اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال ۲۷، شمارهٔ ۱۰۷، پاییز ۱۳۹۸

DOI: 10.30490/aead.2020.252565.0

آثار عوامل اقلیمی بر ریسک عملکرد لاین‌های گندم آبی در تحقیقات به‌نژادی

هرمز اسدی[۱]، غلامرضا زمانیان[۲]، محمدنبی شهیکی تاش[۳]، محمد قربانی[۴]، محمدرضا جلال‌کمالی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۹

چکیده

امروزه، تغییرات اقلیمی از متغیرهای کلیدی و تأثیرگذار در رشد عملکرد محصولات به‌شمار می‌رود. هدف پژوهش حاضر تعیین اثرات اقلیمی و روند زمانی و مکانی بر بهبود ژنتیکی لاین‌های گندم آبی در تحقیقات به‌نژادی کشور بود. داده‌های پانل مطالعه از ۲۲

۱. نویسندهٔ مسئول و استادیار پژوهش دفتر پژوهش‌های اقتصادی- اجتماعی و تجاری سازی؛ مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
(hormoz.asadi3@gmail.com)

۲. دانشیار گروه اقتصاد دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

۳. دانشیار گروه اقتصاد دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

۴. استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۵. محقق ارشد مرکز بین‌المللی تحقیقات ذرت و گندم در ایران، کرج، ایران.

ایستگاه تحقیقات کشاورزی طی دوره ۱۳۹۳-۱۳۷۴ جمع‌آوری شد. در مطالعهٔ حاضر، از تابع تولید تصادفی جاست و پاپ استفاده شد. نتایج نشان داد که متغیر روند زمانی تأثیر مثبت و معنی‌دار بر ریسک و میانگین عملکرد لاین‌ها دارد، به‌گونه‌ای که میانگین عملکرد سالانه را ۲۹ کیلوگرم در هکتار بهبود بخشیده است. اثر سال معرفی رقم بر میانگین و واریانس عملکرد لاین‌ها مثبت و از لحاظ آماری معنی‌دار بود. همچنین، اثر میانگین درجه حرارت و بارندگی در فصول مختلف بر میانگین و واریانس عملکرد لاین‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار ارزیابی شد.

طبقه بندی JEL : Q1، Q15

کلیدواژه‌ها: گندم آبی، تحقیقات، تابع تولید تصادفی، عوامل محیطی، روند زمانی.

مقدمه

در دههٔ هفتاد شمسی، تحقیقات گندم آبی بر اساس اقلیم‌بندی مناطق مختلف کشور با توجه به شرایط آب‌وهوایی، تغییرات درجه حرارت و ارتفاع ایستگاه‌های تحقیقاتی از سطح دریا انجام شد. البته با توجه به اهمیت تحقیقات به‌نژادی به‌ویژه در ارتباط با تغییرات اقلیم، مناطق زراعی آبی برای انجام تحقیقات به‌نژادی بدین شرح تقسیم‌بندی شده است: اقلیم «گرم و مرطوب» (Zone I)، که مناطق همگن زیر پوشش آن شامل سواحل دریای خزر در استان‌های مازندران، گلستان، گیلان و دشت مغان از استان اردبیل با متوسط بارندگی سالانه بین ۳۵۰ تا هزار میلی‌متر بوده و دارای آب‌وهوای نیمه‌گرمسیری با زمستان‌های ملایم و تابستان‌های گرم است؛ اقلیم «گرم و خشک جنوب» (Zone II)، که مناطق همگن زیر پوشش آن شامل سواحل خلیج فارس و دریای عمان در استان‌های بوشهر، خوزستان، هرمزگان، ایلام، داراب در استان فارس، جیرفت در استان کرمان، لرستان، سیستان و بلوچستان، طبس و مناطق جنوبی استان خراسان با متوسط بارندگی سالانه بین چهل تا دویست میلی‌متر بوده و دارای آب‌وهوای گرمسیری با زمستان‌های ملایم، بهار کوتاه و گرم و تابستان‌های بسیار گرم و طولانی است؛

اقلیم «معتدل» (Zone III)، که مناطق همگن زیر پوشش آن شامل استان‌های اصفهان، یزد، کرمان، مناطق ساوه در استان مرکزی، سمنان، منطقه مرکزی استان خراسان، منطقه مرکزی استان فارس، مناطقی از استان لرستان، کرمانشاه، مناطق ورامین در استان تهران و استان البرز با متوسط بارندگی سالانه بین دویست تا سی‌صد میلی‌متر است؛ و اقلیم «سرد» (Zone IV)، که مناطق همگن زیر پوشش آن شامل استان‌های همدان، قزوین، مرکزی، کردستان، آذربایجان‌های شرقی و غربی، اردبیل، نقاط مرتفع استان‌های کرمانشاه، شهرستان اقلید از استان فارس، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد و شمال خراسان با متوسط بارندگی سالانه بین دویست تا ۱۸۰۰ میلی‌متر بوده و دارای تابستان‌های گرم تا خیلی خنک و زمستان‌های سرد تا خیلی سرد است (۶ و ۱۸).

نتایج برخی مطالعات نشان می دهد که دامنه تأثیر درجه حرارت بر عملکرد در محصولات، فصول و مکان‌های مختلف، متفاوت است (۵). تغییرات اقلیمی تأثیرات مستقیم بر تولید کشاورزی دارد و از این‌رو، پیش‌آگاهی در خصوص تغییرات اقلیم و تأثیر آن بر مصرف نهاده‌ها به‌ویژه آب کشاورزی می‌تواند راهگشای رفع برخی چالش‌ها در بخش کشاورزی باشد. تأثیر پارامترهای اقلیمی دما و بارندگی نشان می‌دهد که در آینده، حداقل و حداکثر درجه حرارت در تمامی ماه‌های سال در حال افزایش خواهد بود و به دلیل کاشت زودتر محصولات گندم و جو و کوتاه شدن طول دوره رشد آنها، نیاز آبی گندم ۱۹/۵ درصد و جو ۲۲/۵ درصد کمتر می‌شود و عملکرد گندم با تأثیرپذیری از تغییر اقلیم، سی درصد کاهش خواهد یافت(۱۷). یک چالش عمده در جهان رشد تقاضا برای غذا در دهه‌های آتی است. بنابراین، تولید غذای بیشتر با نهاده و هزینه کمتر باید همراه با ریسک کمتری باشد. با بهبود عملیات زراعی و اصلاح نباتات می‌توان پاسخ مهمی به چالش‌های حال و آینده در مورد تنش‌های زنده و غیرزنده ارائه کرد. در این راستا، اصلاح‌گران بخش‌های تحقیقاتی نه‌تنها می‌توانند به بهبود توانایی ارقام در برابر شرایط محیطی مختلف کمک کنند، بلکه قادرند مساعدت معنی‌داری به حفاظت تنوع زیستی نمایند (۱۰). شواهد و بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که به دلیل

محدودیت منابع به‌ویژه کمبود منابع آبی در جهان، یک راهکار عملی و منطقی در افزایش تولید محصولات کشاورزی استفاده از روش‌هایی به‌منظور افزایش و بهبود عملکرد محصولات است. این سیاست همان به‌کارگیری فناوری‌های تولید در بخش کشاورزی در قالب یک روش کاربردی برای بهبود بهره‌وری عوامل و افزایش عملکرد محصول است که با سرمایه‌گذاری در تحقیقات اصلاح نباتات و انتقال دانش و یافته‌های ناشی از آن به مزرعه کشاورزان میسر خواهد شد (۷). یکی از فعالیت‌های اقتصادی مهم و تأثیرگذار در عرصه اقتصاد کشاورزی تولید ارقام یا فناوری اصلاح‌شدهٔ محصولات زراعی است که در راستای افزایش عملکرد و تولید محصولات مختلف و افزایش ضریب امنیت غذایی، خوداتکایی و کاهش وابستگی انجام می‌شود (۱).

زرعکانی و همکاران (۲۰)، در مطالعه‌ای در مورد اثر اقلیم بر اقتصاد گندم دیم در خراسان شمالی، با استفاده از داده‌های سال‌های ۸۹-۱۳۶۳، بدین نتیجه رسیدند که لگاریتم دمای حداقل و حداکثر و بارندگی سالانه با عملکرد گندم دیم رابطهٔ معنی‌دار دارد. همچنین، افزایش دمای حداقل و حداکثر به میزان ۰/۵ درجه سلسیوس و افزایش بارندگی به میزان ۲۵ میلی متر در دوره مطالعه با افزایش نسبی عملکرد گندم و درآمد حاصل از آن در هر تن همراه بوده است.

تراکسلر و همکاران (۱۹)، در مطالعه‌ای در مورد ریسک تولید و ارزیابی فناوری ارقام گندم با استفاده از داده‌های سال‌های ۸۶-۱۹۵۰ و تابع تولید ریسکی جاست و پاپ، به بررسی اثر بهبود ژنتیکی بر عملکرد گندم در انقلاب سبز پرداختند. نتایج نشان داد که در انقلاب سبز، میانگین رشد عملکرد تدریجی بوده، ولی بهبود نسبی در پایداری و ثبات عملکرد، سریع اتفاق افتاده است؛ و بنابراین، موفقیت در معرفی ارقام همان بهبود پایداری در میانگین عملکرد تلقی شده است.

در مطالعه دیگری، نالی و همکاران (۱۵)، با به‌کارگیری اطلاعات سال‌های ۲۰۰۷-۱۹۸۳ و با استفاده از تابع تولید تصادفی جاست و پاپ، به بررسی اثرات اقتصادی برنامه

اصلاح برنج در آرکانزاس پرداختند. نتایج نشان داد که معرفی ارقام جدید برنج در برنامه اصلاحی، متوسط عملکرد سالانه را ۰/۶۸ بوشل در ایکر افزایش داده و طی دهه ۲۰۰۷-۱۹۹۷، میانگین سالانه منافع اقتصادی ۳۴/۳ میلیون دلار بر اساس سال ۲۰۰۷ برآورد شده و سرریزهای ارقام برنج تولیدی به ایالات همسایه نیز میانگین سالانه منافع اقتصادی برنامه اصلاحی را به ۴۶/۷ میلیون دلار افزایش داده است. به باور این پژوهشگران، مساعدت تحقیقات گندم از طریق افزایش عملکرد ناشی از بهبود ژنتیکی برنامه‌های اصلاح نباتات از مسائل مهم در تحقیقات کاربردی بخش کشاورزی محسوب می‌شود، زیرا بهبود ژنتیکی ارقام که نوعی سرریز فناوری ارقام است، باعث افزایش عرضه محصول در کشور خواهد شد که از این طریق، می‌توان اثرات اقتصادی برنامه اصلاحی را مورد سنجش قرار داد.

بایرلی و مویا (۴)، طی مطالعه‌ای در مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی ذرت و گندم، نشان دادند که مهم‌ترین مساعدت اصلاح گندم در بیست سال گذشته همان توسعه لاین‌های جدید مقاوم به بیماری‌ها به‌ویژه مقاومت ارقام به نژاد زنگ‌ها بوده است. بنابراین، اگرچه بازده و بهبود ژنتیکی سالانه ناشی از برنامه اصلاح گندم یک هدف نهایی است، ولی از آن مهم‌تر خسارت بالقوه در شرایط بدون برنامه اصلاحی است که باعث توسعه بیماری در سطح وسیع می‌شود. هنگام ارزیابی برنامه اصلاحی، بهبود سالانه در بازده ژنتیکی ارقام زمینه‌ای مناسب برای بهره‌وری به‌شمار می‌رود، ولی بدون ملاحظه اثرات حفظ و پایداری عملکرد، این هدف کامل نخواهد شد. از لحاظ تاریخی، اصلاح‌گران بیشتر روی افزایش عملکرد ارقام متمرکزند، ولی کاهش تغییرپذیری و ناپایداری در عملکرد ارقام محصول در مکان و زمان‌های مختلف یک هدف اصلاحی مهم تلقی می‌شود. در کشورهای در حال توسعه، عملکرد ارقام جدید نسبت به ارقام مرسوم و سنتی بیشتر بوده است.

لیو و همکاران (۱۲)، در برآورد اثرات درجه حرارت بر عملکرد جهانی گندم، بر این باورند که یکی از شاخص‌های مهم و تأثیر گذار در عملکرد ارقام محصولات در برنامه‌های اصلاحی تغییرات اقلیمی است. تغییر اقلیم بر بهره‌وری محصولات کشاورزی اثر گذاشته و

پیامدهایی را برای عرضه و تقاضا و سودآوری محصولات به همراه دارد. از این‌رو، کمی کردن اثرات تغییر اقلیم در کشاورزی یک شاخص مهم و کلیدی است. نتایج مطالعه نشان داد که با افزایش یک درجه سانتی‌گراد دمای جهانی، عملکرد جهانی گندم بین چهار تا شش درصد کاهش می‌یابد. البته اثرات نسبی درجه حرارت بر عملکرد گندم در کشورهای مختلف با روش‌های مختلف، متفاوت است، نشانگر آنکه اثرات اقلیم بر امنیت غذای جهانی تأثیرگذار است. برای امنیت غذای جهانی، درک چگونگی اثرگذاری تغییر اقلیم بر تولید محصولات زراعی درخور اهمیت است.

امروزه، تغییرات اقلیم در جهان چالش‌های زیادی را در عملیات مدیریت منابع طبیعی ایجاد کرده است. البته این چالش‌ها به‌عنوان یک فرصت در جهان مطرح است. بسیاری از عملیات مدیریت که در گذشته متداول بوده، نیاز به تطبیق و سازگاری زیست‌بوم با این تغییرات دارد. اثرات تغییر اقلیم در زیست‌بوم کشاورزی در بلندمدت در قالب یک متغیر کلیدی تأثیرگذار بر رشد عملکرد نباتات زراعی مطرح بوده و نقش این تغییرات در بهره‌وری، کیفیت محصولات، افزایش بیماری‌ها و آفات و ایجاد خسارات چشمگیر است. یکی از راهکارهای کاهش این تغییرات، توسعه محصولات جدید و گسترش ارقام اصلاح‌شده در قالب برنامه‌های اصلاح نباتات و پذیرش آنها توسط استفاده‌کنندگان نهایی است. در برنامه اصلاح محصول، تقاضا برای آزمایش‌های چندگانه در مورد ارقام جدید، چالش معنی‌داری را برای اصلاح‌گران محصول فراهم آورده است. ارقام جدید تولیدشده توسط اصلاح‌گران باید به بهبود سلامتی، کاهش فرسایش خاک و حفظ تنوع زیستی کمک کند (۳).

هدف پژوهش حاضر تعیین اثرات اقلیمی و روندهای زمانی و مکانی بر بهبود ژنتیکی لاین‌های گندم آبی در برنامه‌های به‌نژادی کشور است.

مبانی نظری و روش تحقیق

الف) مبانی نظری

معمولاً برای ارزیابی اثرات تحقیقات کشاورزی به‌ویژه تحقیقات برنامه‌های اصلاحی محصولات کشاورزی، از مدل‌های تعادل جزیی استفاده می‌شود. اولین رویکرد در مدل تعادل جزیی، رویکرد Ex-post است. در مطالعاتی که از این رویکرد استفاده شده، با بهره‌گیری از اطلاعات موجود در مورد منافع تحقیقاتی که نتایج آن در گذشته به اجرا درآمده و یا هم‌اکنون در حال اجراست، به ارزیابی تحقیقات پرداخته می‌شود. دو نوع تحلیل در این‌گونه مطالعات وجود دارد که عبارت‌اند از «تحلیل مازاد اقتصادی» (مازاد مصرف‌کننده و مازاد تولیدکننده) برای سنجش نرخ متوسط بازده تحقیقات و «تحلیل تابع تولید» برای برآورد نرخ نهایی بازده تحقیقات. رویکرد دیگر، رویکرد Ex-ante است. در مطالعاتی که از این رویکرد استفاده شده است، با پیش‌بینی نتایج حاصل از کاربرد یافته‌های تحقیقاتی در آینده، محققان به ارزیابی تحقیقات پیش از اجرای نتایج آنها می‌پردازند. چهار نوع تحلیل در این‌گونه مطالعات وجود دارد که عبارت‌اند از «تحلیل فایده– هزینه» برای محاسبه نسبت فایده به هزینه و نرخ بازده داخلی، «مدل نمره‌دهی» به‌منظور رتبه‌بندی تحقیقات کشاورزی، «مدل برنامه‌ریزی ریاضی» برای انتخاب بهینه فعالیت‌های کشاورزی و «مدل شبیه‌سازی» (۱۶). تابع تولید ریسکی جاست و پاپ که کاربرد زیادی در مطالعات اقتصاد کشاورزی دارد، یکی از توابع خاص بوده، دارای رویکرد آماری و جزو مطالعات Ex-post است. این روش مبین این مطلب است که چگونه میانگین و واریانس عملکرد یک محصول نسبت به تغییرات عوامل تأثیرگذار در زمان و محیط‌های تحقیقاتی مختلف عکس‌العمل نشان می‌دهد (۱۱). از این تابع برای سنجش اثرات در برنامه اصلاح نباتات زراعی توسط برخی محققان (۱۵، ۱۹) استفاده شده است. این تابع برای تحلیل همزمان دو شاخص میانگین عملکرد و واریانس عملکرد مورد استفاده قرار می‌گیرد، و انعطاف‌پذیری لازم در تشریح فرآیند تصادفی فناوری ارقام را دارا بوده و روشی مناسب را برای آزمون اثرات افزایش عملکرد روی پایداری عملکرد ارقام فراهم می‌سازد. البته، این تابع اجازه می‌دهد که هر نهاده تأثیر خود را هم بر میانگین و هم بر واریانس عملکرد اعمال کند. مدل کلی این تابع بدین صورت است:

$$y_i = f(X_i B) + g(X_i a) + \epsilon_i \quad (۱)$$

که در آن، Y_{ht} میانگین عملکرد لاین‌ها (جمعیت گیاهی که از نظر ژنتیکی به ثبات رسیده و یکنواخت است) در hامین مکان آزمایش در سال t، X_{ht} متغیرهای توضیحی در hامین مکان آزمایش در سال t، Φ, β بردار پارامترهاست.

$f(X_{ht}, \beta)$ تابع میانگین بهبود عملکرد است و اثر متغیرهای مستقل بر میانگین عملکرد ارقام را نشان می‌دهد؛ $g(X_{ht}, \Phi)$ تابع واریانس بهبود عملکرد ارقام بوده و اثر متغیرهای مستقل را بر واریانس عملکرد ارقام نشان می‌دهد؛

ε_{ht} متغیر تصادفی با میانگین صفر و واریانس یک است. جمله خطا بستگی به برخی یا همه متغیرهای توضیحی دارد و می‌تواند در قالب یک مدل ناهمسانی چندگانه مطرح باشد.

معمولاً از دو روش برای برآورد ضرایب تابع تولید ریسکی جاست و پاپ استفاده می‌شود که عبارت‌اند از روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته (FGLS) و روش حداکثر درست‌نمایی (ML). برای تخمین این تابع، سه مرحله نیاز است. در مرحلهٔ اول، اگر واریانس، یک تابع نمایی از متغیرهای توضیحی باشد، مدل کلی همراه با خطای ناهمسانی واریانس می‌تواند به‌صورت زیر ارائه شود. در این مرحله، لگاریتم توان دوم پسماندهای ناشی از تخمین تابع عمکرد به‌عنوان متغیر وابسته در مرحله بعد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$y_{it} = X_{it} B + \in_{it} \quad (۲)$$

$$E(e_{it})^2 = \sigma^2_{it} = \exp(X_{it}\Phi)$$

که در آن، X_{ht} یک بردار ردیفی از مشاهدات روی متغیرهای مستقل k است، و بردار Φ با ابعاد (k*1) ضرایب ناشناخته را نشان می‌دهد.

$$X_{ht} = (x1_{ht}, x2_{ht}, \ldots . xk_{ht}) \quad (۳)$$

$$\Phi = (\Phi 1, \Phi 2, \ldots . \Phi k)$$

$$E(e_{ht}) = 0, E(e_{ht} e_{st}) = o, ht \# st$$

رابطهٔ (۳) را می‌توان به‌صورت زیر مجدداً نوشت:

$$E(e_{it})^2 = X_{it}\Phi \qquad (۴)$$

در مرحلهٔ دوم، از آنجا که b_i^2 ناشناخته است، با استفاده از پسماند حداقل مربعات برآوردشده از رابطهٔ (۲)، اثرات نهایی متغیرهای توضیحی روی واریانس عملکرد به‌صورت زیر برآورد می‌شود:

$$Lne_{it}^{*2} = X_{it}\Phi^* + U_{it} \qquad (۵)$$

که در آن، e_{ht}^* ارزش پیش‌بینی‌شده، و جایی e_{ht} است که جمله خطا به‌صورت زیر تعریف شده باشد:

$$U_{ht} = Ln(e_{ht}^{*2} / \sigma_{ht}^2) \qquad (۶)$$

در مرحلهٔ سوم، از ارزش‌های پیش‌بینی‌شده از رابطهٔ (۵) به‌عنوان وزن‌هایی برای برآورد حداقل مربعات تعمیم‌یافته روی میانگین عملکرد در رابطهٔ (۲) همراه با دستورات رفع ناهمسانی واریانس و خودهمبستگی در جملات اختلال استفاده خواهد شد. به عبارت دیگر، در مرحله دوم، برآورد رابطهٔ (۵) می‌تواند اثر متغیرهای توضیحی را روی واریانس عملکرد نشان دهد. در مرحله سوم، برآورد مجدد رابطهٔ (۲) با در نظر گرفتن وزن‌های پیش‌بینی‌شده از رابطهٔ (۵) اثرات متغیرهای توضیحی روی میانگین عملکرد لاین‌ها و ارقام را نشان می‌دهد.

ب) روش تحقیق

داده‌های مطالعهٔ حاضر از نوع ترکیبی (پانل) و مربوط به برنامه ملی اصلاح گندم آبی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر بوده که با مراجعه به اسناد و گزارش‌های سالانه برنامه جمع‌آوری شده و داده‌های اقلیمی نیز از سایت هواشناسی مناطق مورد هدف تهیه شده است. البته دوره مطالعه مربوط به سال‌های ۹۳-۱۳۷۴ است. ایستگاه‌های تحقیقاتی مورد هدف در تحقیق حاضر در اقلیم گرم و مرطوب شمال شامل گنبد، گرگان، مغان، ساری، در اقلیم گرم و خشک شامل اهواز، دزفول، داراب، زابل، لرستان، ایرانشهر، در اقلیم معتدل شامل بروجرد، مشهد، نیشابور، کرج، ورامین، زرقان و در اقلیم سرد شامل اراک، اردبیل، همدان، میاندوآب، تبریز و زنجان قرار داشتند. هدف مطالعه حاضر تعیین اثرات اقلیمی و روند زمانی و مکانی بر بهبود ژنتیکی لاین‌های گندم نان آبی در برنامه‌های اصلاحی بوده است. فرضیهٔ پژوهش عبارت

است از آنکه روند زمانی و سال معرفی ارقام تأثیر معنی‌دار بر میانگین و واریانس عملکرد لاین‌ها دارد. در پژوهش حاضر، برای ارزیابی اثرات، از روش تعادل جزیی و رویکرد آماری تابع تولید تصادفی جاست و پاپ (۱۱) استفاده شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، ابتدا داده‌ها بسته به مناطق مختلف آزمایشی، کدبندی شد و سپس، برای شناسایی داده‌های پرت در داده‌های پانل، ارتباط عوامل و متغیرها در طول زمان با استفاده از روش نموداری (گراف) مشخص و برای رفع آن اقدام شد. در مرحله بعد، به‌علت ناموزون بودن داده‌های ترکیبی، برای انجام آزمون مانایی داده‌های ترکیبی، از آزمون ADF-Fisher استفاده شد. در این آزمون، فرضیه صفر وجود ریشه واحد بوده و در صورت پذیرش فرض صفر، متغیر مورد بررسی ناایستاست و در صورت رد فرض صفر، متغیر مورد بررسی مانا‌ست (۹). در صورت ناایستا بودن داده‌ها نیاز به بررسی آزمون هم‌جمعی خواهد بود. قبل از تخمین مدل، لازم است آزمون برابری عرض از مبدأ یا تست F لیمر به‌منظور انتخاب مدل و روش داده‌های تابلویی و داده‌های تجمیعی (panel و pool) انجام شود. در این آزمون، فرضیه H_0 مبنی بر یکسان بودن عرض از مبدأها نشانگر داده‌های تلفیقی و فرضیه H_1 مبنی بر ناهمسانی عرض از مبدأها یا اثرات ثابت نشانگر داده‌های تابلویی است. اگر مقدار P محاسبه‌شده کمتر از سطح خطای پنج درصد باشد، فرض H_0 رد می‌شود؛ در غیر این صورت، فرض H_1 پذیرفته خواهد شد. در تحقیقات اقلیمی، به‌طور معمول، برای برآورد داده‌های پانل، از مدل اثرات ثابت استفاده می‌شود. خوبی استفاده از مدل اثرات ثابت، حل مشکل عدم امکان مشاهده تمام عوامل مؤثر بر میزان تولید است (۲، ۷). از آنجا که داده‌های تابلویی هم داده‌های مقطعی و هم داده‌های سری زمانی را دربرمی‌گیرد، وجود مشکل واریانس ناهمسانی را به همراه دارد. برای تخمین مدل، باید از روش رگرسیونی مناسب استفاده شود. یکی از روش‌های رفع این مشکل، استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته (FGLS) است، البته در صورت وجود خودهمبستگی در مدل هم این روش باعث رفع آن خواهد شد(۸).

در تحقیق حاضر، برای بررسی عوامل تأثیرگذار بر میانگین و واریانس عملکرد لاین‌های گندم نان آبی، از مدل جاست و پاپ و روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته استفاده شد. ضریب متغیر سال‌های معرفی رقم در این روابط نشان‌دهندهٔ افزایش عملکرد ناشی از بهبود و

بازده ژنتیکی نسبت‌داده‌شده به برنامه اصلاح گندم بر اساس تلاش اصلاح‌گران در طول سال‌های آزمایش است (۱۳، ۱۴، ۱۵). توابع مورد بررسی به‌صورت زیر است، به‌گونه‌ای که در رابطهٔ اول، تابع عمکرد برای تعیین پسماندها برآورد می‌شود؛ سپس، در رابطهٔ دوم، لگاریتم توان دوم پسماندهای ناشی از تخمین تابع عمکرد به‌عنوان متغیر وابسته برای تعیین اثر عوامل بر واریانس عملکرد مشخص خواهد شد؛ در مرحله و رابطهٔ سوم، با در نظر گرفتن وزن‌های پیش بینی‌شده از رابطهٔ دوم، برآورد حداقل مربعات تعمیم‌یافته روی میانگین عملکرد (رابطهٔ اول) همراه با دستورات رفع ناهمسانی واریانس و خودهمبستگی در جملات اختلال، اثرات متغیرهای توضیحی روی میانگین عملکرد لاین‌ها مشخص می‌شود (۱۴):

$$y_{ht} = B_0 + B_1 year + B_2 Tem_w + B_3 Tem_{sp} + B_4 Tem_{su} + B_5 Tem_{au} + B_6 Rain_w + B_7 Rain_{sp} + B_8 Rain_{su} + B_9 Rain_{au} + B_{10} L_i + B_{11} PH + \delta_1 DLoc_1 + ... + \delta_{22} DLoc_{22} + \lambda RLyear + \in_{ht}$$

$$Ln(e_i)^2 = \Phi_0 + \Phi_1 year + \Phi_2 Tem_w + \Phi_3 Tem_{sp} + \Phi_4 Tem_{su} + \Phi_5 Tem_{au} + \Phi_6 Rain_w + \Phi_7 Rain_{sp} + \Phi_8 Rain_{su} + \Phi_9 Rain_{au} + \Phi_{10} L_i + \Phi_{11} PH + \gamma_1 DLoc_1 + ... + \gamma_{22} DLoc_{22} + \partial RLyear + \in_{ht}$$

$$y_{ht} = \alpha_0 + \alpha_1 year + \alpha_2 Tem_w + \alpha_3 Tem_{sp} + \alpha_4 Tem_{su} + \alpha_5 Tem_{au} + \alpha_6 Rain_w + \alpha_7 Rain_{sp} + \alpha_8 Rain_{su} + \alpha_9 Rain_{au} + \alpha_{10} L_i + \alpha_{11} PH + \sigma_1 DLoc_1 + ... + \sigma_{22} DLoc_{22} + \partial RLyear + weight + \in_{ht}$$

که در آن:

Y_{ht} میانگین عملکرد لاین‌های گندم نان در hامین مکان آزمایش در سال t، year متغیر روند، $Ln(e_i)^2$ واریانس عملکرد لاین‌های گندم نان در hامین مکان آزمایش در سال t، Tem_w میانگین درجه حرارت زمستان (سانتی‌گراد)، Tem_{sp} میانگین درجه حرارت بهار (سانتی‌گراد)، Tem_{su} میانگین درجه حرارت تابستان (سانتی‌گراد)، Tem_{au} میانگین درجه حرارت پاییز (سانتی‌گراد)، $Rain_w$ میانگین بارندگی زمستان (میلی‌متر)، $Rain_{sp}$ میانگین بارندگی بهار (میلی‌متر)، $Rain_{su}$ میانگین بارندگی تابستان (میلی‌متر)، $Rain_{au}$ میانگین بارندگی پاییز (میلی‌متر)، L_j ارتفاع از سطح دریا در hامین مکان آزمایش (مترمربع)، pH میزان اسیدی، قلیایی

و خنثی بودن خاک مناطق، $DLoc_{22}$+.....+$DLoc_1$ متغیر مجازی مکان‌های مختلف آزمایش‌ها (۲۲ مکان آزمایشی) (در مناطقی که لاین مد نظر در آزمایش اصلاحی کشت شده است، با عدد یک و در غیر این صورت، با صفر مشخص شد)، RLyear متغیر مجازی سال‌های معرفی ارقام (در طول دوره مطالعه، در سال‌هایی که رقم معرفی شده است، با عدد یک و در غیر این صورت، با صفر مشخص شد)، و β ,Φ، □، δ، γ، □، Ө، б، □ بردار پارامترها و$_{ht}$□ جمله اخلال است.

نتایج و بحث

طبق جدول ۱، میانگین عملکرد لاین‌های گندم نان آبی در برنامه اصلاحی طی دوره ۹۳-۱۳۷۴، به میزان ۶۳۶۷ کیلوگرم در هکتار، میانگین درجه حرارت سالانه ۱۷/۵۷ درجهٔ سانتی‌گراد، میانگین جمع بارندگی سالانه و بارندگی فصول زراعی به‌ترتیب ۲۸۰ و ۲۶۱ میلی‌متر، و میانگین ارتفاع ایستگاه‌های تحقیقاتی از سطح دریا ۹۷۶ متر بوده است.

جدول ۱. تحلیل توصیفی متغیرها در برنامه اصلاح گندم آبی طی دوره ۱۳۹۳-۱۳۷۴

متغیرها	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
عملکرد لاین (کیلوگرم در هکتار)	۶۳۶۷	۱۳۵۸	۲۷۷۷	۱۰۰۲۷
میانگین درجه حرارت زمستان (سانتی‌گراد)	۷/۷	۵	-۳	۲۰
میانگین درجه حرارت بهار (سانتی‌گراد)	۲۲	۵/۵	۰	۳۵
میانگین درجه حرارت تابستان (سانتی‌گراد)	۲۸	۵	۰	۳۸
میانگین درجه حرارت پاییز (سانتی‌گراد)	۱۲	۵	۰	۲۳
بارندگی در زمستان (میلی‌متر)	۱۲۳	۷۷	۲	۴۴۹
بارندگی در بهار (میلی‌متر)	۶۳	۴۶	۰	۲۳۰
بارندگی در تابستان (میلی‌متر)	۱۹	۳۹	۰	۲۷۱
بارندگی در پاییز (میلی‌متر)	۹۴	۷۷	۰	۴۸۸
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۹۷۶	۶۱۸	۵/۵	۱۷۴۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

طبق نتایج جدول ۲، بر اساس آزمون ریشه واحد فیشر (دی کی فولر تعمیم‌یافته)، تمام متغیرها مانا هستند؛ بنابراین، با توجه به مانا بودن داده متغیرها، نیازی به انجام آزمون هم‌جمعی نخواهد بود. طبق آماره f لیمر، چون سطح معنیداری محاسبه‌شده کمتر از سطح خطای پنج درصد بود، از روش داده‌های تابلویی استفاده شد.

جدول ۲. آزمون ریشه واحد متغیرها براساس آزمون فیشر (دی کی فولر تعمیم‌یافته)

متغیرها	بدون عرض از مبدأ و بدون روند		با عرض از مبدأ و بدون روند		بدون عرض از مبدا و با روند	
	آماره	سطح احتمال	آماره	سطح احتمال	آماره	سطح احتمال
عملکرد لاین (کیلوگرم در هکتار)	۲۲۸	۰/۰۰۰۰	۲۸۷	۰/۰۰۰۰	۱۷۵	۰/۰۰۰۰
میانگین درجه حرارت زمستان (سانتی‌گراد)	۴۳۰	۰/۰۰۰۰	۴۱۴	۰/۰۰۰۰	۳۵۵	۰/۰۰۰۰
میانگین درجه حرارت بهار (سانتی‌گراد)	۲۸۳	۰/۰۰۰۰	۳۱۴	۰/۰۰۰۰	۲۱۶	۰/۰۰۰۰
میانگین درجه حرارت تابستان (سانتی‌گراد)	۲۷۳	۰/۰۰۰۰	۳۵۶	۰/۰۰۰۰	۳۴۳	۰/۰۰۰۰
میانگین درجه حرارت پاییز (سانتی‌گراد)	۵۹۲	۰/۰۰۰۰	۴۷۵	۰/۰۰۰۰	۶۰۱	۰/۰۰۰۰
بارندگی در زمستان (میلی‌متر)	۴۰۱	۰/۰۰۰۰	۳۹۱	۰/۰۰۰۰	۳۱۸	۰/۰۰۰۰
بارندگی در بهار (میلی‌متر)	۲۸۰	۰/۰۰۰۰	۳۳۴	۰/۰۰۰۰	۲۰۶	۰/۰۰۰۰
بارندگی در تابستان (میلی‌متر)	۳۴۵	۰/۰۰۰۰	۳۶۵	۰/۰۰۰۰	۲۵۷	۰/۰۰۰۰
بارندگی در پاییز (میلی‌متر)	۳۸۸	۰/۰۰۰۰	۳۹۰	۰/۰۰۰۰	۳۲۷	۰/۰۰۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

طبق نتایج جدول ۳، متغیر روند دارای اثر مثبت و معنی‌دار بر میانگین عملکرد لاین‌های گندم بوده است، بدین مفهوم که سالانه میانگین عملکرد لاین‌ها ۲۹ کیلوگرم افزایش می‌یابد. با افزایش سال، واریانس تولید به میزان ۰/۰۰۷ کیلوگرم افزایش پیدا می‌کند. متغیر سال معرفی رقم به‌عنوان تلاش اصلاح‌گران در بهبود ژنتیکی عملکرد ناشی از برنامه اصلاح گندم اثری مثبت بر میانگین عملکرد لاین‌ها داشته، بدین مفهوم که تلاش اصلاح‌گران سالانه میانگین عملکرد لاین‌های گندم نان آبی را ۶۵ کیلوگرم افزایش داده است. این متغیر، واریانس عملکرد لاین‌های گندم را افزایش بخشیده است. متغیر بارندگی در فصل بهار ($Rain_{sp}$) اثری مثبت و معنی‌دار بر میانگین عملکرد لاین‌ها داشته، بدین مفهوم که با افزایش یک میلی‌متر بارندگی در فصل بهار، میانگین عملکرد لاین‌ها ۳/۷ کیلوگرم افزایش یافته است. با افزایش یک میلی‌متر بارندگی در فصل بهار، واریانس عملکرد لاین‌ها ۰/۰۰۱ کیلوگرم افزایش پیدا کرده است. متغیرهای بارندگی در فصول زمستان و تابستان واریانس عملکرد لاین‌ها را افزایش و متغیر بارندگی در فصل پاییز واریانس عملکرد لاین‌ها را کاهش داده است. متغیرهای درجه حرارت در فصول زمستان، بهار و پاییز واریانس عملکرد لاین‌ها را افزایش و متغیر درجه حرارت در فصل تابستان واریانس عملکرد لاین‌ها را کاهش داده است. اثر متغیرهای ارتفاع ایستگاه تحقیقاتی از سطح دریا (L_j)، pH خاک، و مکان‌های گنبد، گرگان، مغان، ساری، داراب، دزفول، زابل، ایرانشهر بر میانگین عملکرد لاین‌های گندم منفی و معنی‌دار بوده است. این متغیرها واریانس عملکرد لاین‌ها را کاهش داده‌اند. اثر مکان‌های لرستان، بروجرد، اصفهان، کرمانشاه، کرج، نیشابور، زرقان، همدان، میاندوآب، اراک، اردبیل و تبریز بر میانگین عملکرد لاین‌های گندم مثبت بوده است. این متغیرها واریانس عملکرد لاین‌ها را افزایش داده‌اند. طبق نتایج مطالعهٔ نالی (۱۴)، اثر ارقام گندم معرفی‌شده توسط مرکز بین‌المللی تحقیقات ذرت و گندم بر عملکرد سالانه محصول در کشور مکزیک طی دوره ۲۰۰۲-۱۹۶۲ به میزان ۵۴ کیلوگرم در هکتار بوده است. مطالعهٔ حاضر در ایران اثر ارقام گندم نان آبی معرفی‌شده طی دوره ۲۰۱۴-۱۹۹۵ بر عملکرد سالانه لاین‌ها را ۶۵ کیلوگرم در هکتار برآورد کرده که با

مطالعه نالی (۱۴) هماهنگی داشته و گواه بر تأثیرگذاری برنامه اصلاح گندم در کشورهای مختلف است.

جدول ۳. نتایج تابع تولید تصادفی جاست و پاپ

متغیرها	اثر عوامل بر میانگین عملکرد			اثر عوامل بر واریانس عملکرد		
	ضریب برآورد شده	آماره z	سطح معنی‌داری	ضریب برآورد شده	آماره z	سطح معنی‌داری
عدد ثابت	-۱۶۲۷۶	۱/۱	-۰/۲۸۵	۱۳/۱۳	۸۷	۰/۰۰۰۰
روند زمانی (سال)	۲۹	۳/۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۷	۷۸	۰/۰۰۰۰
میانگین درجه حرارت زمستان (سانتی گراد)	۱۰/۱۰	۰/۳۳	۰/۷۳۸	۰/۰۰۳	۸	۰/۰۰۰۰
میانگین درجه حرارت بهار (سانتی گراد)	۴۸	۰/۹۷	۰/۳۳	۰/۰۰۹	۱۷	۰/۰۰۰۰
میانگین درجه حرارت تابستان (سانتی گراد)	-۵۶	-۱/۱	۰/۲۸۸	-۱/۰۱۲	-۲۲	۰/۰۰۰۰
میانگین درجه حرارت پاییز (سانتی گراد)	۱۲	۰/۲۸	۰/۷۷۹	۰/۰۰۲۱	۵	۰/۰۰۰۰
بارندگی در زمستان (میلی‌متر)	۰/۲۲	۰/۲۷	۰/۷۹	۰/۰۰۰۱۴	۱۷	۰/۰۰۰۰
بارندگی در بهار (میلی‌متر)	۴	۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱۱	۷۸	۰/۰۰۰۰
بارندگی در تابستان (میلی‌متر)	۳	۲	۰/۰۷۷	۰/۰۰۱۳	۶۱	۰/۰۰۰۰
بارندگی در پاییز (میلی متر)	-۰/۸۹	-۱/۱	۰/۲۹۵	-۰/۰۰۰۰۳	-۳	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی گنبد	-۱۸۹۷	-۲	۰/۰۹۹	۰/۷۲۲	۷۱۰	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی گرگان	-۱۴۱۰	-۱/۱	۰/۲۲۹	-۰/۵۳۲	-۵۱	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی مغان	-۷۱۷	-۰/۵۹	۰/۵۵۶	-۰/۲۴۷	-۲۳	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی ساری	-۲۴۵۴	-۲/۲	۰/۰۱۲	-۰/۹۴۵	-۱۰۰	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی اهواز	-۱۴۴۱	-۱/۱	۰/۲۱	-۰/۴۸۴	-۴۹	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی داراب	-۴۳۱	-۰/۸۸	۰/۳۷۹	-۰/۱۰۸	-۲۳	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی دزفول	-۶۰۲	-۰/۵۳	۰/۵۹۷	-۰/۱۹	-۱۹	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی ایرانشهر	-۲۳۹۸	-۴	۰/۰۰۰۰	-۰/۷۵۲	-۱۲۹	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی لرستان	۲۷۷۲	۲	۰/۰۴۲	۰/۹۱۳	۷۸	۰/۰۰۰۰

متغیرها	اثر عوامل بر میانگین عملکرد			اثر عوامل بر واریانس عملکرد		
	ضریب برآورد شده	آماره z	سطح معنی‌داری	ضریب برآورد شده	آماره z	سطح معنی‌داری
ایستگاه تحقیقاتی زابل	-۱۸۳۳	-۳/۳	۰/۰۰۲	-۰/۵۵۸	-۱۰۴	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی بروجرد	۳۵۳۲	۲/۲	۰/۰۱۶	۱/۱	۹۲	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی اصفهان	۲۸۷۲	۴/۴	۰/۰۰۰۰	۰/۹۱۲	۱۶۳	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی مشهد	۱۹۷۷	۵/۵	۰/۰۰۰۰	۰/۵۴۵	۱۷۶	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی کرج	۳۴۰۴	۲/۲	۰/۰۱۱	۱/۱	۹۵	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی نیشابور	۷۸۵	۲/۲	۰/۰۰۸	۰/۲۴۹	۹۱	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی ورامین	۴۲۷	۱/۱	۰/۲۷۹	۰/۱۴۸	۳۹	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی زرقان	۱۴۳۵	۳	۰/۰۰۲	۰/۴۷۳	۱۰۸	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی اراک	۲۵۶۰	۲	۰/۰۲۹	۰/۸۷۸	۶۷	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی اردبیل	۲۶۷۸	۲	۰/۰۵۴	۰/۹۰۱	۷۵	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی همدان	۳۴۸۳	۲/۲	۰/۰۲۱	۱/۱	۸۹	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی میاندوآب	۲۹۸۲	۲/۲	۰/۰۲۸	۰/۹۸۹	۸۴	۰/۰۰۰۰
ایستگاه تحقیقاتی تبریز	۲۲۶۹	۱/۶۵	۰/۱	۰/۷۷۶	۶۵	۰/۰۰۰۰
سال معرفی رقم	۶۵	۰/۶۳	۰/۵۲۹	۰/۰۳۸	۳۵	۰/۰۰۰۰
ارتفاع از سطح دریا (مترمربع)	-۲	-۲/۲	۰/۰۱۲	-۰/۰۰۰۶	-۹۷	۰/۰۰۰۰
اسیدیته خاک	-۲۱۸۲	-۲	۰/۱۰۴	-۰/۷۴۵	-۶۳	۰/۰۰۰۰
۰/۰۰۰۰	Prb>chi2	Wald = ۴۴۷۷۵۴ Chi2(34)	۰/۰۰۰۰	Prb>chi2	Wald chi2 (34) = ۴۹۳	
					Log likelihood = -۱۴۸۰	

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

طبق نتایج، متغیرهای روند زمانی و بارندگی در فصول بهار و تابستان اثر مثبت و متغیرهای ارتفاع از سطح دریا و اسیدیته خاک اثر منفی و معنی‌دار بر میانگین عملکرد لاین‌های گندم آبی داشتند. تمام متغیرهای روند زمانی، درجه حرارت، بارندگی، مکان‌های اجرا، سال معرفی رقم، ارتفاع از سطح دریا و اسیدیته خاک اثر مثبت و معنی‌دار بر میانگین واریانس عملکرد لاین‌های گندم آبی داشتند. توصیه می‌شود که مراکز و مؤسسات تحقیقاتی به‌منظور

کاهش ریسک‌پذیری از مکان‌هایی برای برنامه‌های اصلاحی استفاده کنند که ریسک عملکرد و تولید کاهش یابد.

منابع

1. Aghaee, M. and Asadi, H. (2010). The role of improved varieties in increasing of crop yield in Iran. Key Articles of 11th Iranian Crop Science Congress of 24-26 July. Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, pp. 1-34. (Persian)
2. Arumugan, S., Kulshreshtha, S.N., Vellangani, I. and Govinddasamy, R. (2015). Yield variability in rainfed crops as influenced by climate variables: a micro level investigation into agro-climatic zones of Tamil Nado, India. *International Journal of Climate Change, Strategy, Management*, 7: 442-459.
3. Beever, E.A. and Belant, J.L. (1993). Ecological consequences of climate change mechanisms, conservation and management. CRC Press, p. 266.
4. Byerlee, D. and Moya, P. (1993). Impacts of international wheat breeding research in the developing world, 1966-1990, Mexico. D.F. CIMMYT.
5. Challinor, A.J., Watson, J., Lobell, D.B., Howden, S.M., Smith, D.R. and Chhetri, N. (2014). A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Natural Climate Change*, 4: 287-291.
6. Esfandiaripour, A., Tavazo, M., Ahmadifar, M. and Khanchi, M.V. (2016). Multiplication and preparation of wheat program. Ministry of Jihad-e-Agriculture. (Persian)
7. Feder, G., Just, R.E. and Ziberman, D. (1985). Adoption of agricultural innovations in developing countries: a survey. *Economic, Development and Cultural Change*, 33: 255-298.
8. Gujarati, D. (2011). The introduction of econometrics. Abrishami (Editor). Tehran University Publication, Tehran. (Persian)
9. Harris, R.D.F. and Tzavalis, E. (1999). Inference for unit roots in dynamic panels where the time dimension is fixed. *Journal of Econometrics*, 91: 201-226.
10. Howkins, E., Fricker, T.E., Challinor, A.J., Ferro, C.A.T. and Osborn, T.M. (2013). Increasing influence of heat stress on French maize yield from the 1960s to the 2030s. *Global Change Biological*, 19: 937-947.

11. Just, R. and Pope, R. (1979). Production function estimation and related risk considerations. *American Journal of Agricultural Economics*, 61: 276-284.
12. Liu, B. et al. (2016). Similar estimates of temperature impacts on global wheat yield by three independent methods. *Natural. Climate Change*, 4: 1-8.
13. Michalski, J.T. (2012). Wheat varieties technology, climate and yield: an analysis using WSU wheat variety test data and interpolated weather records. PhD Dissertation, Washington State University, Washington.
14. Nalley, L.L. (2007). The genetic and economic impact of the CIMMYT wheat breeding program: a policy analysis of public wheat breeding. PhD Dissertation, Kansas State University, Kansas.
15. Nalley, L., Moldenhauer, K.A. and Lyman, N. (2011). The genetic and economic impact of the university of Arkansas rice breeding program: 1983-2007. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 43(1): 131-142.
16. Norton, G.W. and Davis, J.S. (1981). Evaluating returns to agricultural research: a review. *American Journal of Agricultural Economics*, 63(4): 685-699.
17. Poudel, S. and Kotani, K. (2013). Climatic impacts on crop yield and its variability in Nepal: do they vary across season and altitudes? *Climate Change*,116: 327-355.
18. Saeidi, A.; Akbari, A., Heydari, A. and Bakhtiar, F. (2011). Achievements of cereal research department in 1992-2002. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ministry of Jihad-e-Agriculture. (Persian)
19. Traxler, G., Falck-Zepeda, J., Ortiz. M. and Sayere, K. (1995). Production risk and the evolution of varieties technology. *American Journal of Agricultural Economics*, 77: 1-7.
20. Zarakani, F.; Kamali, G.A. and Chizari, A.H. (2011). The effect of climate change on the economy of dry wheat: case study of North Khorasan. *Journal of Agro-ecology*, 6(2): 301-310. (Persian)