

اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال نوزدهم، شماره ۷۶، زمستان ۱۳۹۰

بررسی اثر درجه حرارت و بارندگی بر عملکرد گندم آبی ایران

فاطمه علیجانی^{۱*}، دکتر علیرضا کرباسی^{**}، مهدیه مظفری مسن^{*}

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۸ تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۵

چکیده

کشاورزی از مهمترین فعالیتهای اقتصادی به شمار می آید که بیش از هر چیز به شرایط جوی وابسته است. بر همین اساس در این مطالعه، تأثیر تغییرات زمانی درجه حرارت و بارندگی بر عملکرد محصول گندم در ایران بر مبنای داده‌های ترکیبی سری زمانی ۱۳۷۰-۸۵ و مقطعی (۱۴ استان کشور که دارای عملکرد بالاتری بودند) با روش تخمین GLS بررسی شد. نتایج نشان داد برای هر یک از استانها، متغیرهای فیزیکی (نهادهای مصرفی) مدل غیر از سم مصرفی، تأثیر مثبت و معناداری در عملکرد دارند. علاوه بر متغیرهای فیزیکی، متغیر بارندگی اثر مثبت و درجه حرارت اثر منفی بر عملکرد گندم دارد. سهم رشد بارندگی و درجه حرارت در عملکرد گندم نیز به ترتیب ۷/۱۱- و ۱/۳۱- درصد است. براساس سناریوهای متفاوت در

* دانشجوی دوره دکترای اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل

e-mail: alijani_2004@yahoo.com

۱. نویسنده مسئول

** دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال نوزدهم، شماره ۷۶

تحقیق، تغییرات عملکرد گندم استانها نسبت به تغییرات بارندگی واکنش بیشتری نشان داده است.

طبقه‌بندی JEl: Q1, Q54, C23

کلیدواژه‌ها:

گندم، درجه حرارت، بارندگی، داده‌های ترکیبی

مقدمه

گندم از عمده‌ترین محصولات کشاورزی ایران و تأمین‌کننده بیشترین نیاز غذایی کشور می‌باشد و همچنین روزانه حدود ۴۷ درصد از کالری مصرفی سرانه کشور را تأمین می‌نماید (حسینی و همکاران، ۱۳۸۶). برآوردهای موجود نشان می‌دهد که نیاز کشور به گندم تا سال ۱۴۰۰ از مرز ۲۰ میلیون تن در سال خواهد گذشت که حدود ۶۵-۷۰ درصد از این مقدار باید از اراضی آبی و بقیه از اراضی دیم تأمین شود (زارع فیض آبادی و همکاران، ۱۳۸۵). ریسک موجود در فعالیتهای کشاورزی متأثر از شرایط جوی، قیمت و سایر پدیده‌های مربوط به بازار است که تحت تأثیر تکنولوژی جدید می‌باشند و به جهت ناشناخته بودن اثر آنها بر تولید و ریسک‌آمیز بودن، همواره کاربردی محدود داشته‌اند (موسی‌نژاد، ۱۳۷۸). عملکرد محصولات زراعی نظیر گندم به دلیل اهمیتی که در برنامه‌ریزی اقتصادی دارند، از دیر باز مورد توجه پژوهشگران بوده است (حسینی و همکاران، ۱۳۸۶). امروزه بررسی تغییرات اقلیم، یک موضوع تمام عیار جهانی شده است که طی چند دهه گذشته توجه متخصصان و پژوهشگران را در کشورهای مختلف جهان به خود جلب کرده است (تقدسیان و میناپور، ۱۳۸۲). نتایج حاصل از بررسیها نشان می‌دهد که میزان تولید گندم رابطه مستقیم و معنی‌دار با تغییرات آب و هوا دارد. با توجه به اهمیت تغییرات آب و هوا در کشاورزی و وابستگی میزان عملکرد محصولات کشاورزی به نزولات جوی به ویژه محصولات زراعی، ارائه اطلاعات

بررسی اثر درجه حرارت و بارندگی

صحیح در زمینه بارندگی و دما در طی چند سال گذشته مفید به نظر می‌رسد؛ زیرا با اطلاع از چگونگی تولید گندم، بدون مقایسه نزولات جوی به عنوان یکی از عناصر مهم در عملکرد محصولات نمی‌توان علل کاهش یا افزایش عملکرد محصولات را توجیه نمود (صفی خانی، ۱۳۸۶). مطالعات تغییر اقلیم که در مقیاس جهانی انجام شده است، کاهش ۱۰-۴۰ درصدی و ۵-۲۰ درصدی عملکرد را به ترتیب برای غلات دیم و آبی ایران در ۵۰ سال آینده گزارش کرده‌اند (Parry et al., 2004). از سوی دیگر، تغییرات آب و هوایی، به طور مستقیم و غیرمستقیم بر سلامت مردم اثرگذار بوده به طوری که سرمازدگی و خشکسالی هر یک بر روی کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی اثر گذاشته و در بسیاری جوامع باعث سوء تغذیه شده‌اند. همچنین به جهت حفظ محصولات کشاورزی و افزایش بهره‌وری از منابع آب و خاک زیر کشت، کاربرد سموم و کودهای شیمیایی افزایش یافته و عوارض ناشی از کاربرد مواد شیمیایی در افراد در معرض و استفاده‌کنندگان از محصولات کشاورزی بروز کرده است. تغییرات آب و هوایی ایران که در ۵ سال اخیر اتفاق افتاده است، کاهش محصولات کشاورزی را نشان می‌دهد (جلیلیان، ۱۳۸۳). مقابله با شرایط جهانی تغییر آب و هوا می‌بایست با محوریت سلامت و مدنظر قرار دادن شاخصهای متأثر از آن نظیر سوء تغذیه و افزایش کاربری مواد شیمیایی در کشاورزی و دامپروری انجام شود (ملک افضلی، ۱۳۸۵).

پایداری آب و هوا محیطی پر مخاطره برای تولید محصولات کشاورزی و عرضه و امنیت غذا ایجاد کرده است. در اغلب مطالعات اخیر مانند پری (Parry, 1999) و داروین (Darwin, 2004) در مقیاس بین‌المللی و نیز آدامز (Adams, 2003) و تسوتسین اسکای (Tsvetsin skaya, 2003) در مقیاس منطقه‌ای و ملی مشخص شد که در تجزیه تحلیل و ارزیابی آثار اقتصادی و عملکرد کشاورزی در نظر گرفتن تغییرات آب و هوا لازم و مورد نیاز است.

در آسیا متیوز (Matthews, 1997) اثر تغییرات آب و هوا و اقلیم را روی تولید برنج در سال ۱۹۸۰ مدلسازی کرد. نیکلاس (Nikolas, 1997) به بررسی تغییرات آب و هوا روی

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال نوزدهم، شماره ۷۶

عملکرد گندم در استرالیا پرداخت و نتیجه گرفت که با افزایش یک درجه‌ای حرارت، عملکرد گندم به اندازه ۳-۵ درصد افزایش می‌یابد.

لابل و اسنر (Lobell & Asner, 2003) به بررسی تغییرات آب و هوا بر عملکرد ذرت و سویا در آمریکا و پنگ و همکاران (Peng et al., 2004) بر عملکرد برنج در فیلیپین و لیانگچی و همکاران (Liangzi et al., 2005) بر عملکرد گندم در چین پرداختند و نتیجه گرفتند افزایش درجه حرارت بر عملکرد محصولات اثر منفی دارد.

چن و چانگ (Chen & Chang, 2005) اثر آب و هوا را روی توزیع عملکرد محصولات در تایوان بررسی کرده‌اند. نتایج مطالعه، حساسیت توزیع محصولات در پاسخگویی به تغییرات آب و هوایی در این نواحی را نشان داد به طوری که شرایط جوی توزیع عملکرد محصولات را تحت تأثیر قرار داد. در این مطالعه برنامه بیمه محصولات کشاورزی برای حمایت کشاورزان در زمینه افزایش ریسکهای وابسته به تغییرات آب و هوایی پیشنهاد شد.

الیور و مایکل (Oliver & Michael, 2006) در مقاله‌ای تحت عنوان «اثرات اقتصادی تغییرات آب و هوا با استناد به سود کشاورزی و نوسان در آب و هوا»، اثر اقتصادی تغییر آب و هوا را روی زمینهای کشاورزی آمریکا با استفاده از تخمین، تأثیر نوسانات سال به سال درجه حرارت و بارندگی روی سود کشاورزی ارزیابی کردند. تخمینها نشان داد که تغییرات آب و هوایی ۱/۱ تا ۱/۸ دلار افزایش در سود سالانه خواهند داشت.

کوچکی و همکاران (۱۳۸۰) به شبیه سازی، فنولوژی و تولید ارقام گندم بر اثر تغییر اقلیم در شرایط مشهد پرداختند و نشان دادند که تغییر اقلیم با تأثیر در الگوی تخصیص ماده خشک بین اندامهای مختلف باعث افزایش قابل ملاحظه عملکرد در شرایط اقلیمی سال ۱۴۰۰ خواهد شد.

کرباسی و نودهی (۱۳۸۲) به بررسی تأثیر مصرف نهاده‌ها در ریسک تولید گندمکاران شهرستان نیشابور با کمک تابع تولید تصادفی (تابع تولید جاست و پوپ) پرداختند. نتایج نشان

بررسی اثر درجه حرارت و بارندگی

داد که کود، ارزش بذر مصرفی و هزینه ماشین‌آلات اثر معنی‌دار و مثبت روی تولید گندم‌کاران داشته است.

نصایان و صدرالاشرفی (۱۳۸۳) به بررسی تأثیر بارندگی و دما بر عملکرد محصولات استراتژیک زراعی پرداختند و نشان دادند که در محصولات گندم آبی، سیب‌زمینی، شلتوک، پنبه آبی، ذرت دانه ای و جو آبی به ترتیب استانهای لرستان، فارس، زنجان، فارس، کرمانشاه و خراسان بیشترین واکنش را در مقابل افزایش یک درجه سانتی‌گراد و استانهای خراسان، فارس، زنجان، فارس، کرمانشاه و خراسان بیشترین واکنش را در مقابل افزایش یک میلی‌متر بارندگی دادند.

کرباسی و غفاری (۱۳۸۷) اثر شرایط آب و هوایی بر عملکرد محصولات زراعی در ایران را با استفاده از تابع تولید جاست و پوپ بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که بارندگی اثر مثبت و نوسان بارندگی اثر منفی روی عملکرد گندم دارد. برای محصول جو درجه حرارت اثر منفی و معنی‌دار روی عملکرد نشان داد و برای ذرت درجه حرارت اثر مثبت و معنی‌دار دارد.

کوچکی و نصیری (۱۳۸۷) به بررسی تأثیر تغییر اقلیم همراه با افزایش غلظت CO₂ بر عملکرد گندم در ایران پرداختند و نشان دادند اگرچه غلظت CO₂ تأثیر منفی افزایش درجه حرارت را تا حدودی تعدیل می‌کند، ولی در شرایط اقلیمی سال هدف، عملکرد گندم آبی در مناطق مختلف تولید در محدوده‌ای بین ۱۴ تا ۲۱ درصد کاهش خواهد یافت.

وائقی و اسماعیلی (۱۳۸۷) به بررسی اثر اقتصادی تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی ایران با استفاده از روش ریکاردین (مطالعه موردی گندم) پرداختند و نشان دادند که افزایش دما و کاهش بارندگی تا ۱۰۰ سال آینده باعث ۴۱ درصد کاهش در بازده کشت گندم در کشور می‌گردد.

علی‌رغم اهمیت کلیه پارامترهای آب و هوایی بر رشد و عملکرد محصولات زراعی، درجه حرارت و بارندگی بیش از سایر پارامترها مورد توجه بوده و تقریباً تمامی روشهای طبقه‌بندی اقلیمی کشاورزی و نیز شاخصهای اقلیمی کشاورزی بر پایه این دو متغیر استوار

می‌باشند. به‌طور کلی می‌توان گفت که تغییر آب و هوا متأثر از دو عامل دما و میزان بارش است که با تغییر هر یک از این دو، تغییرات آب و هوایی اتفاق می‌افتد و در پی آن چگونگی زندگی انسانها نیز تغییر می‌کند که یکی از آثار آن، آسیبهای وارد بر بخش کشاورزی است (رستگاری، ۱۳۷۷). در شرایط تغییر اقلیم، شاخصهای اقلیمی کشاورزی نیز تغییر می‌کند و با ارزیابی تغییر این شاخصها امکان بررسی واکنش گیاهان زراعی به شرایط اقلیمی آینده میسر خواهد شد. از این رو به نظر می‌رسد دو شاخص اقلیمی کشاورزی کمبود بارندگی و طول فصل رشد ابزار بسیار مناسبی برای ارزیابی پتانسیل عملکرد در شرایط تغییر اقلیم است. به هر روی هدف مطالعه حاضر، بررسی اثر درجه حرارت، بارندگی و متغیرهای فیزیکی بر عملکرد گندم آبی ایران و پیش‌بینی تغییرات عملکرد گندم استانها براساس سناریوسازی آب و هوایی آینده می‌باشد.

روش تحقیق

با هدف بررسی اثر عوامل اقلیمی بر بخش کشاورزی، اثر عوامل فیزیکی و آب و هوایی بر عملکرد محصول گندم آبی در قالب داده‌های ترکیبی بررسی گردید. استفاده از داده‌های ترکیبی دارای مزایایی است از جمله: افزایش اطلاعات و تغییرپذیری، افزایش درجات آزادی و کارایی، پویایی در مطالعه تغییرات، حداقل کردن تورش ناشی از در نظر گرفتن واحدها به‌صورت کلی و تعیین آثاری که به سادگی در داده‌های مقطعی و سری زمانی قابل مشاهده نیستند و به‌طور کلی امکان مطالعه رفتارهای پیچیده‌تری از مدلها را فراهم می‌کنند (Green, 2003).

معادله کلی داده‌های ترکیبی به‌صورت زیر می‌باشد (Green, 2003)

$$y_{it} = \mu + \sum_{k=1}^k \beta_k X_{kit} + \alpha_i + u_{it} \quad (1)$$

که در آن $\alpha_i^* = \mu + \alpha_i$ است. μ عرض از مبدأ میانگین نامیده شده و α_i اختلاف واحدهای مقطعی مختلف از عرض از مبدأ میانگین می‌باشد. اگر α_i ثابت باشد، معروف به مدل آثار ثابت است که این یعنی آثار غیر قابل مشاهده در جمله ثابت رگرسیون وارد شده است

بررسی اثر درجه حرارت و بارندگی

که این مدل را با روش رگرسیون حداقل مربعات با متغیرهای مجازی یا روش تفاضل گیری برآورد می کنند. اصطلاح «تأثیرات ثابت» ناشی از این حقیقت است که با وجود تفاوت عرض از مبدأ میان واحدها (مقاطع)، عرض از مبدأ هر واحد طی زمان ثابت می ماند. اما اگر این آثار غیرقابل مشاهده تصادفی باشد، با مدلی موسوم به آثار تصادفی روبه رویم که به آن مدل اجزای خطا نیز می گویند و به روش حداقل مربعات تعمیم یافته برآورد می شود. دلیل انتخاب نام اجزای خطا برای این مدل، وجود جمله خطای ترکیبی $W_{it} = \alpha_i + u_{it}$ است که در حالت کل از دو (یا چند) جزء خطا تشکیل می شود. در این صورت توزیع α_i نیز باید نرمال با میانگین صفر و واریانس ثابت و اجزای خطای تکی با یکدیگر همبستگی نداشته باشد و میان واحدهای مقطعی و سری زمانی هم خود همبستگی وجود نداشته باشد (Green, 2003).

بنابراین وقتی که از داده های ترکیبی استفاده می شود، باید آزمونهای مختلفی برای تشخیص روش تخمین مناسب انجام داد که رایجترین آنها عبارتند از: آزمون F، آزمون LM¹ و آزمون هاسمن² که مشخصاً برای انتخاب یکی از مدل های آثار ثابت، اثر تصادفی یا مدل داده های ادغام شده به کار می روند، بدین نحو که اگر داده هایی به صورت تصادفی از بین داده های زیادی انتخاب نشده باشند، از مدل اثر ثابت استفاده می شود، اما اگر داده ها به صورت تصادفی انتخاب شده باشند، هر دو مدل اثر ثابت و اثر تصادفی تخمین زده می شود و سپس آزمون هاسمن انجام می گیرد. چنانچه آماره این آزمون نشان دهنده برآورد با استفاده از مدل اثر ثابت باشد، این مدل برآورد می شود، اما اگر این آماره نشانگر برآورد مدل با استفاده از مدل اثر تصادفی باشد، باید آزمون LM برای انتخاب یکی از مدل های اثر تصادفی یا مدل ادغام داده ها انجام گیرد (Baltagi, 2005). با فرض انتخاب مدل مناسب براساس آزمونهای فوق و نوع داده ها، باید نسبت به کاذب نبودن رگرسیون ناشی از ناپایایی متغیرهای مدل نیز اطمینان حاصل کرد. این موضوع مبین بررسی آزمون ریشه واحدها ترکیبی می باشد (Green, 2003). در ادامه به آزمونهای LM و F پرداخته شده است.

1. LM Test: Lagrange Multiplier
2. Hausman (1978)

آزمون F

این آزمون برای داده‌های ترکیبی با آثار ثابت برای تعیین وجود (یا عدم وجود) عرض از مبدأ جداگانه برای هر یک از استانها به کار می‌رود و در آن H_0 نشان می‌دهد عرض از مبدأهای مقاطع مختلف با هم برابرند و H_1 نیز مبین این است که حداقل یکی از مقاطع دارای عرض از مبدأ متفاوتی است.

$$F(N-1, NT-N-K) = \frac{(R_{LSDV}^2 - R_{pooled}^2)/(N-1)}{(1 - R_{LSDV}^2)/(NT-N-K)} \quad (2)$$

که LCDV همان مدل متغیر مجازی (به روش حداقل مربعات) و pooled نماد مدل ادغام شده^۱ یا مقید است که تنها یک جمله ثابت برای تمام واحدها دارد (Green, 2003).

آزمون وجود آثار زمانی با توجه به آثار فردی معین

این آزمون برای وجود ناهمسانی واریانس بین گروهی آماره‌هایی ارائه شده است که مبنای باقیمانده‌های OLS (داده‌های ادغام شده) می‌باشد. آماره آزمون به صورت زیر است:

$$LM = \frac{NT}{2(T-1)} \left[\frac{\sum_{i=1}^N (T\bar{e}_i)^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T e_{it}^2} - 1 \right]^2 \quad (3)$$

در این رابطه e_{it} جزء اخلاص مدل برآورد شده داده‌های ادغام شده و \bar{e}_i میانگین این جزء اخلاص برای مقطع نام در دوره مورد نظر و T سالهای سری زمانی می‌باشد که تحت فرض صفر، LM دارای توزیع کای دو با درجه آزادی تعداد واحد مقطعی است. اگر مقدار آماره محاسباتی از مقدار بحرانی جدول بزرگتر باشد، فرضیه صفر رد می‌شود، به عبارتی ناهمسانی واریانس بین واحدهای مقطعی تأیید می‌شود. برای رفع ناهمسانی واریانس بین گروهی، روش GLS از جمله روشهای کارا برای برآورد مدل مورد نظر خواهد بود (Green, 2003).

بررسی اثر درجه حرارت و بارندگی

با توجه به مطالعات انجام شده در این خصوص، الگوی تجربی تحقیق به شکل زیر

معرفی می گردد (Liangz et al., 2005):

$$\ln Yield_{it} = (\alpha_0 + \alpha_1 t) + \sum_j \beta_j \ln X_{jit} + w \ln Climate_{it} + \sum_{l=1}^4 r_l D_l + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

در این معادله $T=1, 2, \dots, 16$ بیانگر زمان (۱۳۷۰-۸۵)، $i=1, 2, \dots, 14$ مبین استانها و تعداد نمونه ۲۲۴ مشاهده است. $j=1, 2, 3, 4$ نیز معرف نهاده مصرفی به کار رفته، $Yield_{it}$ نشاندهنده عملکرد محصول گندم آبی در هکتار استان i ام در زمان t ام، X_{jit} مبین بذر (کیلوگرم در هکتار VOS)، کود (کیلوگرم در هکتار VOF)، ماشین آلات (ساعت در هکتار VOM) و سم (لیتر در هکتار VOP) به کار رفته در یک هکتار استان i ام در زمان t ام، $Climate_{it}$ بیانگر متغیرهای درجه حرارت (VoTE) و بارندگی (VORN) و D_i مبین متغیر موهومی از لحاظ موقعیت جغرافیایی استانها و به عبارتی شمال (D_1)، مرکز (D_2)، جنوب (D_3)، شرق (D_4) و غرب قرار گرفتن در کشور می باشند. البته گفتنی است نهاده آب به علت همخطی وارد مدل نگردید و جهت انتخاب استانهای مورد بررسی، نه تنها میزان عملکرد بالاتر محصول گندم مورد نظر بلکه تقسیمات اقلیمی کشور نیز مدنظر قرار گرفت^۱.

با عنایت به اینکه هدف مقاله حاضر بررسی اثرگذاری تغییرات آب و هوا بر عملکرد گندم آبی، می باشد لذا سعی گردید که برای اندازه گیری اثر تغییرات آب و هوا بر تغییرات عملکرد (به عبارتی اثر جزء اخلال) از تفریق عملکرد بدون تغییرات آب و هوا و عملکرد همراه با تغییر آب و هوا (مانند معادله زیر) استفاده شود (Lin, 1992; Fan and Pardey, 1997 and

Liangz et al., 2005):

$$\ln Yield^{Climate} = \ln Yield_{it} - (\alpha_0 + \alpha_1 t) - \sum_{j=1}^4 \beta_j \ln X_{jit} - \sum_{l=1}^4 r_l D_l \quad (5)$$

۱. در این مطالعه جهت بررسی اقلیم استانهای مورد بررسی، از تقسیم اقلیمی ایران که توسط خلیلی و همکاران در سال ۱۹۹۰ گزارش شده است، استفاده گردید.

در نهایت برای جداسازی سهم هر یک از متغیرهای فوق در رشد عملکرد طی سالهای مورد مطالعه از تابع اولیه (معادله ۴) دیفرانسیل گرفته شد که به صورت معادله زیر می شود (Lin, 1992; Fan and Pardey, 1997; Liangzhi et al., 2005):

$$\frac{\partial \ln Yield_{it}}{\partial t} = \alpha_1 + \sum_j \beta_j \frac{\partial \ln X_{ijt}}{\partial t} + w \frac{\partial \ln Climate_{it}}{\partial t} + \sum_{r=1}^4 r_i \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial \varepsilon_{it}}{\partial t} \quad (۶)$$

در نهایت با توجه به اهمیت آثار سوء تغییر آب و هوا بر بخش کشاورزی، به بررسی آثار تغییر آب و هوای آینده بر عملکرد محصول گندم هریک از استانها پرداخته شد. بر این اساس و بر پایه تحقیقات و ارزیابیهای انجام شده در طرح توانمندسازی تغییر آب و هوای آینده، دمای متوسط ایران به میزان ۱/۵ تا ۴/۵ درجه سانتیگراد افزایش و بارندگی به میزان ۱۱٪ تا ۸۰٪، به علت انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش خواهد یافت که این مسئله تغییرات محسوسی را در منابع آبی، میزان تقاضای انرژی، تولیدات کشاورزی و نواحی ساحلی ایجاد خواهد کرد (پژوهشکده اقلیم‌شناسی، ۱۳۸۶). لذا برای ارزیابی اثر تغییر اقلیم آینده روی عملکرد استانها، ده سناریوی متفاوت طراحی شد به طوری که از طریق سناریوهای حالت اول تا چهارم با ثابت نگهداشتن درجه حرارت و کاهش بارندگی به میزان ۱۵، ۳۰، ۵۰ و ۵۸ درصد، به بررسی میزان تغییر عملکرد هریک از استانها پرداخته شد. در سناریوهای پنج، شش و هفت، درجه حرارت به ترتیب ۱/۵، ۲/۵ و ۵ درجه افزایش یافته و بارندگی ثابت مانده است و در سناریوی هشت بارندگی ۱۵ درصد کاهش و درجه حرارت ۲/۵ درجه افزایش یافته است؛ به عبارتی ترکیب تغییر درجه حرارت و بارندگی و سناریوهای نه و ده نیز به همین ترتیب بررسی شد.

به هر روی، در این مطالعه از آماره لوین و لین و چو (Levin, Lin and Chu, 2002) برای آزمون ایستایی و سپس آزمونهای F و LM استفاده شد. همچنین با توجه به الگوی پیشگفته، اثر متغیرها (فیزیکی و آب و هوایی) روی عملکرد گندم محاسبه شد. در نهایت با سناریوسازی متغیرهای پیش‌بینی شده آب و هوای آینده توسط پژوهشکده اقلیم‌شناسی، به بررسی تغییرات عملکرد استانها پرداخته شد.

بررسی اثر درجه حرارت و بارندگی

آمار و اطلاعات مورد نیاز از مجموعه آماری هزینه‌های تولید محصولات کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی تهران و پایگاه اینترنتی سازمان هواشناسی کشور استخراج گردید. به منظور تخمین مدل‌های مورد نظر و انجام آزمون‌های مربوط، از بسته نرم‌افزاری Excel و Eviews5 استفاده گردید. در خاتمه از سناریوهای جهانی، که برای ایران توسعه داده شده‌اند و میزان دما و بارش آینده را براساس میزان انتشار دی اکسید کربن آینده پیش‌بینی نموده‌اند، استفاده شد. در واقع بدینوسیله آثار تغییرات دما و بارندگی روی عملکرد استانها در آینده بررسی گردید.

نتایج و بحث

در تحقیق حاضر الگوی مورد نظر به روش داده‌های تابلویی برای ۱۴ استان ایران (دارای عملکرد بالاتر) طی دوره زمانی ۱۳۷۰-۸۵ برآورد شد. از سوی دیگر، برای تخمین مدل مناسب طبق نظریه بالتاجی، از مدل اثر ثابت استفاده شده که نیازی به بررسی آزمون هاسمن ندارد. برای تعیین وجود (یا عدم وجود) عرض از مبدأ جداگانه برای هر یک از استانها از آماره F استفاده شده است. با توجه به آماره آزمون $F(4/43)$ و کمیت‌های بحرانی (مقادیر بحرانی در سطح ۱٪ و ۵٪ به ترتیب برابر $2/18$ و $1/75$ می‌باشد)، نتیجه دال بر رد فرضیه صفر است. لذا با توجه به آزمون F، روش اثر ثابت پذیرفته و روش پولینگ مردود می‌شود. گفتنی است که آزمون واریانس همسانی نیز مورد آزمون قرار گرفت. نتیجه آزمون LM نشان می‌دهد که با توجه به آماره آزمون $(68/78)$ و کمیت‌های بحرانی (مقادیر بحرانی در سطح ۱٪ و ۵٪ به ترتیب برابر $29/14$ و $23/68$ می‌باشد)، می‌توان فرض صفر را مبتنی بر همسانی واریانس مقطعی رد نمود. لذا برای برآورد مدل مورد نظر، از روش GLS استفاده گردید که در واقع از جمله روشهای کارا برای برآورد مدل مورد نظر خواهد بود. باتوجه به اینکه عملکرد گندم استانها در نظر گرفته شد، لذا این شاخص از لحاظ حداکثر، حداقل، میانگین و موقعیت جغرافیایی استانها که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، مورد ارزیابی قرار گرفت. حداکثر میانگین عملکرد گندم

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال نوزدهم، شماره ۷۶

مربوط به استانهای فارس و اصفهان است و حداکثر عملکرد مربوط به استان خراسان و حداقل عملکرد مربوط به استان اردبیل است. بیشترین انحراف معیار مربوط به استان کرمانشاه است که بیانگر ناپایداری بیشتر عملکرد این استان و کمترین انحراف معیار مربوط به همدان و تبریز می‌باشد که مبین کمترین ناپایداری عملکرد است. استانها از لحاظ موقعیت جغرافیایی تابع شرایط آب و هوایی متفاوتی بوده و لذا به عنوان متغیر دامی وارد الگو شدند به طوری که استانهای اردبیل، آذربایجان غربی، گلستان، آذربایجان شرقی در شمال، استانهای اصفهان، تهران، قزوین در مرکز، خراسان در غرب، خوزستان، فارس در جنوب و همدان، کرمانشاه و لرستان در شرق کشور ایران وارد الگو شدند.

جدول ۱. شاخصهای عملکرد استانهای کشور طی سالهای ۱۳۷۰-۸۵ (کیلوگرم در هکتار)

استان	موقعیت جغرافیایی	میانگین	حداکثر	حداقل	انحراف معیار
اردبیل	شمال	۱۹۹۹	۳۸۲۹	۱۰۲۵	۱۰۳۵
آذربایجان غربی	شمال	۲۸۷۲	۳۸۵۷	۱۸۰۷	۶۳۳
گلستان	شمال	۳۳۴۸	۴۲۶۷	۲۴۴۱	۴۵۴
آذربایجان شرقی	شمال	۳۱۷۶	۳۸۲۵	۲۲۶۵	۴۶۱
اصفهان	مرکز	۴۰۸۷	۵۰۶۳	۲۹۹۶	۵۶۱
تهران	مرکز	۳۸۹۸	۵۳۵۸	۲۷۷۹	۷۹۰
قزوین	مرکز	۲۸۹۳	۴۶۱۹	۱۵۲۴	۹۳۶
خراسان	غرب	۳۰۸۲	۶۹۵۹	۲۰۱۵	۱۱۱۸
خوزستان	جنوب	۲۹۳۶	۳۵۵۶	۱۶۶۸	۶۱۷
فارس	جنوب	۴۰۲۹	۴۶۱۱	۲۸۴۲	۴۹۷
همدان	شرق	۳۳۰۹	۵۴۰۰	۲۲۸۶	۴۳۷
کرمانشاه	شرق	۳۲۶۹	۵۳۴۱	۱۲۵۵	۱۳۲۴
لرستان	شرق	۲۷۷۱	۳۴۰۶	۱۶۶۰	۵۰۶

مأخذ: آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی

بررسی اثر درجه حرارت و بارندگی

در ادامه، قبل از برازش مدل، آزمون ریشه واحد برای بررسی ایستایی متغیرها براساس آماره لوین، لین و چو (Levin, Lin and Chu, 2002) انجام شد. نتایج آزمون ریشه واحد نشان داد، متغیرهای کود، بارندگی و عملکرد در سطح ۱ درصد و سم، ماشین آلات و بذر مصرفی در سطح ۵ درصد و درجه حرارت در سطح ۱۰ درصد در سطح ایستا هستند.

بر پایه نتایج نهایی حاصل از تخمین تابع تولید با روش GLS در الگوی اثر ثابت (جدول ۲)، ملاحظه می‌شود که اکثر متغیرها در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد معنادارند و نهاده‌های فیزیکی مصرفی بذر، کود و ماشین آلات دارای علامت مثبت می‌باشند به طوری که ضریب نهاده بذر مصرفی معادل با ۰/۶۲ برآورد شد؛ بنابراین هرگاه بذر مصرفی ۱۰ درصد تغییر کند، عملکرد ۶/۲ درصد همجهت با آن تغییر خواهد کرد. همچنین ضریب کود و ماشین آلات به ترتیب حدود ۰/۳ و ۰/۲۵ با علامت مثبت برآورد شدند، بدین معنا که هرگاه کود و ماشین آلات هر یک ۱۰ درصد تغییر کنند، عملکرد به ترتیب ۳ و ۲/۵ درصد تغییر خواهد نمود که واکنش تغییر عملکرد نسبت به تغییرات بذر بیشتر از سایر نهاده‌های مصرفی است.

ضریب نهاده سم مصرفی ۰/۲۲- برآورد شد، لذا با افزایش سم به اندازه ۱۰ درصد، مقدار عملکرد گندم ۲/۲ درصد کاهش خواهد یافت. ضریب متغیر مقدار تأثیر بارندگی معادل ۰/۳۶ برآورد شد که نشان می‌دهد با تغییر بارندگی به میزان ۱۰ درصد، عملکرد گندم ۳/۶ درصد تغییر همجهت خواهد داشت. ضریب مقدار متغیر درجه حرارت ۰/۰۹- برآورد شد، بدین معنا که هرگاه درجه حرارت ۱۰ درصد تغییر کند، عملکرد ۰/۹ درصد تغییر معکوس خواهد داشت. متغیرهای دامی وارد شده در الگو نیز از لحاظ آماری، معنادار به دست آمدند؛ به عبارتی گروه‌بندی جغرافیایی استانهای تحت بررسی در شرایط اقلیمی موجود بر عملکرد گندم از لحاظ آماری تأثیر معنادار داشته که مورد تأیید الگو قرار گرفته است.

جدول ۲. تخمین ضرایب الگوی ۴

آماره t	ضریب	متغیر
۳/۳۳	۵/۴۳ ^{**}	عرض از مبدأ (C)
۱/۲۹	۰/۶۲ [*]	لگاریتم بذر مصرفی (LVOS)
۱/۶۹	-۰/۲۲ [*]	لگاریتم سم (LVOP)
۲/۱۷	۰/۳ [*]	لگاریتم کود (LVOF)
۱/۵۸	۰/۲۵ [*]	لگاریتم ماشین آلات کشاورزی (LVOM)
۴/۲۲	۰/۳۶ ^{**}	بارندگی (میلی متر) (VORN)
۱/۹	-۰/۰۹ [*]	درجه حرارت (سانتیگراد) (VOTE)
۲/۵۲	۰/۰۱ ^{**}	روند (T)
۱/۵۴	۰/۵ [*]	موقعیت جغرافیای شمال (D ₁)
۱/۵۲	۰/۳۲ [*]	موقعیت جغرافیای مرکز (D ₂)
۲/۰۲	۰/۱۸ ^{**}	موقعیت جغرافیای جنوب (D ₃)
۱/۰۲	-۰/۱۳	موقعیت جغرافیای شرق (D ₄)
۰/۶۸		R ²
۲/۰۲		دوربین واتسون (DW)
۲۱۶		درجه آزادی (DF)

مأخذ: یافته تحقیق

*, **, و ***: معنادار در سطح آماری به ترتیب ۱٪ و ۵٪ و ۱۰٪.

تأثیر سهم رشد هر یک از نهاده‌های فیزیکی، دما و بارندگی بر عملکرد گندم در جدول ۳ ملاحظه می‌شود. ستون اول نام متغیرها و ستون دوم ضرایب برآورد شده از تابع اولیه با روش حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS) است و ستون سوم این جدول تغییرات متغیرهای توضیحی طی سالها مورد مطالعه می‌باشد و ستون چهارم سهم رشد متغیرهای الگوست

بررسی اثر درجه حرارت و بارندگی

به طوری که اعداد داخل پرانتز درصد سهم رشد هریک از متغیرها را نشان می دهد. رشد کل عملکرد گندم در طی این سالها ۵۶/۶۷ درصد برآورده شد است و لذا درصد سهم رشد بذر مصرفی ۵۹/۱۱ درصد، کود ۴۶/۰۵ درصد، سم ۱۷/۴۷- درصد و ماشین آلات ۲۰/۷۳ درصد از رشد کل عملکرد را طی این سالها دارا می باشند. نتایج حاصل نشان داد که سهم رشد بذر مصرفی و کود مصرفی بر رشد عملکرد گندم بیشتر از سایر نهاده های دیگر است. سهم رشد بارندگی ۷/۱۱- درصد و سهم درجه حرارت از رشد عملکرد در این الگو ۱/۳۱۱- درصد است؛ به عبارتی کاهش بارندگی و افزایش درجه حرارت طی این سالها موجب کاهش عملکرد شده است که تأثیر کاهش بارندگی روی عملکرد بیشتر از افزایش درجه حرارت بوده است.

جدول ۳. نتایج محاسبه سهم رشد متغیرها (الگوی ۶)

سهم رشد	تغییرات متغیر		ضرایب تابع اولیه برآورد شده	متغیر
	(۲)	(۱)		
(۳) = (۱) × (۲)				
(۵۹/۱۱) ۳۳/۵	۵۴	۰/۶۲	(LVOS)	لگاریتم بذر مصرفی
(۴۶/۰۵) ۲۶/۱	۸۷	۰/۳	(LVOF)	لگاریتم کود
(-۱۷/۴۷) - ۹/۹	۴۵	-۰/۲۲	(LVOP)	لگاریتم سم
۱۱/۷۵ (۲۰/۷۳)	۴۷	۴۷	(LVOM)	لگاریتم ماشین آلات کشاورزی
تغییرات آب و هوایی				
(-۷/۱۱) - ۴/۰۳	-۱۱/۲	۰/۳۶	(VORN)	بارندگی
(-۱/۳۱) - ۰/۷۵	۸/۳	-۰/۰۹	(VOTE)	درجه حرارت
(۱۰۰) ۵۶/۶۷			(Total growth)	رشد کل

مأخذ: یافته های تحقیق

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال نوزدهم، شماره ۷۶

ارزیابی اثر تغییر اقلیم با استفاده از سناریوهای مختلف

با توجه به جدول ۴، براساس سناریوی اول تا چهارم، استانهای گلستان، لرستان و آذربایجان شرقی بیشترین تغییرات عملکرد را دارند و کمترین تغییر عملکرد مربوط به استان اصفهان می‌باشد و لذا در این حالت، استانهای مذکور (گلستان، لرستان و آذربایجان شرقی) نسبت به تغییر بارندگی حساسیت بیشتری نشان می‌دهند و استان اصفهان نسبت به کاهش بارندگی حساسیت کمتری خواهد داشت.

همچنین در سناریوی پنج تا هفت اگر بارندگی ثابت بماند و درجه حرارت ۱/۵، ۲/۵ و ۵ درجه سانتیگراد افزایش یابد، می‌توان گفت بیشترین تغییر عملکرد گندم مربوط به استان خوزستان است و در بقیه استانها تغییر عملکرد تقریباً یکسان می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، افزایش درجه حرارت باعث کاهش عملکرد به‌خصوص در استانهای گرمسیری کشور (خوزستان و فارس) می‌گردد.

جدول ۴. واکنش عملکرد گندم در استانها نسبت به تغییرات آب و هوای آینده با توجه به

سناریوهای مختلف

سناریو	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
درجه حرارت	۰	۰	۰	۰	۱/۵	۲/۵	۵	۲/۵	۵	۷/۷
بارندگی	-۱۵	-۳۰	-۵۰	-۵۸	۰	۰	۰	-۱۵	-۵۰	-۵۸
استانها										
اردبیل	-۰/۲۲	-۰/۱۵	-۰/۱۱	-۰/۰۷	-۰/۰۱	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۴	-۰/۰۰۹	۰/۰۷	-۰/۲۶
آذربایجان غربی	-۰/۴۸	-۰/۳۲	-۰/۲۲	-۰/۱۶	-۰/۰۲	-۰/۰۰۷	-۰/۰۰۵	-۰/۰۰۸	-۰/۱۵	-۰/۳۴
اصفهان	-۰/۱۹	-۰/۱۳	-۰/۰۹	-۰/۰۶	-۰/۰۳	-۰/۰۱	-۰/۰۰۸	-۰/۰۲۹	-۰/۰۵	-۰/۳۵
آذربایجان شرقی	-۰/۶۲	-۰/۴۲	-۰/۲۹	-۰/۲۱	-۰/۰۲	-۰/۰۰۹	-۰/۰۰۶	-۰/۰۱۳	-۰/۲	-۰/۴۳
تهران	-۰/۳۵	-۰/۲۳	-۰/۱۷	-۰/۱۲	-۰/۰۳	-۰/۰۱	-۰/۰۰۶	-۰/۰۱۴	-۰/۱۱	-۰/۴۶

بررسی اثر درجه حرارت و بارندگی

خراسان	۰/۴۱	-۰/۲۷	-۰/۱۹	-۰/۱۴	-۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۰۰۷	-۰/۱۹	-۰/۰۱۳	-۰/۳۹
خوزستان	-۰/۴	-۰/۲۷	۰/۱۹	-۰/۱۴	-۰/۰۵	-۰/۰۳	-۰/۰۲	-۰/۱۸	-۰/۱۱	-۰/۳۲
فارس	-۰/۴۱	-۰/۲۷	-۰/۱۹	-۰/۱۴	-۰/۰۳	-۰/۰۱۳	-۰/۰۰۹	-۰/۲۶	-۰/۱۲	-۰/۵۳
قزوین	-۰/۵	-۰/۳۳	-۰/۲۳	-۰/۱۷	-۰/۰۲	-۰/۰۰۹	-۰/۰۰۷	-۰/۱۹	-۰/۱۶	-۰/۳۵
گلستان	-۰/۷۶	-۰/۵۳	-۰/۳۷	-۰/۲۶	-۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۰۰۸	-۰/۱۹	-۰/۲۵	-۰/۵۵
همدان	-۰/۴۴	-۰/۲۹	۰/۲۱	-۰/۱۵	-۰/۰۲	-۰/۰۰۹	-۰/۰۰۶	-۰/۲۳	-۰/۲	-۰/۴۳
کرمانشاه	-۰/۳۸	-۰/۲۵	-۰/۱۸	-۰/۱۳	-۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۰۰۷	-۰/۱۵	-۰/۱۲	-۰/۲۸
لرستان	-۰/۷۴	-۰/۴۹	-۰/۳۵	-۰/۲۵	-۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۰۰۵	-۰/۲۶	-۰/۲۴	-۰/۵۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بر پایه سناریوی هشت، درجه حرارت ۲/۵ درجه سانتیگراد افزایش و بارندگی ۱۵ درصد کاهش می‌یابد. تغییر همزمان بارندگی و درجه حرارت، به علت اینکه افزایش دما در بعضی از نقاط کشور طول رشد گندم را کاهش می‌دهد، اثر مثبت روی عملکرد دارد و کاهش بارندگی اثر نامطلوب روی مراحل رشد گیاه خواهد داشت و تغییر همزمان درجه حرارت و بارندگی در بعضی استانهای کشور کاهش عملکرد کمتری را نسبت به سایر استانهای دیگر موجب می‌شود. بیشترین تغییر کاهش عملکرد در این حالت مربوط به استانهای اصفهان، فارس و لرستان می‌باشد و کمترین کاهش عملکرد در استان اردبیل و ارومیه اتفاق خواهد افتاد. بر پایه سناریوهای نه و ده نیز همزمان درجه حرارت و بارندگی تغییر می‌یابد و عملکرد کشت گندم استانها هم کاهش پیدا می‌کند. در سناریوی ده کاهش عملکرد برای بعضی استانها بیشتر از ۴۰ درصد اتفاق می‌افتد. به عبارت دیگر نتایج حاکی از این مطلب است که در سالهای آینده اگر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای نسبت به مقدار فعلی افزایش یابد، میزان عملکرد گندم استانهای ایران کاهش خواهد یافت. در سناریوی ده میزان عملکرد هر هکتار کشت گندم حدود ۲۰ تا ۵۵ درصد کاهش می‌یابد.

نتیجه گیری و پیشنهاد

نتایج مدل نشان داد که اکثر ضرایب برآورد شده به طور آماری معنی دارند و نهاده‌های مصرفی به جز سم، رابطه مستقیم و معنادار با عملکرد دارند و متغیر بارندگی اثر مثبت و درجه حرارت اثر منفی بر عملکرد گندم دارد. با توجه به نتایج سهم رشد الگوی سالهای مورد مطالعه، عملکرد گندم دارای رشد بوده که بیشترین سهم رشد عملکرد گندم مربوط به بذر و کود مصرفی بوده و سهم متغیرهای آب و هوا بر رشد عملکرد محصول گندم منفی ارزیابی شده است.

با توجه به اهمیت آثار سوء تغییر آب و هوا بر بخش کشاورزی و اینکه هدف اصلی این مطالعه برآورد آثار مخرب تغییر آب و هوا بر بخش کشاورزی استانهای کشور بوده و در نهایت با توجه به مدلی که برای عملکرد محصول گندم برآورد شده است، به بررسی آثار تغییر آب و هوای آینده بر عملکرد محصول استانها پرداخته شد. بدین منظور با استفاده از سناریوهایی که براساس شرایط ایران توسط محققان کشور پیش‌بینی و ارائه گردیده است، به ارزیابی میزان آسیب پذیری عملکرد محصول گندم استانهای کشور بر اثر پیامد عدم کنترل گازهای گلخانه‌ای منجر به افزایش دما و کاهش بارندگی، پرداخته شد. نتایج این مطالعه همانند بیشتر مطالعات خارجی و داخلی (که آثار تغییر اقلیم را روی عملکرد گندم بررسی کرده‌اند) حاکی است که با افزایش دما و کاهش بارندگی در طی سالهای مورد مطالعه و در آینده‌ای نه چندان دور، میزان عملکرد محصولات زراعی به مقدار زیادی کاهش می‌یابد، جز مطالعه نیکلاس در آمریکا و کوچکی و نصیری در ایران که نتیجه گرفتند افزایش درجه حرارت باعث کوتاهی دوره رشد گیاه شده و عملکرد محصول گندم را افزایش می‌دهد.

در مجموع، تغییر اقلیم و گرم شدن هوا در آینده می‌تواند خطرات جدی برای کاهش عملکرد و سپس کاهش تولید محصولات در پی داشته باشد و طبعاً کاهش انگیزه تولید را به همراه خواهد داشت و این به نوبه خود می‌تواند آثار غیر مستقیم نیز بر الگوی تجارت، توسعه و امنیت غذایی داشته باشد. لذا با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر، موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

بررسی اثر درجه حرارت و بارندگی

با توجه به آسیب پذیری کشور نسبت به پدیده تغییر آب و هوا، آموزش و راهبری کشاورزان در جهت مقابله با کاهش عملکرد محصولات از جمله توجه به پیش بینی های کوتاه مدت و بلند مدت هواشناسی به منظور آمادگی و اتخاذ تمهیدات لازم جهت محافظت از محصولات کشاورزی و جلوگیری از صدمه ناشی از عوامل نامساعد جوی و اقلیمی در تمام مراحل کاشت، داشت، برداشت توصیه می شود. ایجاد نظام بیمه فراگیر محصولات کشاورزی برای تثبیت درآمد ناشی از عملکرد محصول می تواند این امر را تقویت کند. آموزش زیست محیطی در جهت کاهش گازهای گلخانه ای و آثار سوء آن در تمام زیر بخش های اقتصادی و تدوین یک برنامه جامع جهت مقابله با این پدیده ضروری است. با توجه به شرایط اقلیمی و نوع کشت هر منطقه، تغییر اقلیم می تواند آثار منفی و مثبت بر تولیدات کشاورزی داشته باشد و لذا پیشنهاد می شود آثار تغییر اقلیم در عملکرد محصولات راهبردی کشور برای مناطق و یا استانها به طور جداگانه بررسی شود تا بدینوسیله بتوان بهترین الگوی کشت را برای مناطق آسیب پذیر به دست آورد. به این منظور لازم است متخصصان زراعت، اقلیم شناسی و اقتصاددانان همکاری و رابطه نزدیکی داشته باشند. در نهایت توصیه می شود با توجه به گرم شدن اجتناب ناپذیر زمین و تأمین امنیت غذای جامعه، جهت مقابله با تغییر اقلیم، راهکارهای کاربردی اتخاذ گردد.

منابع

۱. تقدسیان، ح. و س. میناپور (۱۳۸۲)، تغییرات آب و هوا، آنچه باید بدانیم، انتشارات مرکز تحقیقات زیست محیطی سازمان حفاظت محیط زیست، دفتر طرح ملی آب و هوا، تهران.
۲. پژوهشکده اقلیم شناسی ایران (۱۳۸۶)، مدل سازی اقلیم ایران در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری، گزارش موجود در مرکز تحقیقات محیط زیست، دفتر تغییر آب و هوا، تهران.

اقتصاد کشاورزی و توسعه - سال نوزدهم، شماره ۷۶

۳. جلیلیان، ع. (۱۳۸۳)، نگاهی به مساله آلودگی هوا و آثار آن بر روی گیاهان، مجله علوم کشاورزی، ۲۵: ۱۲-۲۵.
۴. حسینی، م. ط.، س. س. م. عادل، ف. پرویز و س. س. م. معروف (۱۳۸۶)، کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره در برآورد عملکرد گندم دیم منطقه قروه استان کردستان، مجله پژوهش کشاورزی، ۷: ۴۱-۵۴.
۵. رستگار، م. ع. (۱۳۷۷)، زراعت عمومی، انتشارات برهمند، تهران.
۶. زارع فیض آبادی، ا.، ع. کوچکی و م. نصیری (۱۳۸۵)، بررسی روند ۵۰ ساله تغییرات سطح زیر کشت، عملکرد و تولید غلات در کشور و پیش‌بینی وضعیت آینده، مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۴(۷۰): ۱-۴۹.
۷. سالنامه‌های آماری هزینه‌های تولید محصولات کشاورزی (۸۵-۱۳۷۰)، سازمان جهاد کشاورزی، تهران.
۸. صفی‌خانی، س. (۱۳۸۶)، بررسی روند ده سالانه افزایش سطح تولید و عملکرد گندم در کشور، ماهنامه کشت و صنعت، ۹۴: ۲۳-۳۴.
۹. طراوتی، حمید (۱۳۸۴)، آخرین نتایج گرمای سال ۲۰۰۳ اروپا از مؤسسه Earth Policy Institute، کنفرانس الودگی و سلامتی.
۱۰. فرجادی دانا، ا. و ح. طائی (۱۳۷۹)، الگوی تعیین همزمان عرضه نیروی کار و تقاضای کالا در اقتصاد ایران، مجله تحقیقات اقتصادی، ۵۷: ۶۱-۹۶.
۱۱. کرباسی، ع. و م. نودهی (۱۳۸۲)، بررسی تأثیر مصرف نهاده‌ها بر ریسک تولید گندم‌کاران استان خراسان، مجله تحقیقات نوین کشاورزی و دامپزشکی، ۱۸: ۱-۱۱.
۱۲. کوچکی، ع. و م. نصیری (۱۳۸۷)، تأثیر تغییر اقلیم همراه با افزایش غلظت CO₂ بر عملکرد گندم در ایران و ارزیابی راهکارهای سازگاری، مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۶(۱): ۱۳۹-۱۵۳.

بررسی اثر درجه حرارت و بارندگی

۱۳. کوچکی، ع. م. نصیری محلاتی، ح. ر. شریفی، ا. زند و غ. ع. کمالی (۱۳۸۰)، شبیه سازی رشد، فنولوژی و تولید ارقام گندم در اثر تغییر اقلیم در شرایط مشهد، مجله بیابان، ۶(۲): ۱۱۷-۱۲۷.

۱۴. گجراتی، د. (۱۳۸۳)، مبانی اقتصادسنجی، جلد ۲، ترجمه حمید ابریشمی، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۵. ملک افصلی، ش. (۱۳۸۵)، گازهای گلخانه ای، تغییرات جهانی آب و هوا و آثار آن بر سلامت در ایران، دومین همایش آلودگی و اثر آن بر سلامتی.

۱۶. موسی نژاد، م. ق. (۱۳۷۸)، تعیین کارایی و ریسک تولید سیب زمینی در استان فارس، مجله علوم کشاورزی مدرس، ۱: ۳۶-۴۴.

۱۷. مهدویان، ع. (۱۳۸۴)، نقش پیش آگاهی هواشناسی در امنیت غذایی و کاهش ضایعات تولیدات کشاورزی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.

۱۸. نصیبیان، ش. و م. صدرالاشرفی (۱۳۸۳)، بررسی تأثیر بارندگی و دما بر عملکرد محصولات استراتژیک زراعی، مجله علوم کشاورزی، ۱۰: ۳۵-۵۰.

۱۹. واثقی، ا. و ع. اسماعیلی (۱۳۸۷)، بررسی اثر اقتصادی تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی ایران: روش ریکاردین (مطالعه موردی: گندم)، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۴۵): ۶۸۵-۶۹۶.

20. Adams, R.M., B.A. Mccarl and L.O. Mearns (2003), The effect of spatial scale of climate scenarios on economic assessments: an example From U.S, *Journal Of Aagriculture Climate Change*, 60: 131-148.

21. Baltagi, B.H. (2001), *Econometric analysis of panel data*, Jhon Wiley and son's pub USA.

22. Chi, C. and C. Ching (2005), The impact of weather on crop yield distribution in Taiwan, Some new evidence from panel data models and implication for crop insurance, *Journal of Agricultural Economics*, 33: 503-511.
23. Darwin, R. (2004), Effect of greenhouse gas emission on world agriculture food consumption, *Journal of Economic Welfare Climate Change*, 66:191-238.
24. Fan, S. and P. Pardey (1997), Research, the impact of Green Revolution, 1960 to 2000, *Journal of Science*, 30: 758-762.
25. Greene, W.H. (2003), *Econometric analysis*, 5th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall.
26. Lin, J.Y. (1992), Rural reforms and agricultural growth in china, *Journal of American Economic Review*, 82: 34-51.
27. Karbasi, A. and Z. Ghafari (2008), The impact of weather change on crop yield distribution. 6th Asian society of Agricultural Economics International conference (ASAE).
28. Khalili, A. , S. Hajam and P. Irannejad (1990), Understanding Iran`s climate, comprehensive project on water resources in the country, Jamab Consulting Eng. Co, the Ministry of Energy, Bangkok.
29. Liangzhi, Y. , W. Mark, F. Cheng And W. Stanly (2005), Impact of global warming on Chinese Wheat productivity, International Food Policy Research Institute , Ept Discussion paper 143-158 .

بررسی اثر درجه حرارت و بارندگی
.....

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

31. Matthews, R. B. , M. J. Kropff, T. Horie and D. Bachelet (1997), Simulating the impact of climate change on rice production in Asia and evaluating options for adaptation, *Journal of Science*, 143-156.

32. Nichalls, N. (1997), Increased Australian wheat yield due to recent climate trend, *Journal of Nature*, 387:484-485.

33. Peng, S., J. Huang, J. E. Sheehy, R. C. Laza, R. M. Visperas, X. Zhong, G. S. Centeno, G. S. Khush and K. G. Cassman (2004), Rice yields decline with higher night temperature from global warming, *Proc, Ationl Academies of Science USA*, 101: 9971-9975.

34. Oliver, D. and G. Micheal (2006), The economic impact of climate change: evidence from agricultural profit and random fluctuation in weather, *Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM), working papers*.

35. Parry, M., C. Rosenzweig, A. Inglesias, M. Livermore and G. Gischer (2004), Effect of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios, *Journal of Global Environ Change*, 14: 53-67.

36. Parry, M., C. Rosenzweig, A. Inglesias, G. Fischer and M. Livermore (1999), Climate change and world food security: a new assessment, *Journal of Global Environ Change*, 9: 551-567.

37. Tesvetsinskaya, E.A. , L. O. Mearns, T. Mavromatis, W. Gao. , L. McDaniel and M. W. Downton (2003), The effect of spatial scale of climatic change scenario on simulated maize, *Journal of Environ Change and Economics*, 34: 1234-1243.

