نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال هفدهم، شماره ۴۷، زمستان ۹۶

شبیه سازی عملکرد دانه ذرت براساس سناریو های تغییر اقلیم در استان فارس

دریافت مقاله: ۹۶/۷/۱۸ پذیرش نهایی: ۹۶/۱۰/۲

صفحات: ۹۳-۷۷

فریبا کرمی: دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه شهید بهشتی تهران[۱].
F_karami@sbu.ac.ir
شهریار خالدی: استاد گروه جغرافیا دانشگاه شهید بهشتی تهران.
Shahriar_khaledi6@yahoo.com
علیرضا شکیبا: دانشیار گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید بهشتی تهران.
Mypauk28@gmail.com
غلامرضا براتی: دانشیار گروه جغرافیا دانشگاه شهید بهشتی تهران.
G_barati@sbu.ac.ir
ایمان بابائیان: استادیار مرکز ملی اقلیم شناسی مشهد.
ibabaeian@yahoo.com

چکیده

هدف از این پژوهش شبیه سازی عملکرد ذرت با سناریو های تغییر اقلیم در وضع موجود وآینده است. از این رو جهت بررسی اقلیم منطقه داده های روزانه، دمای کمینه وبیشینه، بارش و تشعشع در طی دوره(۲۰۱۶-۱۹۸۷)استفاده شده است. برای شبیه سازی اقلیم آینده ابتدا داده های مدلIPCM4 تحت سناریوهای A1, B2، A1B و دهه های ۳۰ و ۵۰ با مدل LARS-WGریز مقیاس گردید. قبل از شبیه سازی عملکرد ذرت، مدل زراعی APSIM ارزیابی و واسنجی شد. برای محاسبه عملکرد دانه ذرت،خروجی مدل لارس، و همچنین تاریخ کاشت و رقم به عنوان ورودی های مدل زراعی APSIMاستفاده شده است و با روش آنالیز واریانس عملکرد ذرت در دهه های مختلف مقایسه شد. نتایج نشان داد که تغییر عناصر اقلیمی در میزان عملکرد ذرت موثر است و در دوره پایه بیش‌ترین عملکرد دانه در شهرستان‌های فساو کم‌ترین در شهرستان آباده مشاهده شده است. در شرایط تغییر اقلیم آینده تحت سناریوهای مختلف انتشار،عملکرد دانه ذرت در استان فارس به غیر از شهرستان آباده، روند کاهشی را در دو دوره آینده نسبت به دوره پایه خواهد داشت.

کلید واژگان: سناریو های تغییر اقلیم، شبیه سازی، LARS-WG ، APSIM ، ذرت.

---

۱. **مسئول مقاله:** تهران، اوین، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، گروه اقلیم شناسی.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.47.12.4]

مقدمه

ذرت بعد ازگندم و برنج به عنوان سومین غله استراتژیک کشاورزی در جهان، دارای اهمیت است (وزارت جهاد کشاورزی،۱۳۸۴). تمام قسمت‌های گیاه ذرت اعم از دانه، برگ، ساقه، ابریشم، تاسل و بلال دارای ارزش اقتصادی غذایی و غیر غذایی است(اریکسون[۲]،۲۰۰۶). عوامل مختلفی بر عملکرد ذرت موثرند که درپژوهش های گوناگون بررسی شده اند از جمله آنها می توان به تنش رطوبتی (منصوری‌فر و همکاران،۱۳۸۴) آفات و بیماری‌هایی مانند کوتولگی زبر ذرت (هرتمنی وایزدپناه،۱۳۸۵) آرایش و تراکم کاشت (حاتمی و همکاران،۱۳۸۸) علف های هرز (جمالی و همکاران،۱۳۸۹) تلفات برداشت کمباینی (مستوفی سرکاری،۱۳۸۹) نیاز گرمایی (چوگان،۱۳۹۰) تنش خشکی (مصطفوی و همکاران،۱۳۹۰) تنش‌های گرمایی (احمدی و میر حاجی،۱۳۹۱) و تاثیر تغییر اقلیم (روستایی و همکاران،۱۳۹۰؛ علیزاده و همکاران، ۱۳۹۰) اشاره نمود. در بین عوامل مختلف موثر بر عملکرد ذرت تاثیر تغییر اقلیم از اهمیت خاصی برخورداراست. مطالعات نشان می‌دهند که تغییر اقلیم برای برخی جوامع و نواحی اقلیمی مسئله ساز و موجب بروز مشکلات قابل ملاحظه‌ای در تولید و عملکرد محصولات کشاورزی خواهد شد. (تینگم[۳] و دیگران، ۲۰۰۸ب ؛ چالینور و همکاران، ۲۰۰۷آ). استان فارس یکی از قطب های مهم تولید ذرت است به گونه ای که این استان با ۳۲,۷ درصد در تولید و۳۱,۲ درصد سهم در سطح زیر کشت ذرت، دارای مقام دوم در تولید و سطح زیر کشت این محصول درکشور است (سازمان جهاد کشاورزی استان فارس،۱۳۸۴). از این رو به عنوان منطقه اجرای این پژوهش انتخاب گردید. هدف اصلی این پژوهش شبیه سازی عملکرد ذرت بر اساس سناریو های تغییر اقلیم است. برای شبیه سازی داده های آینده اقلیمی نیاز به خروجی مدل های جهانی اقلیم (GCM) است که دقت مکانی و زمانی کمی دارند. که لازم است ریز مقیاس نمایی شوند. یکی از راه های مناسب برای اندازگیری اثرات تغییر اقلیم بر محصولات کشاورزی استفاده از مدل های شبیه سازی است برای شبیه سازی عملکرد ذرت نیز از مدل هایی مانند DSSAT،APSIM ، SUCROS و WOFOST استفاده می شود.که در این پژوهش ازمدل زراعیAPSIM استفاده شده است. .شبیه ساز سیستم های تولید کشاورزی (APSIM) یک مدل شبیه سازی فرآیندگرای گیاه زراعی و سیستمهای زراعی است که توسط واحد تحقیقات APSRUساخته شده است(مک کاون[۴] و همکاران،1995). این مدل قادر است محصول اقتصادی طیف وسیعی از گیاهان زراعی، مرتعی و درختان را در پاسخ به عوامل اقلیمی، خاکی و مدیریتی شبیه‌سازی نماید.

از بررسی مجموعه پژوهش‌های انجام شده در مناطق مختلف جهان و ایران، مرتبط با تغییر اقلیم و اثر آن بر محصولات زراعی، می توان دریافت گروهی ازپژوهشگران با استفاده از مدل های اقلیمی و زراعی اثرتغییر اقلیم بر کشت ذرت را بررسی نمود. کاپتاناکی[۵] وهمکارش (۱۹۹۶) اثر تغییر اقلیم روی فنولوژی و عملکرد ذرت در یونان را مطالعه نمودند. آنها میزان تاثیر فیزیولوژیکی CO2 بر رشد و عملکردذرت را با استفاده از مدل زراعی CERES- MAIZE شبیه

2 Ericson
3 Tingem
4 McCown
5 Kaptanaki

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.47.12.4]

سازی نمودند و نتیجه گرفتند کاهش عملکرد ذرت ،به علت کاهش دوره رشد آن است. در تحقیق دیگری اثر پتانسیل تغییر اقلیم بر عملکرد ذرت در جنوب آفریقا توسط آبراها و سویج[6] (۲۰۰۹) انجام شد.آنها از مدل CropSys استفاده کردند و نتیجه گرفتندکه باافزایش ۴ -۲ درجه سانتی گراد دما و ۱۰-۲۰ درصد کاهش بارندگی، عملکرد ذرت بیشتر تحت تاثیر دما قرار خواهد گرفت. ژیانگ[7] و همکاران (۲۰۰۷) نیز به بررسی تاثیر تغییر اقلیم بر تولید ذرت در چین پرداختند. در این مطالعه از دو سناریوی (A2,B2) استفاده نموده و عملکرد ذرت دیم وآبی را با مدل CERES-MAIZE برای وضع موجود شبیه سازی کردند. در پژوهشی دیگر، مزا[8] وهمکاران (۲۰۰۸)گزارش دادند که عملکرد ذرت تحت تاثیر تغییر اقلیم قرارمی گیرد.عملکرد ذرت در سناریو های مختلف ،بسته به نوع واریته ،۳۰-۱۰ درصد کاهش خواهد یافت. علاوه بر این تحت سناریوهای اقلیمی آینده، به دلیل کاهش تبخیر و تعرق بالقوه، نیاز به آبیاری کاهش می یابد. در مطالعه ای با عنوان سازگاری تولید ذرت در دشت های شمالی چین تائو و ژانگ (۲۰۱۰) نشان دادند که طی دهه ۱۹۵۰ نسبت به دوره پایه ۱۹۹۰-۱۹۶۱عملکرد ذرت ۱۳/۲ تا۱۹درصد کاهش خواهد یافت. کار مشابه دیگری با نتایج متفاوت توسط مرادی و همکاران(۲۰۱۲) در استان خراسان رضوی ارائه دادند. آنها از دو مدل IPCM4 و HadCM3 و سناریو های A1B,A2 وB2 و برای شبیه‌سازی زراعی از مدل CERES-MAIZEاستفاده نمودند و نتیجه گرفتند عملکرد دانه ذرت تحت تاثیرسناریوهای اقلیمی ۱۱تا ۳۸ درصد کاهش می یابد. سجاد رحیمی مقدم و همکاران (۱۳۹۵)نیز به میزان مصرف آب ذرت در اقلیم های گرم پرداختند و تغییر تاریخ کاشت را در میزان مصرف اب موثر دانسته. همانطور که از بررسی منابع مختلف ملاحظه می گردد مطالعاتی چشمگیری در زمینه شبیه سازی عملکرد ذرت در فارس در وضع موجود و آینده و با مدل زراعیAPSIM انجام نشده است . در این پژوهش تلاش شده است که به این امر پرداخته شود.

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

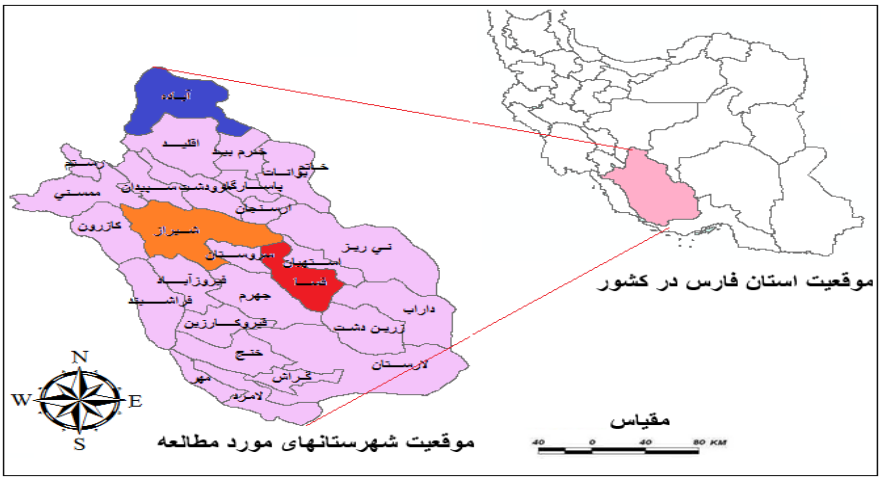
استان فارس با مساحتی بیش از ۱۲۲,۶۰۸کیلومتر مربع (مرکز آمار،۱۳۹۰)در جنوب منطقه مرکزی ایران بین مدارهای ۲۷ درجه و ۲ دقیقه و ۳۱ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۴۲ دقیقه و ۵۵ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. (زنده دل و همکاران؛ ۲۹:۱۳۹۰). موقعیت و ویژگی های جغرافیایی ایستگاه های سینوپتیک منتخب در جدول(۱) و شکل(۱) ارایه شده است.

6 Abraha
7Xiong
8 Meza

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.47.12.4]

جدول (۱). مشخصات ایستگاه های سینوپتیک استان فارس

ردیف	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	ارتفاع	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
۱	آباده	سینوپتیک	۲۰۳۰	۳۱,۱۱	۵۲,۴۰
۲	شیراز	سینوپتیک	۱۴۸۴	۲۹,۳۲	۵۲,۳۶
۳	فسا	سینوپتیک	۱۲۸۸	۲۸,۵۸	۵۳,۴۱



شکل (۱). موقعیت جغرافیایی شهرستان های مورد مطالعه

مواد و روش ها

به منظور دستیابی به اهدف مطرح شده فوق، از دو نوع داده های اقلیمی و زراعی استفاده شده است. برای بررسی اقلیم منطقه مورد مطالعه داده های روزانه دمای کمینه ، بیشینه، بارش و تشعشع برای سه ایستگاه شیراز، آباده و فسا در بازه زمانی(۲۰۱۶-۱۹۸۷)از سازمان هواشناسی اخذ گردید.

علت انتخاب سه ایستگاه آباده ، شیراز و فسا بخاطر قرار گرفتن در شرایط آب و هوایی مختلف است و هر ایستگاه نماینده یک شرایط آب و هوایی به ترتیب سرد ،معتدل و گرم است و همچنین در دسترس بودن داده های اقلیمی و زراعی بلند مدت بود.

برای شبیه سازی شرایط اقلیم آینده لازم است ابتدا مدل GCMمناسب از بین ۵ مدل مهم گردش عمومی جو فوق الذکر، انتخاب گردد. برای این کار ازسایت CCCSN داده ها اخذ و محاسبه گردید. جدول(۲).

در شبیه سازی شرایط اقلیم آینده داده های مدل های GCM لازم است ریز مقیاس گردد که برای این کار از مدل LARS-WGاستفاده شد. خروجی مدل لارس به صورت داده های روزانه دمای کمینه وبیشینه، بارش و تشعشع برای سه ایستگاه فوق برای دو دهه ۳۰ و ۵۰ با مدلIPCM4 تحت سه سناریو A1, B2 ،A1B است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.47.12.4]

قبل از استفاده از مدل APSIMلازم است مدل ارزیابی شود. برای ارزیابی مدلAPSIM ابتدا پارامتر سنجی و واسنجی رقم سینگل کراس ۷۰۴ انجام شد. برای واسنجی و پارامترسنجی رقم سینگل کراس ۷۰۴ از داده زراعی ۵ ساله مربوط به استان فارس شهرستان شیراز استفاده گردید. این داده‌ها برای پارامترسازی مدل استفاده گردید. این داده‌های از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ بودند که در شرایط پتانسیل اندازه‌گیری شده بودند و ذرت در شرایط بهینه کشت و رشد (عدم محدودیت نیتروژن و آب) بوده است. بعد از پارامترسنجی و واسنجی مدل، پارامترهای بدست آمده ، برای اعتبارسنجی مدل مورد استفاده قرار داده شد. بعد از ارزیابی مدل زراعی اقدام به شبیه‌سازی عملکرد ذرت در وضع موجود و آینده شد. برای شبیه‌سازی، تراکم ۷ بوته در متر مربع که تراکم بهینه رقم سینگل کراس ۷۰۴ می باشد در نظر گرفته شد. همچنین تاریخ کاشت بیستم تیر به عنوان تاریخ کاشت مرسوم منطقه با توجه به مکاتبه با مرکز تحقیقات استان فارس اخذ گردید. تمامی شبیه‌سازی‌ها در شرایط بهینه و عدم محدودیت آب و نیتروژن صورت گرفتند. برای محاسبه عملکرد دانه ذرت،خروجی مدل LARS-WG، و همچنین تاریخ کاشت و رقم به عنوان ورودی های مدل زراعی APSIMاستفاده شده است.

برای اینکه پی ببریم عملکرد ذرت در کدام منطقه مورد مطالعه بیشتر است سه ناحیه را با روش آنالیز واریانس با هم مقایسه شده است.

نتایج

قبل از استفاده از داده های اقلیمی ، پردازش اولیه شامل کنترل کیفی، همگنی و نرمال بودن انجام گرفت. نتایج حاصل نشان داد که داده های پرت بارش و دما مشاهده نگردید. و درآزمون همگنی نیز سطح اطمینان قابل قبولی دارند و داده ها همگن هستند. همچنین نتایج آزمون کولموگروف – اسمیرف نیز نشان داد که داده ها با دقت قابل قبول کمتر از ۰,۰۰۵ نرمال هستند. پس از بررسی وضعیت داده ها، وضعیت اقلیمی وضع موجود بررسی شدو قبل از بررسی وضع آینده استان فارس ابتدا لازم است مناسب ترین مدل انتخاب گردد. که با روش وزن دهی این امر میسر است. نتایج حاصل از وزن دهی ۵ مدل مهم گردش عمومی جو جهت انتخاب مدل مناسب در جدول (۲) نمایش داده شده است. که مدل IPCM4 با بیشترین وزن(۰,۳۸) انتخاب گردید. بعد از انتخاب مدل مناسب ، داده های اقلیمی آینده با استفاده از مدل LARS WG تولید شدند.

جدول(۲). مقادیر حاصل از وزن دهی پنج مدل گردش عمومی جو

شهرستان	IPCM4	ECHO-G	GFDLCM2.1	HADCAM3	INMCM3.0
abade	0.06	0.67	0.07	0.15	0.02
fasa	0.60	0.06	0.22	0.05	0.05
shiraz	0.46	0.08	0.20	0.17	0.06
average	0.38	0.27	0.16	0.12	0.04
رتبه مدل	1	2	3	4	5

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.47.12.4]

نتایج ریزمقیاس نمایی داده های گردش عمومی جو با مدل LARS WG نشان داد که به طور کلی اقلیم آینده استان فارس تحت سناریوهای اقلیمی (A1B، A2 و B1) و مدل اقلیمی (IPCM4) تغییر می‌کند که نتایج ایستگاه شیراز برای نمونه در جدول (۳)آمده است.

همانگونه که ملاحظه می گردد با توجه به افزایش میانگین دما در آینده انتظار می‌رود که عملکرد محصولات کشاورزی تحت تاثیر قرار بگیرد.

جدول(۳) میانگین دمای کمینه،بیشینه،بارش و تشعشع دردو دوره آینده تحت سه سناریوبرای شهرستان شیراز

GCM	سناریو	دوره زمانی	کمینه	بیشینه	بارش	تشعشع
IPCM4	A1B	۲۰۱۱-۳۰	۱۰/۹۳	۲۶/۷۹	۷۰۷۹	۲۰/۱۶
		۲۰۴۶-۶۵	۱۲/۵۵	۲۸/۴۲	۸۳۰۱	۲۰/۰۶
	A2	۲۰۱۱-۳۰	۱۰/۸۲	۲۶/۶۸	۹۵۰۴	۲۰/۱۶
		۲۰۴۶-۶۵	۱۲/۰۰	۲۷/۸۶	۶۲۷۳	۲۰/۲۲
	B1	۲۰۱۱-۳۰	۱۰/۸۰	۲۶/۶۷	۸۰۵۴	۲۰/۱۳
		۲۰۴۶-۶۵	۱۱/۸۵	۲۷/۷۲	۸۰۹۰	۲۰/۱۳

در این بخش اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد ذرت دوره پایه و آینده در استان فارس مورد بحث و بررسی قرار می-گیرد.برای بررسی عملکرد ذرت از مدل زراعی APSIMاستفاده شده است.که البته قبل از آن لازم است مدل ارزیابی شود.برای ارزیابی مدل که شامل واسنجی و اعتبارسنجی است نتایج زیر به دست آمد:

نتایج واسنجی مدلAPSIM

نتایج حاصل از واسنجی مدل APSIM برای عملکرد دانه برای رقم سینگل کراس ۷۰۴ در سال‌های مختلف نشان دادکه مدل با دقت قابل قبولی این صفات را شبیه‌سازی می‌کند. مقادیر خطای جذر میانگین مربعات و شاخص توافق برای عملکرد دانه به‌ترتیب برابر ۱۰/۰۲ درصد و ۰/۸۷ بود جداول (۳ و ۴).

جدول (۴). نتایج پارامترسنجی مدل برای رقم ذرت سینگل کراس ۷۰۴.

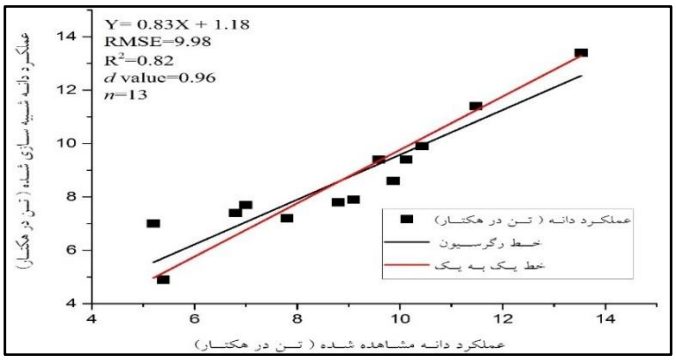
منطقه	سال	تاریخ کاشت	عملکرد دانه(تن در هکتار)	
			مشاهده شده	شبیه‌سازی شده
شیراز	۱۳۸۹	بیستم خرداد	۱۲/۳	۱۴/۱
	۱۳۹۰	بیستم خرداد	۹/۶	۱۰/۷
		بیست و دوم خرداد	۹/۹	۱۰/۸
	۱۳۹۱	بیستم خرداد	۱۲/۸	۱۳/۷
	۱۳۹۲	بیست و چهارم خرداد	۱۲/۹	۱۳/۶
	۱۳۹۳	بیست و دوم خرداد	۱۳/۲۵	۱۴/۶
میانگین			۱۱/۸	۱۲/۹
خطای جذر میانگین مربعات			۱۰/۰۲	
شاخص توافق			۰/۸۷	

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.47.12.4]

نتایج اعتبارسنجی

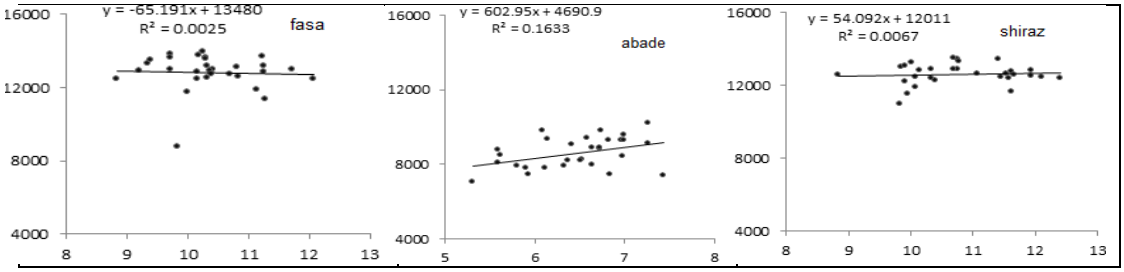
نتایج اعتبارسنجی مدل برای رقم سینگل کراس ۷۰۴ مشخص کرد که که مدل دقت خوبی در شبیه‌سازی عملکرد دانه دارد، به‌طوری‌که مقادیر خطای جذر میانگین مربعات(۹,۹۸)، شاخص توافق(۰,۹۶) و ضریب تبیین (۰,۹۸)برای این رقم سینکل کراس ۷۰۴ بود در واقع دقت بالای اعتبارسنجی مدل نشان‌دهنده پارامترسنجی و واسنجی دقیق این مدل برای رقم سینگل کراس ۷۰۴ می‌باشد شکل (۲).



شکل (۲). نتایج اعتبارسنجی عملکرد دانه برای رقم ذرت سینگل کراس ۷۰۴.

ارتباط بین عملکرد دانه ذرت با دماهای کمینه و بیشینه در دوره پایه

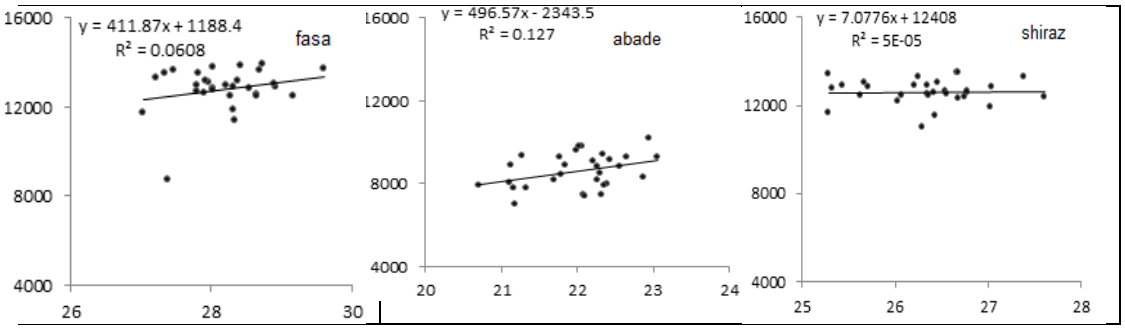
نتایج شبیه‌سازی و بررسی رابطه بین عملکرد ذرت و دمای کمینه در طول فصل رشد ذرت نشان داد که در شهرستان های فسا و شیرازبا کاهش دما تغییرات محسوسی ندارد به غیر از شهرستان آباده با افزایش دما، عملکرد دانه ذرت افزایش یافته است شکل (۳). در شهرستان آباده که جز مناطق سرد استان است به علت بالا رفتن دمای کمینه طی سال‌های آتی عملکرد افزایش می‌یابد. در دمای بیشینه نیز با افزایش دما عملکرد ذرت رو به افزایش است.در شهرستان فسا با افزایش دما بیشترین عملکرد دانه را در طی دوره آماری داشته است شکل(۴).



شکل (۳). ارتباط بین عملکرد دانه ذرت و دمای کمینه دوره پایه (۲۰۱۶-۱۹۷۸) در منطقه مورد بررسی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

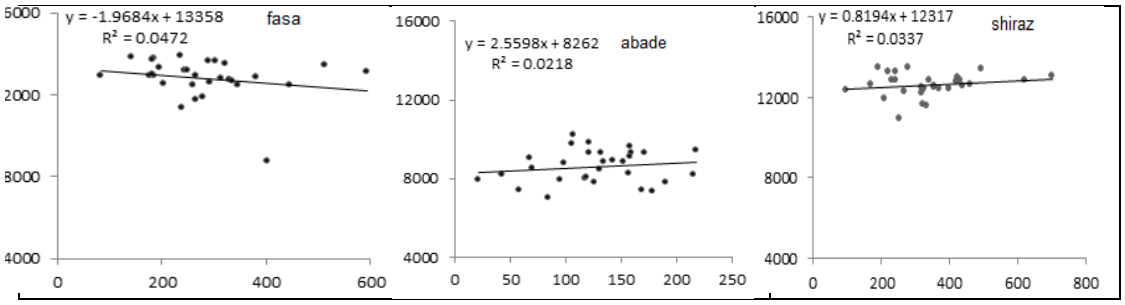
[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.47.12.4]



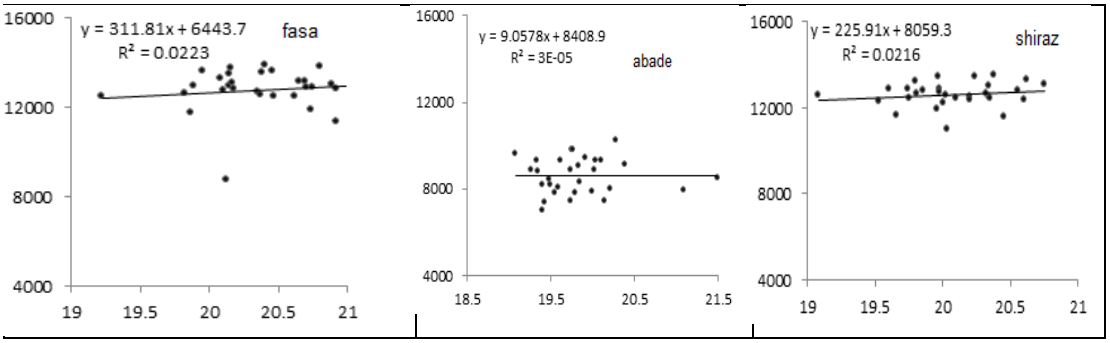
شکل (۴). ارتباط بین عملکرد دانه ذرت و دمای بیشینه دوره پایه (۲۰۱۶-۱۹۷۸) در منطقه مورد بررسی

ارتباط بین عملکرد دانه ذرت با بارندگی و تشعشع در دوره پایه

نتایج شبیه‌سازی و بررسی رابطه بین عملکرد ذرت و میزان بارندگی نشان داد که به طور کلی در شهرستان‌های مورد بررسی استان فارس با افزایش بارندگی‌ها عملکرد دانه ذرت افزایش یافته است.البته با توجه به این که ذرت در استان فارس بصورت آبی است تاثیر بارندگی بیشتر می تواند بر روی منابع تامین آب کشاورزی باشد . در تشعشع نیز با افزایش تشعشع در دوره پایه عملکرد دانه ذرت افزایش یافته است اشکال (۵ و۶).



شکل (۵)ارتباط بین عملکرد دانه ذرت و بارندگی دوره پایه (۲۰۱۶-۱۹۷۸) در منطقه مورد بررسی



شکل (۶). ارتباط بین عملکرد دانه ذرت و تشعشع دوره پایه (۲۰۱۶-۱۹۷۸) در منطقه مورد بررسی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.47.12.4]

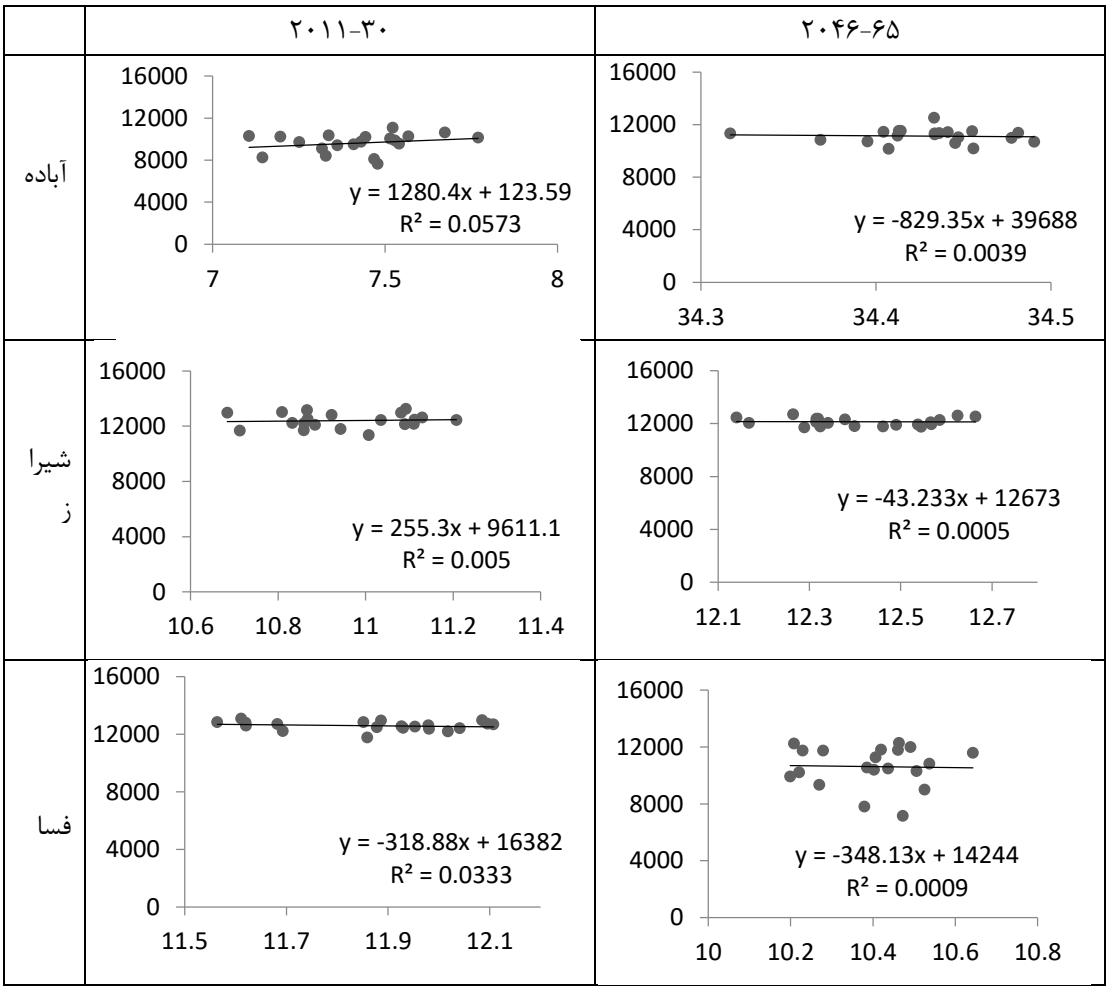
ارتباط عملکرد دانه ذرت و میانگین دمای کمینه در آینده

روند عملکرد دانه ذرت در آینده تحت سناریوها و مدل‌های اقلیمی مختلف نیز در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه افزایشی خواهد بود شکل (۷). این روند در آینده در دوره ۶۵-۲۰۴۶ در شهرستان آباده، فسا و شیراز و در دوره ۳۰-۲۰۱۱ در شهرستان فسا و زرقان کاهشی خواهد بود شکل (۷). بنابراین در شهرستان فسا طی سال‌های آتی با افزایش دمای کمینه، عملکرد دانه ذرت در هر دو دوره کاهش خواهد یافت . نتایج لو و همکاران (۲۰۰۵)در جنوب استرالیا نشان داد که تحت شرایط تغییر اقلیم عملکرد گندم در مناطق مورد بررسی با افزایش دما کاهش می‌یابد. در این مطاالعه به ازای هر درجه سانتی‌گراد افزایش دما، عملکرد گندم ۱۵/۰۷ کیلوگرم در هکتار کاهش می‌یابد. لوبل[۹] و اسنر(۲۰۰۳) با بررسی اثر تغییرات آب و هوا بر عملکرد ذرت و سویا نشان دادند که عملکرد این دو محصول تحت تأثیر دما قرار می‌گیرد. آن‌ها دریافتند که یک روند غیرمعمولی خنکی هوا در تابستان‌های سال های ۱۹۸۲ تا ۱۹۹۸ سبب افزایش عملکرد ذرت و سویا در طول این دوره شده است و افزایش درجه حرارت بر عملکرد این دو محصول اثر منفی داشته است.پنگ[۱۰] و همکاران (2004) طی بررسی اثر تغییرات آب و هوا بر عملکرد برنج در فیلیپین گزارش کردند که متوسط سالانه حداکثر و حداقل دما برای سال‌های ۲۰۰۳-۱۹۷۹ به‌ترتیب ۰/۳۵ درجه سانتی‌گراد و ۱/۱۳ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته و ارتباط نزدیکی بین عملکرد دانه برنج و متوسط درجه حرارت حداقل در طول فصل کاشت خشک (از ژانویه تا آوریل) وجود دارد. آن‌ها هم‌چنین نشان دادند که به ازای هر ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش در دمای حداقل در طول فصل رشد، عملکرد دانه ۱۰٪ کاهش می‌یابد، در حالی‌که اثر دمای حداکثر بر عملکرد محصول ناچیز بوده و افزایش درجه حرارت در شب همراه با گرم شدن کره زمین سبب کاهش عملکرد محصول برنج می‌شود. لیانگچی[۱۱] و همکاران (2005) طی بررسی اثر تغییرات آب و هوا بر عملکرد گندم نتیجه گرفتند که افزایش درجه حرارت بر عملکرد محصول اثر منفی دارد به شکلی که ۱٪ افزایش در دمای فصل رشد، عملکرد گندم را تا حدود ۰/۳٪ کاهش می‌دهد. لیو[۱۲] و همکاران (Liu et al., 2010) در بررسی بر روی گندم و ذرت در چین نشان دادند که گرم شدن هوا در طول دوره رشد رویشی، منجر به کاهش طول دوره رشد برای هر دو محصول شده و به طور کلی بر روی تولید محصول تأثیر منفی خواهد گذاشت.

9 Lobell
10Peng
11Liangzhi
12 Liu

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.47.12.4]



شکل (۷). رابطه عملکرد دانه ذرت با دمای کمینه در شهرستان‌های مختلف استان فارس در دو دوره آینده: اول (۳۰-۲۰۱۱) و دوم (۶۵-۲۰۴۶) و مدل

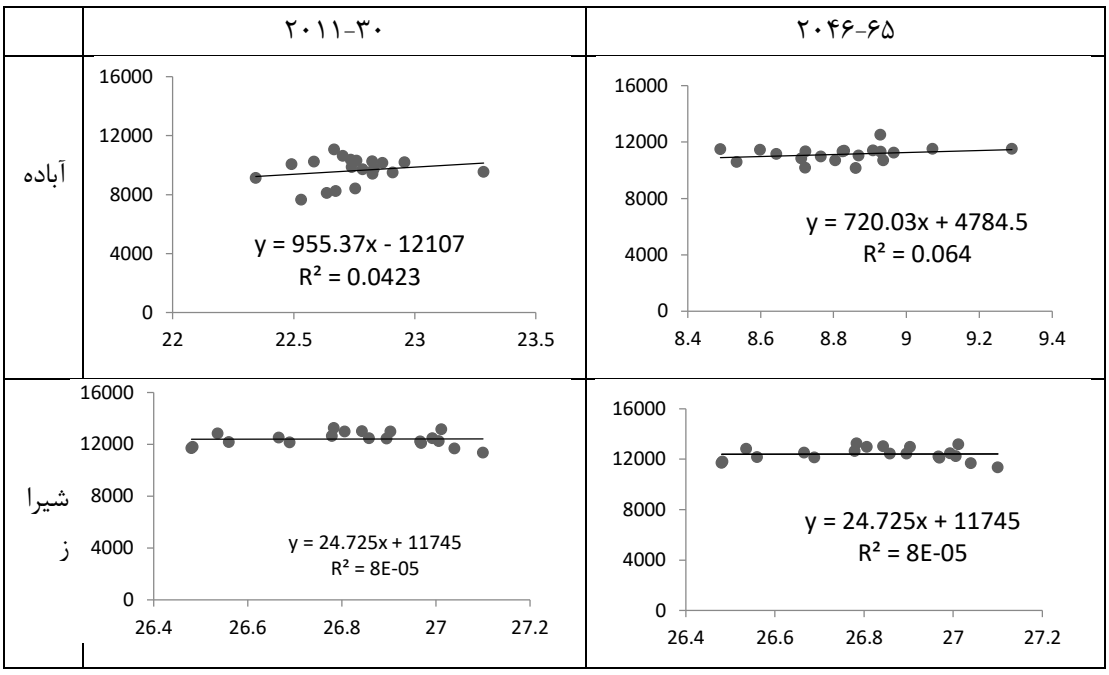
رابطه عملکرد دانه ذرت و میانگین دمای بیشینه در آینده

همان‌طور که در شکل (۸) نشان داده شد عملکرد دانه ذرت در استان فارس در آینده تحت سناریوها و مدل اقلیمی نیز به غیر از ایستگاه فسا افزایشی یا ثابت خواهد بود . این روند در آینده در دوره ۶۵-۲۰۴۶ و دوره ۳۰-۲۰۱۱ در شهرستان‌های فسا کاهشی خواهد بود . بنابراین در شهرستان فسا طی سال‌های آتی با افزایش دمای بیشینه عملکرد دانه ذرت در هر دو دوره کاهش خواهد یافت

در این راستا بیجش و همکاران(۲۰۱۰)، در هند بر گیاه ذرت نشان داد که در صورت افزایش درجه حرارت به میزان ۵ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب شاهد کاهش ۱۶ و ۱۴ درصدی مدت زمان لازم تا گل‌دهی و آغاز دوره پر شدن دانه و

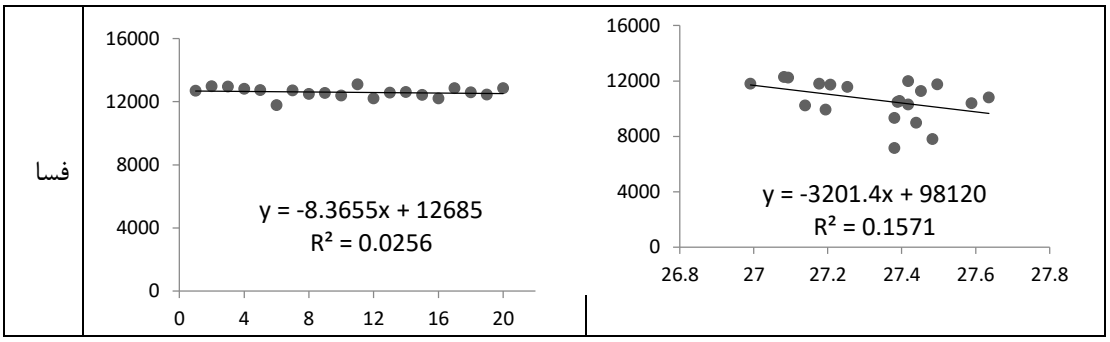
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.47.12.4]

به طور کلی کاهش طول دوره رشد، کاهش شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ ذرت خواهیم بود که نهایتاً منجر به اُفت عملکرد محصول می‌گردد.برزگر و سلطانی (۱۳۸۶) نیز مشاهده کردند که عملکرد نخود در شرایط دیم شمال غرب ایران تحت تغییر اقلیم آینده با افزایش دما کاهش می‌یابد به طوری که افزایش شش درجه سانتی‌گراد دما سبب کاهش ۱۸/۳ درصدی در عملکرد دانه نخود می‌شود.لیو و همکاران (2010) تاثیر تغییر اقلیم را بر عملکرد و نیاز آبیاری جو در دشت هنگ‌های چین مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در اثر این پدیده، دما بین ۲-۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. هم‌چنین تغییرات بارش بین ۳۰- تا ۱۵ درصد گزارش شد. نتایج نشان داد که افزایش دما بر عملکرد گیاهی تاثیر منفی داشته، به گونه‌ای که افزایش دما به مقدار ۲ درجه سانتی‌گراد، کاهش عملکردی به مقدار ۲۲/۸ ± ۱۸/۵- درصد و افزایش دما به مقدار ۵ درجه سانتی‌گراد، کاهش عملکردی به مقدار ۱۳/۲ ± ۲/۳- داشت. موارد مشابهی نیز توسط برخی محققین دیگر گزارش شد (Payane et al., 2004, Xiong et al., 2009, Rosenweig et al., 2004وانگ و همکاران (2011) اثرات تغییر اقلیم را با استفاده از بیست مدل گردش عمومی و شش سناریو بر تولید ذرت در چین مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که عملکرد ذرت در اکثر مناطق مورد بررسی کاهش می‌یابد. نتایج اوزدوگان (2011) در یک بررسی نشان داد که در شرایط تغییر اقلیم تحت سناریوهای تغییر اقلیم و دی‌اکسید کربن عملکرد گندم در دوره‌های مورد بررسی (۴۰-۲۰۲۱، ۶۰-۲۰۴۱ و ۸۰-۲۰۶۱) و مدل‌های اقلیمی مختلف کاهش می‌یابد.



[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.47.12.4]



شکل (۸). ارتباط عملکرد دانه ذرت با دمای بیشینه در شهرستان‌های منتخب در دو دوره آینده (اول (۳۰-۲۰۱۱) و دوم (۶۵-۲۰۴۶).

مقایسه عملکرد دانه ذرت در دو دوره آینده اول ودوم نسبت به دوره پایه

درجدول (۵) مقادیر شبیه‌سازی شده عملکرد دانه را در دوره پایه و دو دوره آینده (۳۰-۲۰۱۱ و ۶۵-۲۰۴۶) تحت سه سناریوی انتشار (B1، A1B و A2) و مدل اقلیمی (IPCM4) نشان داده شده است. در دوره پایه بیش‌ترین عملکرد دانه در شهرستان‌های فسا(۱۲۷۲۰/۰۵کیلوگرم بر هکتار) و کم‌ترین عملکرد دانه در شهرستان آباده (۸۳۳/۸۴ کیلوگرم بر هکتار))مشاهده شد

نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان داد که در شرایط تغییر اقلیم آینده تحت سناریوهای مختلف انتشار،عملکرد دانه ذرت در استان فارس به غیر از شهرستان آباده، روند کاهشی را در دو دوره آینده نسبت به دوره پایه خواهد داشت. در شهرستان آباده در بین سناریوهای مختلف، عملکرد دانه در مقایسه با دوره پایه (۸۳۳/۸۴ کیلوگرم در هکتار) از ۹۴۷۸/۵۸ کیلوگرم در هکتار در دوره ۳۰-۲۰۱۱ تحت سناریوی B1 تا ۱۱۵۹۸/۷۸ کیلوگرم در هکتار در دوره ۶۵-۲۰۱۱ تحت سناریوی A1B تغییر خواهد کرد (جدول۵) و شکل(۹). عملکرد دانه ذرت تحت سناریوی A2 و B1 در هر دو دوره مورد مطالعه در شهرستان‌های فسا کاهش می‌یابد.

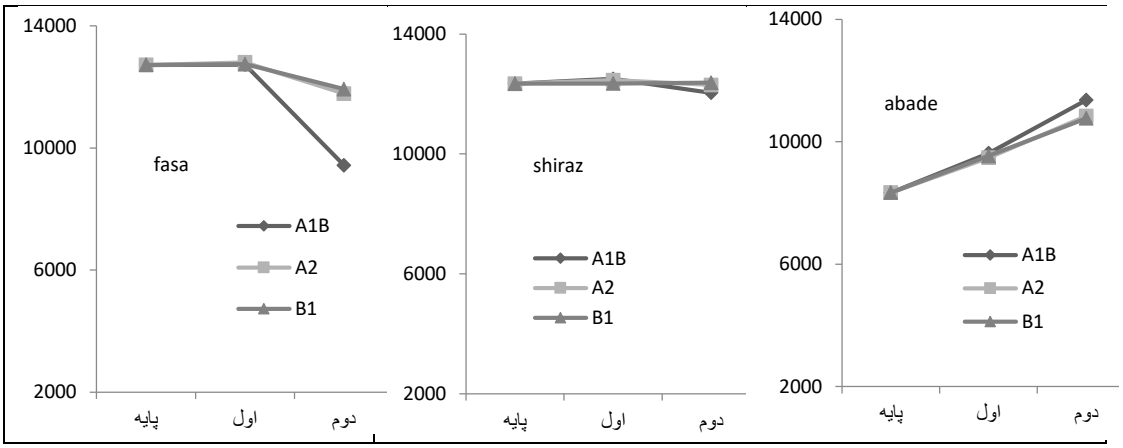
در شهرستان شیراز نیز در دوره ۶۵-۲۰۴۶، تحت سناریوی A1B و A2 عملکرد دانه ذرت نسبت به دوره پایه (۱۲۳۴۳/۸۱ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب به ۱۱۶۵۵/۳۹ کیلوگرم در هکتار و ۱۲۰۲۱/۹۸ کیلوگرم در هکتار نیزکاهش می یابد. البته میزان کاهش عملکرد در شهرستان شیراز چندان زیاد نخواهد بود(جدول۵) و شکل(۹).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.47.12.4]

جدول(۵). عملکرد دانه ذرت (کیلوگرم در هکتار)در شهرستان‌های منتخب استان فارس با استفاده از مدل و سناریوهای انتشار در دو دوره آینده (اول (۳۰-۲۰۱۱) و دوم (۶۵-۲۰۴۶)) نسبت به دوره پایه (۲۰۱۶-۱۹۸۶)

GCM	سناریو	دوره زمانی پایه و آینده	فسا	شیراز	آباده
IPCM4			۱۲۷۲۰/۰۵	۱۲۳۴۳/۸۱	۸۳۳/۸۴
	A1B	۲۰۱۱-۳۰	۱۲۷۲۸/۴۰	۱۲۵۰۴/۳۷	۹۶۲۴/۱۲
		۲۰۴۶-۶۵	۹۴۳۳/۸۱	۱۲۰۴۲/۸۱	۱۱۳۵۸/۸۴
	A2	۲۰۱۱-۳۰	۱۲۸۰۴/۰۴	۱۲۴۶۲/۰۱	۹۵۷۸/۵۸
		۲۰۴۶-۶۵	۱۱۷۸۱/۶۸	۱۲۳۰۳/۹۵	۱۰۸۳۴/۶۱
	B1	۲۰۱۱-۳۰	۱۲۷۴۳/۹۱	۱۲۳۵۰/۵۸	۹۴۳۴/۵۳
		۲۰۴۶-۶۵	۱۱۹۳۰/۵۸	۱۲۳۷۴/۸۴	۱۰۷۶۲/۸۱



شکل (۹). مقایسه عملکرد دانه ذرت در شهرستان‌های منتخب استان فارس با استفاده از مدل و سناریوهای انتشار در دو دوره آینده (اول (۳۰-۲۰۱۱) و دوم (۶۵-۲۰۴۶)) نسبت به دوره پایه (۲۰۱۶-۱۹۸۶)

تحلیل واریانس عملکرد ذرت در شهرستان آباده ، شیراز و فسا

همانگونه که در شکل (۱۰)ملاحظه می گردد عملکرد ذرت آباده در دوره پایه کمترین میزان را به خود اختصاص داده است و در دهه ۳۰ و ۵۰ روند افزایشی دارد که در دوهه ۳۰ و ۵۰ دربین سناریو ها سناریو A1Bعملکرد بیشتر است. همانگونه که در شکل (۱۱) نیز عملکرد ذرت شیراز در دوره پایه بیشترین میزان را به خود اختصاص داده است و در دهه ۳۰ و ۵۰ روند کاهشی داشته که این کاهش در دهه ۵۰ بیشتر است. همانگونه که در شکل (۱۲)ملاحظه می گردد عملکرد ذرت فسا در دوره پایه و دهه ۳۰ بیشترین میزان را به خود اختصاص داده است و در دهه ۵۰ روند کاهشی (بویژه با سناریوA1B) داشته است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.47.12.4]

```
Level          N   Mean  StDev  ------+---------+---------+---------+---
abade_base    30   8055   1701  (--*--)
abade_A1B.30  20   9624    946          (---*---)
abade_A2.30   20   9479    951         (---*---)
abade_B1.30   20   9535    924          (--*---)
abade_A1B.50  20  11359    523                      (---*--)
abade_A2.50   20  10835    596                 (---*---)
abade_B1.50   20  10763    609                 (---*---)
                        ------+---------+---------+---------+---
                          8400      9600     10800     12000
```

شکل (۱۰) نتایج آنالیزواریانس عملکرد آباده با دوره پایه و وضع آینده تحت سه سناریو و دو دوره

```
Level          N   Mean  StDev  -------+---------+---------+---------+--
shiraz_base    30  12595   572                    (------*------)
shiraz_A1B.30  20  12504   568                (--------*--------)
shiraz_A2.30   20  12462   574               (-------*--------)
shiraz_B1.30   20  12351   574            (--------*--------)
shiraz_A1B.50  20  12043   365  (--------*--------)
shiraz_A2.50   20  12304   350          (--------*--------)
shiraz_B1.50   20  12375   353            (--------*--------)
                        -------+---------+---------+---------+--
                          12000     12250     12500     12750
```

شکل (۱۱). تحلیل واریانس عملکرد ذرت شهرستان شیراز با دوره پایه و وضع آینده تحت سه سناریو و دو دوره

```
Level          N   Mean  StDev  -----+---------+---------+---------+----
fasa_base     30  12803   988                        (--*--)
fasa_A1B.30   20  12728   319                         (---*---)
fasa_A2.30    20  12804   328                         (---*---)
fasa_B1.30    20  12744   317                        (---*---)
fasa_A1B.50   20   9434  2304  (---*--)
fasa_A2.50    20  11782   733                 (---*---)
fasa_B1.50    20  11931   750                  (--*---)
                        -----+---------+---------+---------+----
                         9600     10800     12000     13200
```

شکل (۱۲). آنالیزواریانس عملکرددذرت شهرستان فسا با دوره پایه و وضع آینده تحت سه سناریو و دو دوره

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.47.12.4]

نتیجه گیری

در این تحقیق اثرات تغییراقلیم تحت سناریوها (B1، A1B و A2) و با مدل اقلیمی IPCM4 بر عملکرد دانه ذرت درسه شهرستان استان فارس در شرایط پتانسیل مورد بررسی قرار گرفت. مولد LARS-WG در ایستگاه‌های مذکور به خوبی متغییرهای مورد بررسی را شبیه‌سازی کرد. به طور کلی نتایج نشان داد که میانگین دما کمینه و بیشینه در استان فارس روند افزایشی خواهد داشت. روند تغییرات بارش طی دوره‌های آتی نیز روند کاهشی نشان داده و متغییر تشعشع تغییر چندانی نخواهد کرد. به طور متوسط بیش‌ترین تغییرات دمای کمینه در شهرستان‌های آباده و فسا مشاهده شد. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان داد که تحت تغییر اقلیم آینده و افزایش دما کاهش بارندگی در شهرستان-های استان فارس به غیر از آباده عملکرد دانه در شرایط پتانسیل روند کاهشی خواهد داشت. در برخی از مناطق مانند آباده نیز با توجه به افزایش میانگین دمای فصل رشد و مطلوب شدن شرایط برای رشد و نمو ذرت در مقایسه با سایر مناطق داشت و عملکرد دانه به مقدار بیش‌تری افزایش یافت. ارزیابی مدل APSIM-Maize نشان داد که این مدل مراحل فنولوژیکی(روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک)با دقت بالایی شبیه سازی می کند، که نشان دهنده ساختار مناسب مدل در شبیه سازی مراحل فنولوژیکی است .بنابراین این مدل می‌تواند در تصمیم گیری‌های مدیریتی مزرعه مورد استفاده قرار گیرد. .به طور کلی نتایج بر آورد پارمترهای ارقام ذرت، واسنجی و ارزیابی مدل APSIM نشان داد که با توجه به دقت بالای پارامترهای به دست آمده از طریق واسنجی و اعتبارسنجی مدل، این پارامترها می تواند به طور دقیقی برای شبیه سازی عملکرد دانه تحت شرایط تغییر اقلیم مورد استفاده قرارگیرد.

منابع

احمدی ، محمود؛ میرحاجی ، هانیه ؛ ۱۳۹۱؛ **ارزیابی تاثیرات تنشهای گرمایی در کشت ذرت (مطالعه موردی استان قزوین)** ؛ علوم محیطی ؛ **۳:** ۱۲۸-۱۱۹ .

جمالی، علی؛ احمدوند، گودرز؛ سپهری، علی؛ جاهدی، آژنگ؛ ۱۳۸۹؛ **دوره بحرانی کنترل علفهای هرز در ذرت**؛ حفاظت گیاهان؛ **۲۴(۴)**: ۴۶۴-۴۵۷.

دهقان‌پور، زیبنده. ۱۳۸۷. **گزارش نهایی طرح تحقیقاتی تعیین تاریخ کاشت مناسب ارقام جدید زودرس و متوسط رس ذرت در منطقه معتدل استان فارس**. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان ترویج، آموزش و تحقیقات کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس. ۳۱ صفحه.

صالحی، بهروز. ۱۳۸۳. **بررسی اثرات فاصله ردیف و تراکم بوته بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در منطقه میانه**. مجله علوم زراعی ایران، **۶(۴)**: ۳۹۳ -۳۸۳.

چوگان، رجب؛ ۱۳۹۰ ؛ **ارزیابی نیاز گرمایی هیبریدهای گروه های رسیدگی ذرت در منطقه معتدل فارس**؛ علوم زراعی ایران؛ **۱۳(۲)**: ۲۶۸-۲۵۳.

حاتمی، حمید؛ عزیزی، مهدی؛ سلطانی، افشین؛ دادخواه، علیرضا؛ ۱۳۸۸؛ **عکس العمل ذرت دانه‌ای رقم KSC704 به آرایش و تراکم کاشت در استان خراسان شمالی**؛ کشاورزی پویا؛ **۶(۳)**: ۳۴۵ -۳۳۳.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.47.12.4]

رحیمی مقدم ، سجاد؛ کامبوزیا، جعفر؛ دیهیم فرد، رضا. (۱۳۹۵). **بررسی کارایی آب ذرت(Zea mays L.) در اقلیم های گرم**، فصلنامه علوم محیطی، **۱۴(۳)**: ۲۶-۳۹.

روستایی، مریم؛ سهرابی، تیمور؛ مساح بوانی، علیرضا؛ احدی، محمد صادق؛۱۳۹۱؛ **بررسی عملکرد و بهره وری آب گیاه ذرت در سطوح مختلف ریسک تحت تاثیر تغییر اقلیم در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰**؛ آب و خاک **۲۶(۲)**: ۳۶۱-۳۷۱.

زنده دل، حسن؛ سلیمی،زهره؛نوروزی، محرم؛۱۳۹۰؛ **راهنمای گردشگری ایران**:فارس؛ایرانگردان.

صالحی، بهروز. (۱۳۸۳). **بررسی اثرات فاصله ردیف و تراکم بوته بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در منطقه میانه**، مجله علوم زراعی ایران. **۶(۴)**: ۳۹۳ -۳۸۳.

مرکزآمار و فناوری اطلاعات تهران؛۱۳۸۴؛ **سازمان جهاد کشاورزی استان فارس**.

علیزاده ،امین؛ لشکری ،اعظم؛ بنایان اول ،محمد ؛۱۳۹۰ ؛ **بررسی امکان کاهش اثر تغییر پارامترهای اقلیمی بر تولید ذرت دانه ای در شمال شرق ایران**؛ آب و خاک ؛ **۲۵(۴)** : ۹۳۹-۹۲۶.

مصطفوی ،خداداد؛گلباشی، محمد؛ خاوری خراسانی، سعید؛ ۱۳۹۰؛**مطالعه عکس العمل هیبریدهای سینگل کراس ذرت دانه ای نسبت به تنش خشکی با استفاده از روش های چندمتغیره آماری** ؛زراعت واصلاح نباتات؛ **۷(۱)**: ۱۳۲ – ۱۱۷.

مرادی، روح اله؛ کوچکی، علیرضا و نصیری محلاتی، مهدی (۱۳۹۲). **تاثیر تغییر اقلیم بر تولید ذرت و ارزیابی تغییر تاریخ کاشت بعنوان راهکارسازگاری در شرایط آب و هوایی مشهد**. مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار،**۲۳(۴)**:۱۱۱-۱۳۰.

مستوفی سرکاری ،محمد رضا؛ ۱۳۸۹؛ **بررسی و تعیین تلفات برداشت کمباینی ذرت دان های به منظور ارائه راهکارهای لازم کاهش تلفات** ؛ ماشین های کشاورزی؛ **۱**: ۱۶-۱۰

منصوری فر, سیروس؛ مدرس ثانوی ,سید علی؛ جلالی جواران، مختار؛ قلاوند ، امیر؛۱۳۸۴ ؛ **تاثیر تنش رطوبتی ونیتروژن بر عملکرد دو رقم ذرت**؛ علوم کشاورزی و منابع طبیعی؛ **۱۲(۴)** :۳۷۱-۳۶۱

هرتمنی ، مژگان؛ ایزدپناه ،کرامت الله ؛۱۳۸۵ ؛ تعیین برخی ویژگی های فیزیکو شیمیایی وردیابی سرولوژیکی جدایه ایرانی ویروس کوتولوگی زبر ذرت؛ بیماری های گیاهی؛ **۴۲**: ۵۷۵-۵۶۴ .

Abraha M.G., and Savage M.J.(2009). **Potential impacts of climate change on the grain yield of maize for the midlands of KwaZulu-Natal, South Africa**. Agricultural Ecosystems and Environment, **115**: 150-160.

Byjesh, K., K, S., Aggarwal, P.K, (2010). **Simulating impacts, potential adaptation and vulnerability of maize to climate change in India. Mitig. Adapt. Strateg**. Glob. Change. **15**, 413–431.

Challinor A.J., Wheeler T.R., Craufurd P.Q., Ferro C.A.T., Stephenson D.B. (2007a) **Adaptation of crops to climate change through genotypic responses to mean and extreme temperatures**, Agr. Ecosyst. Environ. **119**, 190–204.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.47.12.4]

Elmahdi, A., N. Shahkarami , S. Morid 2 and A.R. Massah Bavani(۲۰۰۹) **Assessing the impact of AOGCMs uncertainty on the risk of agricultural water demand caused by climate change,** 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia.3925

FAO statistics,2008.http://faostat.fao.org.12 August 2010.

FAO. 2008. **Crop Prospects and Food Situation,** 3, July 2008. FAO Refer-ences, Rome, Italy.

Guiteras, R., 2007, **The impact of climate change on Indian agriculture**, Job market paper-Draft, Department of Economics, MIT: 52.

Liu, Y., Wang, E., Yang, X., Wang, J., 2010. **Contributions of climatic and crop varietal changes to crop production in the North China Plain, since 1980s**. Global Change Biology. **16**, 2287-2299.

Lobell, D., Asner, G., 2003. **Climate and management contributions to recent trends in U.S agricultural yields,** Journal of Science. 1002-1023.

McCown, R.L., Hammer, G.L., Hargreaves, J.N.G., Holzworth, D., Huth, N.I., 1995. **APSIM: an agricultural production system simulation model for operational research.** Mathematic and Computer in Simulation. 39: 225- 231.

Meza F.J., Silva D., and Vigil H.(2008). **Climate change impacts on irrigated maize in Mediterranean climates:Evaluation of double cropping as an emerging adaptation alternative**. Agricultural Systems, **98**: 21-30.

Semenov, M.A, 2009**. Impacts of climate change on wheat in England and wales**. The Royal Society. **6**: 343-350.

Tingem M., Pivington M., Bellocchi G., 2009, **Adaptation assessments for crop production in response to climate change in Cameroon,** Agronomy for sustainable development,**29**: 147-256.

Tingem M., Rivington M., Azam Ali S.N., Colls J.J. (2008b) **Climate variability and maize production in Cameroon: simulating the effects of extreme dry and wet years**, Singapore Journal of Tropical Geography.

Tingem M., Rivington M., Azam Ali S.N., Colls J.J. (2008b) **Climate variability and maize production in Cameroon: simulating the effects of extreme dry and wet years**, Singapore Journal of Tropical Geography.

Xiong,w, Matthews, R, Holman,I(2007), **Modelling China's potential maize production at regionalscale under climate change**, Climatic Change, **85**:433–451

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.47.12.4]