دانشگاه فردوسی مشهد
دانشکده کشاورزی
پایان‌نامه کارشناسی ارشد

بررسی آسیب‌پذیری رشد و فنولوژی ارقام ذرت در خراسان رضوی تحت سناریوهای مختلف مدل‌های اقلیمی

مژگان ضیغمی

استاد راهنما
دکتر امین علیزاده

استادان مشاور
دکتر محمد بنایان اول
دکتر حسین انصاری

شهریور ۱۳۹۲

دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب

از این پایان نامه کارشناسی ارشد توسط مژگان ضیغمی دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی آبیاری و زهکشی در تاریخ ۱۳۹۲/۶/۲۳ در حضور هیات داوران دفاع گردید. پس از بررسی های لازم، هیات داوران این پایان نامه را با نمره عدد حروف و با درجه مورد تایید قرار داد.

عنوان پایان نامه: بررسی آسیب پذیری رشد و فنولوژی ارقام ذرت در خراسان رضوی تحت سناریوهای مختلف مدل های اقلیمی

سمت در هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	گروه	دانشگاه / موسسه	امضاء
داور	علیرضا فریدحسینی	استادیار	آب	فردوسی‌مشهد	
داور	محمد موسوی بایگی	استاد	آب	فردوسی‌مشهد	
استاد راهنما	امین علیزاده	استاد	آب	فردوسی‌مشهد	
استاد مشاور	محمد بنایان اول	دانشیار	زراعت	فردوسی‌مشهد	
استاد مشاور	حسین انصاری	دانشیار	آب	فردوسی‌مشهد	
نماینده تحصیلات تکمیلی	علی‌نقی ضیایی	استادیار	آب	فردوسی‌مشهد	
مدیر گروه	امین علیزاده	استاد	آب	فردوسی‌مشهد	

تعهد نامه

عنوان پایان‌نامه: بررسی آسیب‌پذیری رشد و فنولوژی ارقام ذرت در خراسان رضوی تحت سناریوهای مختلف مدل‌های اقلیمی

اینجانب مژگان ضیغمی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی دکتر امین علیزاده متعهد می شوم:

- نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می گیرم.
- در خصوص استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد یگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت خواهد شد.
- در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافتهای آنها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.

تاریخ

نام و امضاء دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- **کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.**
- **استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.**

سپاسگزاری

خدایا...
چه لحظه‌هایی که در زندگی تو را گم کردم اما تو همیشه کنارم بودی، چه دقیقه‌ها که حضورت را فراموش کردم اما تو فراموشم نکردی، وقتی خسته از همه جا و همه کس ناامیدانه به تو پناه آوردم تو پناهم دادی...

خدایا...

به پاس بخشندگی و لطفت از تو سپاسگزارم...

شایسته است تقدیر و تشکر از اساتید عالیقدرم که در طول سال‌های تحصیل، شاگردی‌شان را کرده‌ام، به ویژه

جناب آقای دکتر علیزاده

به پاس زحمات بی‌دریغ و دلسوزی‌های پدرانه‌شان

جناب آقای دکتر بنایان اول

به پاس لطف بی‌شائبه و راهنمایی‌های ارزنده‌شان

و جناب آقای دکتر انصاری

به پاس صمیمیت و فروتنی‌شان

و در نهایت صمیمانه‌ترین سپاس‌ها را دارم از:

پدر و مادر عزیزم
به پاس تعبیر عظیم و انسانی‌شان از کلمه ایثار، گرمای امید بخش وجودشان و محبت‌های بی‌دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند

و خواهران و برادرعزیزم
به پاس قلب‌های بزرگ و وجود پرمهرشان که با صبر و پشتیبانی خود امید موفقیت را در من زنده نگاه داشته‌اند.

چکیده

حساسیت بالای تولیدات کشاورزی به شرایط اقلیمی و اثرات تغییرات الگوهای دما و بارش بر رشد و توسعه‌ی گیاهان، اهمیت تحقیقات متمرکز در این زمینه را آشکار می‌سازد. علاوه بر این، با توجه به اهمیت اجتماعی و اقتصادی کشاورزی برای امنیت غذایی و به منظور فراهم ساختن اطلاعات لازم برای اجرای استراتژی‌های سازگاری مناسب، لازم است تا ارزیابی‌هایی از چگونگی اثرگذاری تغییر اقلیم پیش رو بر عملکرد محصول صورت گیرد. به همین منظور، هدف از این تحقیق، ارزیابی پتانسیل اثرات تغییر اقلیم بر رشد و فنولوژی ۳ رقم ذرت در ۶۲ گرید در خراسان رضوی با در نظر گرفتن ۳ مدل گردش عمومی جو (CGCM2، CSIRO2 و HADCM3) و ۴ سناریوی انتشار (A1FI، A2، B1 و B2) از مجموعه داده‌های واحد تحقیقات آب و هواشناسی (CRU) است، که منعکس کننده عدم‌قطعیت بالا در پیش بینی آب و هوای آینده می‌باشد. مدل CSM-CERES-Maize در ترکیب با دو مولد آب و هوایی (SIMMETEO و WGEN) به منظور تعیین اثرات تغییر اقلیم بر رشد و فنولوژی ذرت در دوره‌ی پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) و آینده (۲۰۶۰-۲۰۳۱) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که دمای ماکزیمم و مینیمم تحت هر ۱۲ سناریوی اقلیمی افزایش می‌یابد و میزان افزایش در دمای مینیمم بیش از دمای ماکزیمم است. الگوی مکانی درصد تغییرات دمای میانگین نسبت به دوره‌ی پایه نشان می‌دهد بیشترین کاهش دما مربوط به شمال شرق و جنوب غرب استان و بیشترین افزایش دما مربوط به مشهد، چناران و قوچان خواهد بود. در مورد بارش روند خاصی در همه‌ی سناریوها دیده نشد. تاریخ گل‌دهی، تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره‌ی رشد، حداکثر شاخص سطح برگ و وزن زیست توده در اکثر نقاط استان و تحت هر سه رقم کاهش خواهد یافت، که این اختلاف‌ها همگی در سطح ۵ درصد معنادار می‌باشد. میزان تبخیر و تعرق در رقم سینگل‌کراس ۷۰۴ بر خلاف دو رقم دیگر تحت هر ۱۲ سناریوی اقلیمی افزایش یافت. الگوی مکانی میانگین برای آینده حاکی از آنست که به طور کلی تبخیر و تعرق در شرق استان افزایش و در قسمت‌های شمال و شمال‌غرب کاهش می‌یابد، همچنین الگوی مکانی درصد تغییرات وزن زیست توده برای هر سه رقم سینگل‌کراس بیانگر افزایش وزن زیست توده در نواحی مرکزی استان و کاهش شدید آن در نواحی جنوب غرب استان به خصوص در رقم سینگل‌کراس ۲۶۰ می‌باشد. به نظر می‌رسد استراتژی سازگاری در نظر گرفته شده (استفاده از ارقام با تحمل گرمایی بالا) یک راهکار مفید در واکنش به تغییراقلیم باشد.

کلیدواژه‌ها: اثرات تغییر اقلیم، استراتژی سازگاری، تولید ذرت، مولد آب و هوایی

فهرست مطالب

۱ فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ بیان مسئله ۲

۱-۳ فرضیات تحقیق ۴

۱-۴ اهداف تحقیق ۵

۲ فصل دوم: بررسی منابع ۷

۲-۱ مقدمه ۷

۲-۲ تغییراقلیم ۷

۲-۳ تغییرات شاخص‌های اقلیمی و اثرات آن‌ها در بخش کشاورزی ۸

۲-۴ مدل‌ها و پیش بینی‌های اقلیمی ۹

۲-۴-۱ سناریوهای انشار ۹

۲-۴-۲ مدل‌های اقلیمی ۱۱

۲-۵ ریز مقیاس نمایی ۱۳

۲-۶ سوابق تحقیق ۱۴

۳ فصل سوم: مواد و روش‌ها ۲۳

۳-۱ مقدمه ۲۳

۳-۲ منطقه مورد مطالعه ۲۴

۳-۳ داده‌های اقلیمی ۲۵

۳-۳-۱ بسته‌ی CRU CL 1.0 ..... ۲۵

۳-۳-۲ بسته‌ی TYN SC 2.0 ..... ۲۶

۳-۳-۳ بسته‌ی CRU TS 2.0 ..... ۲۸

۳-۳-۴ داده‌های افرودیت ۳۱

۳-۴ محاسبه دمای ماکزیمم و مینیمم ۳۲

۳-۵ تابش‌خورشیدی ۳۲

۳-۶ مولدهای آب و هوایی ۳۳

۳-۶-۱ مولد WGEN ۳۳

۳-۶-۲ مولد SIMMETEO ۳۴

۳-۶-۳ ارزیابی مولد آب و هوایی ۳۴

۳-۷ داده‌های خاک ۳۶

۳-۷-۱ *منبع داده‌های خاک* ۳۶
۳-۷-۲ *ویژگی‌های خاک* ۳۷
۳-۸ سطح زیرکشت ۳۷
۳-۹ مدل *CSM-CERES-MAIZE* ۳۸
۳-۹-۱ *توصیف مدل* ۳۸
۳-۹-۲ *داده‌های ورودی* ۳۸
۳-۹-۲-۱ آب و هوا ۳۸
۳-۹-۲-۲ خاک ۳۹
۳-۹-۲-۳ ضرایب ژنتیکی ۳۹
۳-۹-۲-۴ مدیریت زراعی ۳۹
۳-۹-۳ *شبیه‌سازی مدل و آنالیز روش‌ها* ۴۰
۳-۹-۳-۱ کالیبراسیون مدل ۴۰
۳-۹-۳-۲ ارزیابی مدل ۴۱
۳-۱۰ ارزیابی اثرات تغییراقلیم ۴۲
۳-۱۱ ارزیابی استراتژی‌های سازگاری ۴۳

۴ فصل چهارم: تجزیه و تحلیل ۴۵

۴-۱ مقدمه ۴۵
۴-۲ شرایط اقلیمی در دوره‌ی پایه ۴۵
۴-۳ ارزیابی مولد *SIMMETEO* ۴۷
۴-۴ ارزیابی مولد *WGEN* ۴۹
۴-۵ مقایسه‌ی دما و بارش دوره‌ی پایه با دوره‌ی آینده در خراسان رضوی ۴۹
۴-۶ مقایسه الگوی مکانی بارش و دمای میانگین در دوره‌ی پایه و آینده ۵۴
۴-۷ داده‌های خاک ۵۷
۴-۸ سطح زیرکشت ۵۸
۴-۹ کالیبراسیون مدل ۵۸
۴-۹-۱ *ضرایب ژنتیکی ذرت در مدل CSM-CERES-MAIZE* ۵۸
۴-۱۰ ارزیابی مدل ۵۹
۴-۱۱ تبخیر و تعرق ۶۰
۴-۱۲ وزن زیست‌توده ۶۱
۴-۱۳ طول دوره‌ی رشد ۶۳
۴-۱۴ حداکثر شاخص سطح برگ ۶۵

۴-۱۵ تاریخ گل‌دهی ۶۵
۴-۱۶ تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک ۶۶
۴-۱۷ تغییرات الگوی مکانی ۶۶
۴-۱۸ استراتژی سازگاری ۷۰
۵ فصل پنجم: نتایج و پیشنهادات ۷۵
۵-۱ مقدمه ۷۵
۵-۲ نتایج ۷۵
۵-۳ پیشنهادات ۷۹
۶ منابع ۸۱
۷ پیوست۱. فهرست اسامی لاتین ۸۷

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱. سناریوهای انشار ارائه شده توسط پنل بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) ۱۰

شکل ۳-۱. مراحل کلی انجام تحقیق ۲۴

شکل ۳-۲. موقعیت طرح و لایه رستر ارتفاع خراسان رضوی با قدرت تفکیک ۰/۵ در ۰/۵ درجه طول و عرض جغرافیایی ۲۵

شکل ۳-۳. موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی استفاده شده در ارزیابی مولد SIMMETEO ۳۶

شکل ۳-۴. طرح مطالعه اثرات تغییر اقلیم ۴۲

شکل ۴-۱. تغییرات بارش در خراسان رضوی در دوره‌ی پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) ۴۶

شکل ۴-۲. تغییرات حداکثر و حداقل دما در خراسان رضوی در دوره‌ی پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) ۴۶

شکل ۴-۳. تغییرات تعداد روزهای مرطوب در خراسان رضوی در دوره‌ی پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) ۴۷

شکل ۴-۴. تغییرات تابش‌خورشیدی در خراسان رضوی در دوره‌ی پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) ۴۷

شکل ۴-۵. مقایسه‌ی دمای میانگین در دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) و آینده (۲۰۶۰-۲۰۳۱) تحت سه مدل hadcm3، Csiro2، Cgcm2 و چهار سناریوی انتشار A1FI، A2، B1و B2 ..... ۵۰

شکل ۴-۶. مقایسه‌ی بارش در دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) و آینده (۲۰۶۰-۲۰۳۱) تحت سه مدل hadcm3، Csiro2، Cgcm2 و چهار سناریوی انتشار A1FI، A2، B1و B2 ..... ۵۲

شکل ۴-۷. الگوی مکانی بارش و دمای میانگین در دوره پایه (۱۹۹۰- ۱۹۶۱) ۵۴

شکل ۴-۸. الگوی مکانی درصد تغییرات دمای میانگین نسبت به دوره پایه تحت ۱۲ سناریوی اقلیمی ۵۵

شکل ۴-۹. الگوی مکانی درصد تغییرات بارش نسبت به دوره پایه تحت ۱۲ سناریوی اقلیمی ۵۶

شکل ۴-۱۰. لایه رستر سطح زیرکشت ۵۸

شکل ۴-۱۱. تغییرات تبخیر و تعرق در دوره‌ی آینده (۲۰۶۰- ۲۰۳۱) نسبت به دوره‌ی پایه (۱۹۹۰- ۱۹۶۱) برای سه‌رقم سینگل‌کراس ۲۶۰، ۵۰۴، ۷۰۴ تحت ۱۲ سناریوی اقلیمی ۶۲

شکل ۴-۱۲. تغییرات وزن زیست توده در دوره‌ی آینده (۲۰۶۰- ۲۰۳۱) نسبت به دوره‌ی پایه (۱۹۹۰- ۱۹۶۱) برای سه‌رقم سینگل‌کراس ۲۶۰، ۵۰۴، ۷۰۴ تحت ۱۲ سناریوی اقلیمی ۶۴

شکل ۴-۱۳. الگوی مکانی شبیه‌سازی تبخیر و تعرق در دوره‌ی پایه و درصد تغییرات نسبی تبخیر و تعرق در دوره‌ی آینده برای رقم‌های سینگل‌کراس ۲۶۰، ۵۰۴، ۷۰۴ ..... ۶۷

شکل ۴-۱۴. الگوی مکانی شبیه‌سازی وزن زیست‌توده در دوره‌ی پایه و درصد تغییرات نسبی وزن زیست‌توده در دوره‌ی آینده برای رقم‌های سینگل‌کراس ۲۶۰، ۵۰۴، ۷۰۴ ..... ۶۹

شکل ۴-۱۵. مقایسه‌ی وزن‌زیست‌توده در مدل Hadcm3 و سناریوهای A1FI، A2، B1، B2 در سال ۱۹۹۰ (رقم سینگل‌کراس ۲۶۰) و سال ۲۰۶۰ (رقم‌های سینگل‌کراس ۲۶۰، ۵۰۴ و ۷۰۴) در شهر مشهد ۷۳

شکل ۴-۱۶. مقایسه‌ی شاخص سطح برگ در مدلHadcm3 و سناریوهایA1FI، A2، B1، B2 در سال ۱۹۹۰ (رقم سینگل‌کراس۲۶۰) و سال ۲۰۶۰ (رقم‌های سینگل‌کراس ۲۶۰، ۵۰۴ و ۷۰۴) در شهر مشهد ۷۴

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱. خلاصه‌ای از سناریوهای SRES در سال ۲۱۰۰ (نسبت به دوره‌ی مبنا،۱۹۹۰– ۱۹۶۱)..... ۱۱

جدول ۲-۲: مشخصات سه GCM مورد استفاده به همراه قدرت تفکیک مکانی و منبع..... ۱۲

جدول ۳-۱. معرفی اجزاء بسته TYN SC 2.0..... ۲۷

جدول ۳-۲. نمادهای اصلی رابطه‌ی ساخت سناریوی اقلیمی..... ۲۷

جدول ۳-۳. نمادهای فرعی رابطه‌ی ساخت سناریوی اقلیمی..... ۲۸

جدول ۳-۴. متغیرهای اقلیمی، واحدها و محدوده مجاز..... ۲۸

جدول ۳-۵. متغیرهای قابل دسترسی از بسته‌ی Cru TS 2.0..... ۲۹

جدول ۳-۶. طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع گریدهای محدوده مورد مطالعه..... ۲۹

جدول ۴-۱. مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده در ارزیابی مولد و گریدهای منطبق با آن‌ها..... ۴۸

جدول ۴-۲. نتایج ارزیابی مولد SIMMETEO..... ۴۸

جدول ۴-۳. نتایج ارزیابی مولدWGEN در آزمون t در گرید ۴۳۵۶۳ (مشهد) برای سال‌های ۱۹۸۱تا۱۹۹۰..... ۴۹

جدول ۴-۴. تغییرات دمای مینیمم، ماکزیمم و بارش تحت ۱۲ سناریوی اقلیمی در شهر مشهد نسبت به دوره‌ی پایه..... ۵۳

جدول ۴-۵. مشخصات خاک گرید ۴۳۵۶۴..... ۵۷

جدول ۴-۶. مشخصات خاک گرید ۴۳۵۶۳..... ۵۷

جدول ۴-۷. ضرایب ژنتیکی به‌دست آمده برای ذرت علوفه‌ای..... ۵۹

جدول ۴-۸. مقایسه‌ی داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده شاخص‌های مدنظر در تراکم موثر برای سال ۱۳۸۵ بر اساس کالیبراسیون مدل CSM-CERES-Maize در گرید ۴۳۵۶۴ (مشهد)..... ۵۹

جدول ۴-۹. مقایسه‌ی داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده شاخص‌های مدنظر در تراکم موثر برای سال ۱۳۸۶ بر اساس ارزیابی مدل CSM-CERES-Maize در گرید ۴۳۵۶۴ (مشهد)..... ۶۰

جدول ۴-۱۰. تاریخ گل‌دهی (روز پس از کاشت) در دوره‌ی پایه و آینده برای سه رقم در مشهد، سبزوار و تربت‌حیدریه..... ۷۱

جدول ۴-۱۱. تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک (روز پس از کاشت) در دوره‌ی پایه و آینده برای سه رقم در مشهد، سبزوار و تربت‌حیدریه..... ۷۲

فهرست علامت‌ها و اختصارها

علامت اختصاری	معادل انگلیسی	معادل فارسی
AOGCM	Atmospheric Ocean Global Circulation Model	مدل گردش عمومی اقیانوس اتمسفر
CCA	Canonical Correlation Analysis	آنالیز همبستگی کانونی
CCCMA	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis	مرکز کانادایی برای آنالیز و شبیه‌سازی اقلیمی
CERES	Crop Environment REsource Synthesis	سنتز منبع محیطزیست محصول
CGCM2	Canadian Global Climate Model version 2	مدل اقلیمی جهانی کانادایی نسخه ۲
CGIAR	Consultative Group on International Agricultural Research	گروه شورایی تحقیقات بین المللی کشاورزی
CLD	Cloud cover	پوشش ابر
CLIGEN	CLImate GENerator	مولد اقلیمی
CRU	Climatic Research Unit	مرکز تحقیقات آب و هواشناسی
CSIRO	Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization	سازمان پژوهش علمی و صنعتی مشترک المنافع استرالیا
CUL	Cultivar/variety specific coefficient file	فایل ضریب خاص رقم
DEM	Digital Elevation Model	مدل رقومی ارتفاع
DSSAT	Decision support System for Agro-technology Transfer	سیستم پشتیبانی از تصمیم گیری برای انتقال فن آوری کشاورزی
DTR	Diurnal temperature range	محدوده درجه حرارت روزانه
ECA	Economics of Climate Adaptation	کارگروه اقتصاد سازگاری اقلیمی
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	سازمان غذا و کشاورزی سازمان ملل متحد
FRS	Frost day frequency	فرکانس روز فراست
G2	Maximum kernel number per plant	بیشترین تعداد دانه در بوته
G3	Potential kernel growth rate	نرخ رشد هسته بالقوه
GCM	Global/General Circulation Model	مدل گردش عمومی/ جهانی
HadCM3	Hadley centre Coupled Model version 3	مدل جفت شده‌ی مرکز هدلی نسخه ۲
IFPRI	International Food Policy Research Institute	موسسه تحقیقات بین المللی سیاست غذایی
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	پنل بین الدول تغییراقلیم
ISRIC	International Soil Reference and Information Centre	مرکز اطلاعات و مرجع خاک بین المللی
LAI	Leaf Area Index	شاخص سطح برگ
LARS-WG	Long Ashton Research Station Weather Generator	ژنراتور آب و هوا ایستگاه تحقیقات لانگ اشتون
MARKSIM	Markov simulator	شبیه‌ساز مارکف
NCAR	National Center For Atmospheric Research	مرکز ملی تحقیقات جوی
NRMSE	Normalized Root Mean Square Error	نرمال ریشه میانگین مربعات خطا
PRE	Precipitation	بارش
PRECIS	Providing REgional Climates for Impacts Studies	ارائه مدل‌ای منطقه‌ای برای مطالعات تاثیر
R^2	Co-efficient of correlation	ضریب تبیین
RCM	Regional Circulation Model	مدل گردش منطقه‌ای
RMSE	Root mean square error	ریشه میانگین مربعا خطا

علامت اختصاری	معادل انگلیسی	معادل فارسی
SDSM	Statistical DownScaling Model	مدل ریزمقیاس نمایی آماری
SIMMETEO	SIMulator of METEOrological Variables	شبیه‌ساز متغیرهای هواشناسی
SOL	Soil profile data file	فایل داده‌های مشخصات خاک
SPAM	Spatial Production Allocation Model	مدل تخصیص تولید فضایی
SRES	Special Report on Emission Scenarios	گزارش ویژه سناریوهای انتشار
TMN	Monthly average daily minimum temperature	میانگین ماهانه حداقل درجه حرارت روزانه
TMP	Daily mean temperature	متوسط دمای روزانه
TMX	Monthly average daily maximum temperature	میانگین ماهانه حداکثر درجه حرارت روزانه
TYN	Tyndall Centre for Climate Change Research	مرکز تیندال برای تحقیقات تغییراقلیم
UKMO	UK Meteorological Office model	مدل سازمان هواشناسی بریتانیا
VAP	Vapour pressure	فشار بخار
WET	Wet day frequency	فرکانس روز مرطوب
WGEN	Weather GENerator	مولد آب و هوایی
WMO	World Meteorological Organization	سازمان جهانی هواشناسی
WTH	Weather data file	فایل داده آب و هوا

۱ فصل اول: مقدمه

۱-۱ مقدمه

علی‌رغم عدم‌قطعیت‌های موجود در پیش‌بینی‌های مربوط به تغییرات اقلیمی آینده، وقوع این پدیده مورد پذیرش عمومی محققین بوده و پی‌آمدهای ناشی از آن بر تولیدات زراعی محرز می‌باشد. دست‌یابی به اطلاعات دقیق‌تر در مورد این پدیده، مستلزم انجام مطالعات گسترده در مقیاس منطقه‌ای و پیش‌بینی واکنش سیستم‌های تولید کشاورزی هر منطقه به این تغییرات است. اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک که کشور ما نیز در گروه آنها قرار دارد، به دلیل ساختار اکولوژیکی خاص خود بیش از سایر اقلیم‌ها نسبت به تغییرات محیطی حساس بوده و آسیب‌پذیری بیشتری دارند (کوچکی و کمالی، ۱۳۸۹).

بنابراین به نظر می‌رسد که وقوع تغییرات احتمالی اقلیمی اثرات قابل ملاحظه‌ای بر سیستم‌های تولید کشاورزی به همراه داشته باشد (فیسچر و همکاران، ۱۹۹۴). با این حال علی‌رغم اینکه اغلب مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان در کشورهای در حال توسعه واقع شده‌اند، تحقیقات و پژوهش‌های علمی مربوط به اثرات تغییر اقلیم در این مناطق بسیار محدود می‌باشد. نتایج مطالعات مربوط به تغییر اقلیم که در طی سال‌های اخیر در ایران انجام شده است همگی موید بروز این پدیده در کشور بوده‌اند. البته این تحقیقات عمدتاً بر شاخص‌های اقلیمی تمرکز داشته و اثرات این تغییرات بر تولیدات کشاورزی کمتر مورد توجه قرارگرفته است.

۱-۲ بیان مسئله

تاثیر تغییر اقلیم موضوعی جدی است که باعث دغدغه‌ی خاطر دست‌اندرکاران در سطح ملی و بین‌المللی شده است. حتی اگر هم اکنون انتشار گازهای گلخانه‌ای متوقف شود، افزایش دما و تاثیرات وابسته به آن نظیر خشکسالی‌ها و طغیان رودخانه‌ها برای چندین دهه‌ی آینده ادامه خواهد یافت. به دلیل قطعیت تغییر اقلیم و اثرات غیرقابل اجتناب آن بر زندگی بشر، سازگاری انسان با تغییرات اقلیمی یک راه‌حل طبیعی به نظر می‌رسد. تغییر اقلیم ممکن است دارای اثرات منفی بر کشاورزی باشد که از آن جمله می‌توان به کاهش میزان عملکرد، کاهش مقدار آب موجود برای کشاورزی و از دست رفتن زمین‌ها به دلیل شوری اشاره‌کرد. به همین دلیل کشاورزان بایستی از ابتدا تاریخ کاشت، نوع کاشت، مقدار و نوع کود و به ویژه رقم مورد نظر خود را از بین غلات سازگار با اثرات تغییر اقلیم انتخاب‌کنند. کارگروه اقتصاد سازگاری اقلیمی (ECA[1])، معتقد است که ریسک‌های اقلیمی اخیر در اقتصادهای نوظهور در تمام مناطق هزینه‌ای بین ۱ تا ۱۲ درصد تولید ناخالص داخلی را به بار می‌آورد. تحت یک سناریوی تغییر شدید اقلیمی این رقم می‌تواند تا ۱۹ درصد تا سال ۲۰۳۰ افزایش یابد. همچنین بر اساس تخمین‌های سازمان ملل جهان تا سال ۲۰۳۰ علاوه بر هزینه فعلی، باید سالانه ۳۶ تا ۱۳۵ میلیارد دلار، برای روبرو شدن با تاثیرات تغییر اقلیم صرف‌کرد (ریچنملیلر و همکاران، ۲۰۱۰).

بنابراین به کار بستن استراتژی‌های سازگاری با تغییر اقلیم از شدت اثرات منفی آن خواهد کاست و علاوه بر آن از فرصت‌های به دست آمده در بازار جهانی می‌توان به نفع کشاورزان سود جست. سازگاری با تغییر اقلیم اگرچه مانع وارد شدن خسارت نخواهد شد، ولی به مقدار زیاد هزینه‌ها را کاهش خواهد داد. از آنجایی که منابع برای سازگاری با تغییراقلیم محدود است، داشتن درک صحیح از مسائل اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. بنابراین تصمیم‌گیرندگان باید حقایقی را در اختیار داشته باشند تا منابع را کارآمدتر تخصیص دهند و آگاهانه انتخاب کنند. از این رو تطابق‌پذیری و توان سازگاری با تغییرات در جوامع گوناگون و در کشورهای مختلف بسیار متفاوت خواهد بود و میزان موفقیت به خلاقیت، سرعت عمل و میزان سرمایه‌گذاری بستگی خواهد داشت.

1 - Economics of Climate Adaptation

برآوردها نشان می‌دهد که در مقیاس جهانی جهت تامین تقاضای غلات تا سال ۲۰۲۵ میلادی لازم است تولید ذرت ۵۶ درصد نسبت به سال ۲۰۰۰ میلادی افزایش یابد (رزگرانت وهمکاران، ۲۰۰۱). دست‌یابی به این سطح از تولید با توجه به عدم امکان افزایش سطح زیرکشت تنها از طریق افزایش عملکرد امکان‌پذیر خواهد بود. بررسی روند تغییرات عملکرد و تولید ذرت در گذشته و پیش‌بینی وضعیت آینده ابزاری مناسب جهت ارزیابی‌های اکولوژیکی، اقتصادی و زراعی این محصول از ابعاد مختلف خواهد بود.

بر اساس آمار فائو، ذرت از نظر تولید در دنیا دومین محصول غله‌ای مهم محسوب می‌شود و در ایران نیز به ویژه در سال‌های اخیر به دلیل نقش و اهمیت آن در جیره غذایی طیور (۶۵ تا ۷۰ درصد جیره غذایی طیور) روند رشد قابل توجهی را طی نموده است، به طوری که در طی سال‌های ۱۳۷۱تا ۱۳۸۴ سطح زیرکشت آن از ۶۴۰۷۶ به ۲۷۶۲۷۸ هکتار و میزان تولید آن از ۴۱۲/۷۱۵ هزار تن به ۱/۹۹۵ میلیون تن رسیده است. علی‌رغم اینکه سطح زیرکشت به بیش از ۴ برابر افزایش یافته است، عملکرد نیز در همین دوره از ۶/۸۷۷ به ۷/۲۲۲ تن در هکتار افزایش یافته است که در مقایسه با میانگین جهانی (۴/۷۵۵ تن در هکتار)، افزایش چشمگیری نشان می‌دهد که حاکی از مساعد بودن شرایط کلی اقلیمی کشور برای زراعت این محصول می‌باشد.

در مورد سهم سطح زیرکشت ایران نسبت به جهان نیز باید گفت که از روند افزایشی با نوسان بطئی برخوردار می‌باشد. سطح زیر کشت ذرت طی سال‌های ۸۴ تا ۸۷ از یک روند صعودی برخوردار بوده است و این روند با وجود مشکلات ناشی از خشکسالی تقریباً ثابت نگاه داشته شده، ضمن اینکه با برداشت قسمتی از ذرت علوفه‌ای نیاز آبیاری در آخرین مراحل تولید نیز کاهش و کشاورزان ذرت کار به منظور مقابله با خشکسالی تمایل بیشتری برای برداشت ذرت علوفه‌ای نشان دادند. این امر بیانگر موفقیت طرح افزایش تولید ذرت می‌باشد که پس از طرح افزایش عملکرد گندم آبی در کشور مطرح بوده است (آمارنامه کشاورزی، سال زراعی ۱۳۸۸).

سازش‌پذیری ذرت با شرایط مختلف اقلیمی و گسترش تحقیقات، تهیه و تولید ارقام مناسب و پرمحصول، میزان تولید در واحد سطح را افزایش داده و باعث اقتصادی‌تر شدن این محصول شده و رغبت و تمایل کشاورزان را به کشت آن را افزایش داده است. در حال حاضر میزان تولید ذرت در کشور قادر به تامین نیازهای داخلی نیست. با توجه به سرمایه‌گذاری‌های کلان انجام شده در صنعت مرغداری و رشد جمعیت کشور که به دنبال خود رشد فزاینده

تقاضا برای گوشت و در نتیجه رشد سریع تقاضا را برای ذرت دانه‌ای در پی داشته است، تامین بخشی از نیازها از طریق واردات اجتناب ناپذیر شده است.

ذرت علوفه‌ای در سال‌های اخیر در بیشتر مناطق استان خراسان‌رضوی از جمله شهرستان‌های مشهد و نیشابور سطح زیر کشت قابل توجهی را به خود اختصاص داده است. این مناطق فصل زراعی طولانی‌تری دارند و برای کشت ذرت علوفه‌ای بویژه ارقام دیررس مناسب‌ترند و احتمال برخورد با سرمای زودرس پاییزه برای ذرت علوفه‌ای کمتر است. از سویی با توجه به استقرار تعداد زیادی واحد دامداری و تقاضای زیاد علوفه، مناطق نیشابور و مشهد به عنوان دو شهرستان عمده تولید ذرت علوفه‌ای مطرح می‌باشند. وجود زمین‌های زراعی بزرگ در بسیاری از نقاط این استان و بالا بودن ضریب نسبی مکانیزاسیون از نقاط قوت کشت و کار در این مناطق است، هر چند مشکل نبود ارقام ذرت دانه‌ای متوسط و نیمه‌متوسطرس یا زودرس در این مناطق وجود دارد ولی با تامین بذر ارقام جدید معرفی شده و با قراردادن بذر در دسترس کشاورزان می‌توان این مشکل را حل نمود. در سال زراعی ۱۳۸۹، سطح زیرکشت ذرت علوفه‌ای استان در حدود ۲۰ هزار هکتار بوده است. با گسترش واحدهای دامداری صنعتی و نیمه‌صنعتی و نیز افزایش تعداد دام سنگین در استان در طی ۵ ساله اخیر، پیش‌بینی می‌شود طی سال‌های آینده از مرز ۲۲ هزار هکتار نیز بگذرد.

به این ترتیب با توجه به مواردی همچون محدودیت آب در استان و از طرفی نیاز به سرمایه‌گذاری‌های زیربنایی سنگین برای افزایش سطح زیر کشت ذرت و با توجه به تغییرات اقلیم پیش‌رو انجام تحقیقی که بتواند استفاده بهینه از پتانسیل ارقام موجود و افزایش محصول در واحد سطح را بررسی کند، ضروری به نظر می‌رسد.

۱-۳ فرضیات تحقیق

۱. عملکرد ذرت تحت تغییر اقلیم تغییر پیدا می‌کند.

۲. استفاده از ارقام با تحمل گرمایی متفاوت در شرایط تغییر اقلیم، بهره‌وری را تغییر می‌دهد.

۱-۴ اهداف تحقیق

در تحقیق حاضر با توجه به وضعیت اقلیمی استان خراسان‌رضوی، رشد و فنولوژی ذرت و تبخیر و تعرق پتانسیل تحت اثر تغییر پارامترهای اقلیمی بررسی خواهد شد. سپس اثر تغییر نوع رقم به عنوان گزینه‌ی احتمالی جهت کاهش اثرات تغییر اقلیم بر میزان عملکرد ذرت در استان مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲ فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱ مقدمه

در این فصل توضیحات مختصری راجع به تغییر اقلیم، اثرات تغییر اقلیم بر کشاورزی، مدل‌های اقلیمی و سناریوهای انتشار به کار گرفته شده در این تحقیق داده خواهد شد، سپس به صورت کلی به روش‌های ریزمقیاس نمایی پرداخته خواهد شد. در نهایت خلاصه‌ای از سوابق تحقیقات صورت گرفته در ایران و جهان بیان خواهد شد.

۲-۲ تغییراقلیم

تغییر اقلیم، تغییر متوسط شرایط جوی در یک مکان یا ناحیه خاص می‌باشد. تشخیص تغییرات اقلیمی از تغییرپذیری اقلیم به خصوص در اقلیم‌های فصلی به شدت مشکل است. تغییرپذیری اقلیمی تفاوت‌های میان میانگین حالت‌های جوی از همان نوع می‌باشد (هوگت، ۱۹۹۷). میانگین دمای سطح زمین بر اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای در حال افزایش است به طوری که سناریوهای اخیر پنل بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) افزایش متوسط جهانی دما را ۰/۷۶ درجه سانتی‌گراد در قرن گذشته و ۱/۱ تا ۶/۴ درجه سانتی‌گراد در قرن حاضر پیش‌بینی می‌کنند. علاوه بر تغییر در میانگین متغیرهای اقلیمی، تغییر در مقادیر حدی بارندگی نسبت به مقادیر گذشته آن نیز از دیگر پیامدها خواهد بود که به معنای افزایش شدت در سال‌های خشک یا مرطوب می‌باشد (هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم، ۲۰۰۷).

پیش‌بینی تغییر اقلیم با پیش‌بینی چند روزه وضع هوا و یا پیش‌بینی فصلی تفاوت زیادی دارد. تغییر اقلیم برای مدت زمان‌های طولانی چند ساله بوده و بنابراین لازم است در طول این مدت تمام گزینه‌هایی که تغییر و یا

احتمالاً تغییر می‌کنند را مدنظر قرار دهیم. در پیش بینی وضع هوا تنها با جو زمین سروکار داریم، در پیش‌بینی فصلی علاوه بر جو زمین وضعیت اقیانوس ها نیز در نظر گرفته شده و بالاخره در پیش‌بینی اقلیم مجموعه جو، زمین، اقیانوس‌ها، خشکی‌ها، پوشش یخ، جنگل‌ها، آتشفشان‌ها، زلزله، انسان‌ها، تکنولوژی و... دخالت دارند. در واقع هرچه پیش‌بینی بلندمدت‌تر باشد، پارامترهای بیشتری را باید در پیش‌بینی دخالت دهیم (پاچوری و زرینگر، ۲۰۰۷).

۲-۳ تغییرات شاخص‌های اقلیمی و اثرات آن‌ها در بخش کشاورزی

افزایش گازکربنیک باعث افزایش درجه حرارت و رطوبت مطلق در لایه‌های هوای نزدیک سطح زمین می‌گردد. اگرچه دی‌اکسید کربن بیشتر باید رشد گیاهان را تشدید کند، اما تولید موادغذایی در بسیاری از نقاط با کم و نامنظم شدن بارش کاهش خواهد یافت. انباشتگی گازکربنیک در اتمسفر، موجب بسته شدن روزنه‌ی گیاهان و کاهش جذب این گاز و کمتر شدن تبخیر آب از این منافذ می‌شود و احتمالا گیاهان زراعی آب کمتری مصرف نموده و هیدرات کربن بیشتری تولید می‌نمایند. این اثر دوگانه احتمالا کارایی مصرف آب را بهبود می‌بخشد. در عین حال افزایش دما، تغییر الگوی بارش و رطوبت خاک که ناشی از تغییر اقلیم می‌باشند، می‌تواند موجب تقویت یا خنثی نمودن اثرات سودمند افزایش غلظت این گاز بر عملکرد فیزیولوژیک گیاهان زراعی گردد (نلسون و همکاران، ۲۰۰۹). از سوی دیگر در مقیاس جهانی تولید سرانه‌ی غذا تحت تأثیر دو عامل اصلی قرار دارد که عبارتند از کاهش دسترسی به زمین و آب و افزایش سالانهٔ جمعیت که حدود ۹۰ میلیون نفر برآورد شده است (پری و همکاران، ۱۹۹۹). کاهش سطح اراضی قابل کشت ناشی از توسعهٔ شهرها، فرسایش، کاهش حاصلخیزی، شور شدن، اسیدی شدن و فشردگی خاک در اثر تکرار عملیات زراعی است (پاو و همکاران، ۲۰۰۰). به علاوه پیش‌بینی می‌شود که گرمایش جهانی کره‌ی زمین نیز باعث تغییراتی در درجه حرارت و الگوهای بارش خواهد شد. توجه به این امر که تا سال ۲۰۲۰ میلادی با استفاده از منابع آب و خاک کمتر یا حداقل مشابه امروز، تولید غلات نسبت به سال ۲۰۰۰ باید ۲۹ ٪ افزایش یابد (پاری و همکاران، ۲۰۰۴)، اهمیت دو منبع مهم تولید یعنی آب و زمین را بارزتر خواهد ساخت.