار در سال(راست)

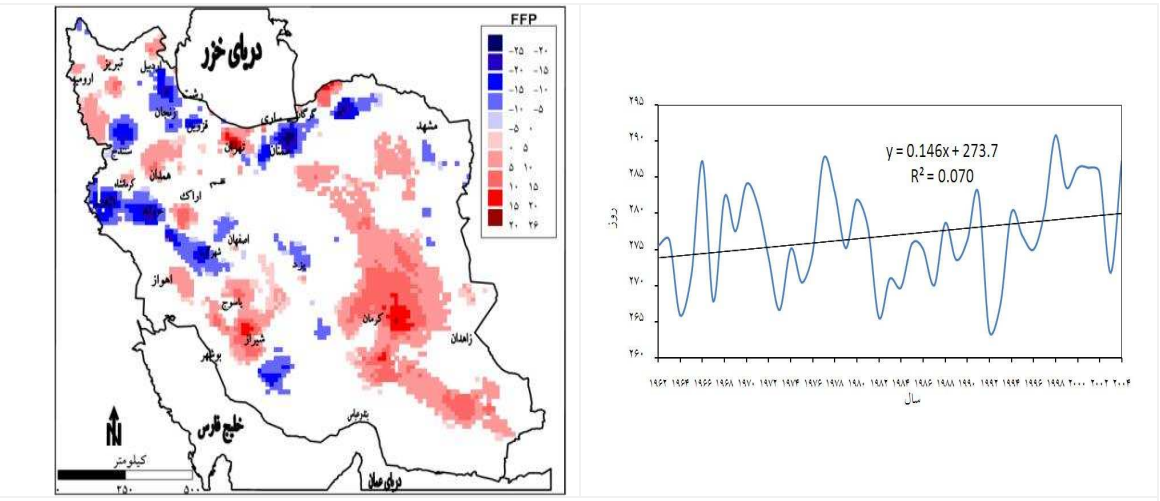
دوره بدون یخبندان(FFP): روند این شاخص بر روی تهران، کرمان و شیراز معنی دار و مثبت است. بیشترین نرخ روند بر روی مناطق شمالی تهران مشاهده شده است و حدود ۲۰ تا ۲۶ روز در دهه افزایش یافته است؛ درحالی‌که بر روی شهرکرد، ایلام، خرم‌آباد، سنندج، زنجان، قزوین، اردبیل، جنوب ساری و شمال سمنان بر روی نوار باریک رشته کوه-های البرز دوره بدون یخبندان کاهش یافته است. بر روی جنوب ساری و شمال سمنان نرخ روند کاهشی به حدود ۲۰ تا ۲۵ روز در دهه می‌رسد. به‌طور کلی، بر روی ایران نرخ روند دوره بدون یخبندان رو به افزایش است و حدود ۱/۵ روز در دهه است(نگاره ۵).

درجه روز رشد(GDD): این شاخص یکی از شاخص‌های حرارتی است و طبق تعریف این شاخص را برای روزهایی که میانگین دما بیش از ۵ درجه بوده است، محاسبه کردیم. روند درجه روز رشد بر روی بیش از نیمی از ایران افزایش یافته است. بیشترین نرخ افزایشی این شاخص بر روی مناطق کم‌ارتفاع و پست(شمال‌شرق استان کرمان) مشاهده

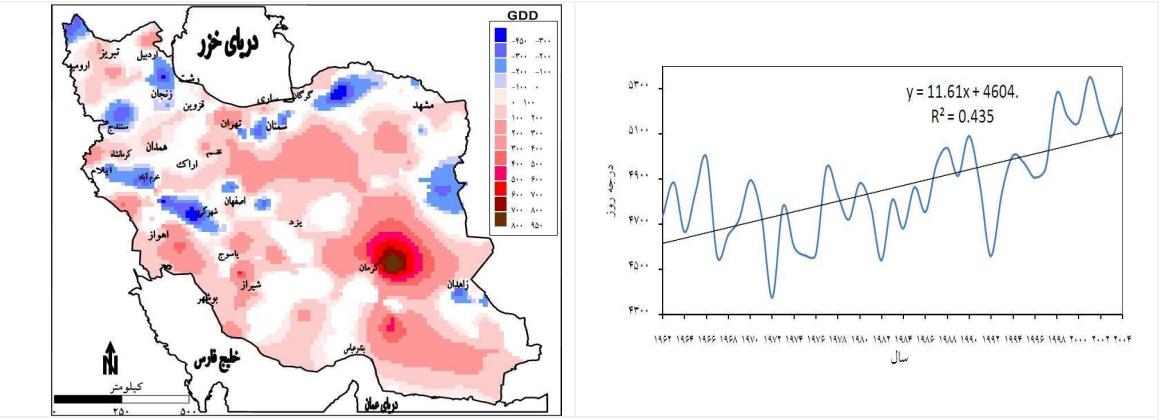
[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

شده است؛ درحالی‌که بر روی ارتفاعات، به‌صورت پراکنده، نرخ روند این شاخص کاهش یافته است. به‌طور کلی، بر روی ایران نرخ درجه روز رشد با شیب بسیار زیادی روبه افزایش است(نگاره ۶).

واحد گرمایی محصول(CHU): یکی دیگر از شاخص‌های حرارتی، شاخص گرمایی محصول است. همان‌طور که گفته شد، واحد تجمعی گرمایی محصول(ACHU) از مجموع روزانه واحدگرمایی محصول در فاصله زمانی روز آخر اولین رویدادی که ۳ روز متوالی در فصل بهار میانگین دمای روزانه دست‌کم ۱۲/۸ درجه سانتی‌گراد باشد تا اولین روزی که دمای کمینه کمتر و برابر با ۲- درجه سانتی‌گراد باشد، به‌دست می‌آید. روند این شاخص در بیشتر گستره ایران معنی دار است. همانند سایر شاخص‌ها، روند این شاخص نیز بر روی ارتفاعات منفی و بر روی مناطق پست و هموار مثبت است. بیشترین نرخ روند افزایشی مربوط به کرمان و تهران است. به‌طور کلی، بر روی ایران روند این شاخص رو به افزایش است و هر ده سال حدود ۱۲۷ واحد به واحد گرمایی محصول اضافه شده است. روند این شاخص بر روی ایران طی چند دهه اخیر رو به افزایش است(نگاره۷).

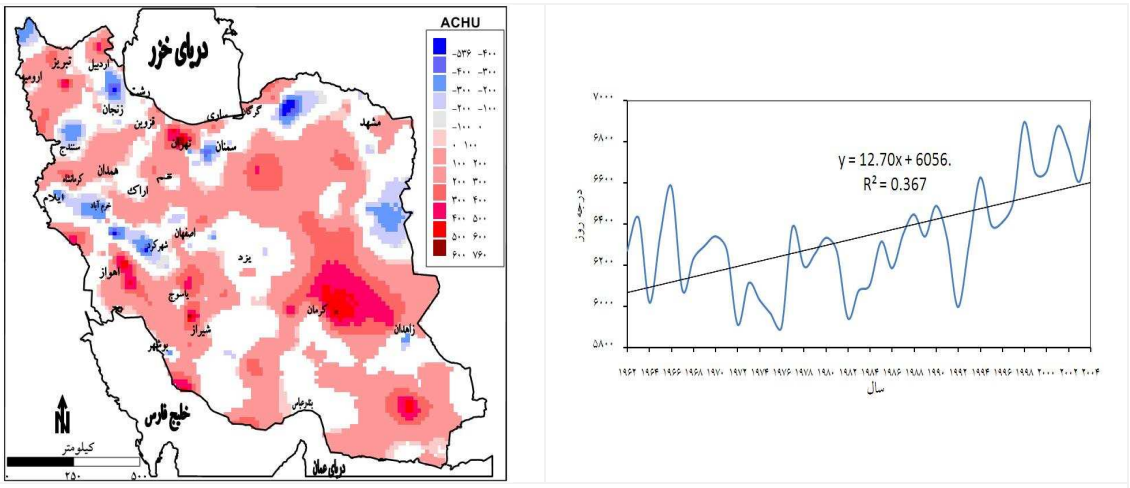


نگاره ۵) پراکنش مکانی مناطق دارای روند و شیب روند شاخص طول دوره بدون یخبندان(FFP) بر حسب مقدار در دهه(چپ) و روند شاخص برای کل ایران برحسب مقدار در سال(راست)



نگاره۶) پراکنش مکانی مناطق دارای روند و شیب روند شاخص درجه روز رشد (GDD) بر حسب مقدار در دهه(چپ) و روند شاخص برای کل ایران برحسب مقدار در سال(راست)

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]



نگاره ۷) پراکنش مکانی مناطق دارای روند و شیب روند شاخص واحد گرمای محصول(ACHU) بر حسب مقدار در دهه(چپ) و روند شاخص برای کل ایران برحسب مقدار در سال(راست)

نتیجه‌گیری

تغییرات فنولوژی سالانه می‌تواند شاخصی ملموس و آشکار از تغییرات در زیست‌کره باشد(مینزیل و فابیان[۲۶]، ۱۹۹۹). افزایش دما و به دنبال آن افزایش طول دوره رشد به تغییرات الگوی کشت منجر خواهد شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که روند شاخص‌های اقلیم کشاورزی بر روی مناطق مختلف پهنه ایران زمین متفاوت است. بر روی مناطق پست و کم‌ارتفاع روند مثبت است؛ درحالی‌که بر روی ارتفاعات و بلندی‌ها به‌صورت پراکنده روند شاخص‌ها منفی است. در نوار و باریکه ساحلی مناطق جنوبی ایران به علت عرض جغرافیایی پایین و نزدیک بودن به پهنه‌های بزرگ آب و وجود رطوبت در جو یخبندان رخ نمی‌دهد و طول دوره رشد برابر با طول سال است. روند شاخص‌ها نیز طی دوره مورد مطالعه بیانگر عدم تغییر و نبود روند معنی‌دار این مناطق است. بر روی ارتفاعات زاگرس و البرز که به‌صورت پراکنده طول دوره رشدکاهش یافته است، به نظر می‌رسد کشت محصولات و گیاهانی که دوره رشد کمتری دارند و زودرس هستند، بازدهی بیشتری را خواهند داشت. برعکس، در مناطق و پهنه‌هایی که طول دوره رشد افزایش یافته است، کشت گیاهان و محصولاتی که به دوره رشد بیشتری نیاز دارند، بهتر به نظر می‌رسد. تغییرات طول دوره‌رشد نه تنها پیامدهای بمراتب دوردستی را برای زیست‌بوم‌های گیاهی و جانوری به دنبال دارد، بلکه به افزایش ماندگاری ذخایر کربن و تغییرات پوشش گیاهای منجر شده و در نهایت، بر دستگاه اقلیم تأثیر خواهد داشت(لیندرسون، ۲۰۰۶).

منابع

۱- خیراندیش، مرضیه.(۱۳۸۹). *بررسی اثرات تغییر اقلیم بر طول فصل رشد در چند نمونه اقلیمی ایران*، پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، گروه هواشناسی کشاورزی.

۲۶ -Menzel and Fabian

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

۲- صداقت کردار، عبدالله و رحیم زاده، فاطمه.(۱۳۸۶). تغییرات طول دوره رشد گیاهی در نیمه دوم قرن بیستم در کشور، *پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی*، ش ۷۵، ۱۸۱-۱۹۲.

۳- مجرد، فیروز و قبادی دارابخانی، غلامحسین.(۱۳۸۲). بررسی تغییرات زمانی و مکانی طول فصل رشد در غرب کشور، *سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم*، اصفهان-۲۹ مهر الی اول آبان، ۲۷۱-۲۷۶.

۴- نصیری محلاتی، مهدی و کوچکی، علیرضا.(۱۳۸۳). اثر تغییر اقلیم بر شاخص‌های اگروکلیماتیک مناطق کشت گندم دیم در ایران، *مجله پژوهش‌های زراعی ایران*، ش ۲، -۲۹۱-۳۰۳.

۵- نصیری محلاتی، مهدی؛کوچکی، علیرضا؛ کمالی، غلامعلی و مرعشی، حسن.(۱۳۸۵). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر شاخص‌های اقلیمی کشاورزی ایران، *مجله علوم و صنایع کشاورزی*، ش۷، ۷۱-۸۲.

6- Bootsma, A and Brown, DM, (1995), **Risk analysis of crop heat units available for corn and other warm-season crops in Ontario.** Center for Land and Biological Resources Research, Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada Tech. Bulletin 1995-1E, 13 pp.

7- Bootsma, A, (1994), **Long term (100 years) climate trends for agriculture at selected locations in Canada,** Climatic Change, 26, 65–88.

8- Bootsma, A, Tremblay, G and Filion, P, (1999), **Risks analysis of heat units available for corn and soybean production in Quebec**. Agriculture and Agri-Food Canada, Research Branch, Eastern Cereal and Oilseed Research Centre, Ottawa, ON. Tech. Bull. ECORC Contrib. No. 991396. 25 pp.

9- Brown, DM, (1963)**, A heat unit system for corn hybrid recommendation**, The 5th National Conference on Agricultural Meteorology, Lakeland, FL. 10 pp.

10- Carter, TR, (1998), **Changes in the thermal growing season in Nordic countries during the past century and prospects for the future**, Agric. Food Sci. Finland 7, 161–179.

11- Chapman, L.J. and Brown D.M(1978). **The climates of Canada for agriculture.** The Canada land inventory, report 3. Min. of Supply and Services, Ottawa.[Provides a detailed outline of the agroclimatic classification of Canada, including the principles of the cumulative degree-day and corn heat units items].

12- Chen, X, Tan, Z, Schwartz, MD, Xu, C, (2000), **Determining the growing season of land vegetation on the basis of plant phenology and satellite data in Northern China,** Int. J. Biometeorol, 44, 97–101.

13- Frich, P, Alexander, LV, Della-Marta, P, Gleason, B, Haylock, M, Klein Tank, AMG, Peterson, T, (2002), **Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the 20th century**, Climate Res, 19, 193–212.

14- Hogda, KA, Karlsen, SR, Solhim, I and Nort It As, Tromso, (2001), **Climatic Change Impact on Growing Season in Fennoscandia Studied by a Time Series of NOAA AVHRR NDVI Data**, Geoscience and remote sensing symposium, IGARSS'01.IEEE 2001 International.

15- IPCC: 1996, '**Climate change 1995: Impacts, adaptations, and mitigation of climate change: Scientific– technical analyses', in Watson, R. T., Zinyowera, M. C., and Moss, R. H. (eds.), Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, p. 880.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

16- IPCC: 1998, '**The regional impacts of climate change: An assessment of vulnerability', in Watson, R. T., Zinyowera, M. C., and Moss, R. H. (eds.), Special Report of IPCC Working Group II**, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, p. 517.

17- IPCC: 2001, '**Climate change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability', in McCarthy, J. J., Canziani, O. F., Leary, N. A., Dokken, D. J. and White, K. S. (eds.), Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, p. 1032.

18- Jones, PD, Briffa, KR, (1995**), Growing season temperatures over the former Soviet Union,** Int. J. Climatol, 15, 943–959.

19- Jones, PD, Briffa, KR, Osborn, TJ, Moberg, A, Bergstrom, H, (2002), **Relationships between circulation strength and the variability of growing-season and cold-season climate in northern and central Europe**, The Holocene, 12, 643–656.

20- Linderholm, HW, (2006), **Growing seasons changes in the last century**, Agriculture and forest meteorology, 137, 1-14.

21- Liu, B, Henderson, M and Yandong, Z,(2009), **Spatiotemporal change in China's climatic growing season: 1955–2000, Climatic change,** DOI 10.1007/s10584-009-9662-7.

22- Liu, X, Yin, Z, Shao, X and Qin, N, (2006), **Temporal trends and variability of daily maximum and minimum, extreme temperature events, and growing season length over the eastern and central Tibetan Plateau during 1961–2003**, J Geophys Res 111:D19109. doi:10.1029/2005JD006915.

23- Menzel, A and Fabian, P,(1999), **Growing season extended in Europe**, Nature, Vol.397, 659.

Robeson, SM,(2002), **Increasing growing season length in Illinois during the 20th century**, climatic change, 52, 219-238

24- Shen, SSP, Yin, H, Cannon, K, Howard, A and Chetner, S, (2005), **Temporal and Spatial Changes of the Agroclimate in Alberta, Canada, from 1901 to 2002,** journal of applied meteorology, Vol 44, 1090-1105.

25- Skaggs, RH, Baker, DG, (1985)**, Fluctuations in the length of the growing season in Minnesota,** Climatic Change, 7, 403–414.

26- 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**, Agric For Meteorol, 138, 82–92.

27- White, R P, (1978)**, Cultural practices affecting maturity and yield of corn (*Zea mays*) for whole plant silage in short-season areas**, Can. J. Plant Sci, 58, 629–642.

28- You, L, Rosegrant, M.W, Stanley, W and Dongheng, S, (2009), **Impact of growing season temperature on wheat productivity in China**, Agricultural and Forest Meteorology, 149, 1009–1014.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]