

بررسی ارتباط تغییر اقلیم و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید جو دیم در ایران

سید محبوب اله اکبری، اعظم رضایی، فرهاد شیرانی بیدآبادی، فرشید اشراقی^۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۰۹

چکیده

وابستگی بالای کشورهای در حال توسعه به بخش کشاورزی و تأثیرپذیری از اقلیم از یک سو، ضعف فناوریهای مالی کشاورزان، از سوی دیگر اهمیت بررسی ارتباط تغییر اقلیم و بهره‌وری کشاورزی در این کشورها را دوچندان کرده است. هدف این تحقیق بررسی و تبیین رابطه تغییر اقلیم و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP) جو دیم در ایران است. در این راستا، داده‌های مورد نیاز از سازمان جهاد کشاورزی و سازمان هواشناسی کل کشور برای دوره زمانی ۱۳۷۸-۱۳۹۷ جمع‌آوری شد. رشد TFP جو دیم برای استان‌های عمده تولیدکننده با استفاده از مدل سولو و تکنیک داده‌های تلفیقی محاسبه شد. سپس با محاسبه شاخص نمایه استاندارد بارش (SPI)، ارزیابی اثرات متغیرهای اقلیمی (میانگین دما، کمینه دما، بیشینه دما و نمایه استاندارد بارش) بر رشد TFP جو دیم با استفاده از تکنیک داده‌های تلفیقی انجام گرفت. در نهایت با استفاده از ۱۸ سناریوی تغییر اقلیم تحت مدل‌های HadCM2 و ECHAM4 تغییرپذیری‌های رشد TFP جو دیم محاسبه شد. در دوره مورد بررسی، میانگین رشد TFP جو دیم مثبت و برابر با ۰/۱۸۳ می‌باشد. به علاوه، میانگین شاخص SPI استان‌های عمده تولیدکننده جو دیم نشان‌دهنده وضعیت نرمال اقلیمی می‌باشد. همچنین از نظر وضعیت اقلیمی بین خشکسالی بسیار شدید و رطوبت بسیار شدید متغیر است. بررسی اثرپذیری‌های متغیرهای اقلیمی بر رشد TFP جو دیم نشان داد که شاخص SPI اثر منفی و معنی‌دار و کمینه دما اثر مثبت و معنی‌دار بر رشد TFP جو دیم دارد. همچنین میزان رشد TFP جو دیم در اثر تغییرپذیری‌های اقلیم به طور میانگین ۰/۰۸- کاهش می‌یابد. با توجه به حساسیت بالای جو دیم به شرایط غیر نرمال اقلیمی که سبب کاهش بهره‌وری آن می‌شود، پیشنهاد مؤکد این است تا رقم‌های مقاوم و سازگار با شرایط اقلیمی موجود و اصلاح روش‌های مدیریت مزرعه از سوی سازمان جهاد کشاورزی کل کشور برای کشاورزان معرفی شود.

طبقه‌بندی JEL: Q54, N50, O13

واژگان کلیدی: سناریوهای تغییر اقلیم، تابع تولید کاب-داگلاس، مدل رشد سولو، شاخص نمایه استاندارد بارش.

^۱ به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استادیار (نویسنده مسئول) و استادیاران گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

بخش کشاورزی به عنوان وابسته ترین بخش به متغیرهای اقلیمی، بیشترین تأثیر را از تغییرپذیری‌های اقلیم به ویژه در کشورهای خشک و نیمه خشک می‌پذیرد (Javadinejad, 2020). Dara, and Jafary (2020) با توجه به وابستگی بالای کشورهای در حال توسعه به بخش کشاورزی همچنین ضعف فناوریهای و مالی کشاورزان، بررسی اثرگذاری‌های تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی در این کشورها دارای اهمیت بسیاری است (Chen and Gong 2021; Kumar et al. 2016). کاهش در بارندگی و افزایش دما رخداد خشکسالی را افزایش می‌دهد در حالی که افزایش جمعیت و تولیدهای کشاورزی تقاضای آب را افزایش خواهد داد. همچنین کاهش آب در دسترس کشاورزی ممکن است بهره‌وری بخش کشاورزی را کاهش دهد (Tayebi and Fulginiti 2016). رشد بهره‌وری عوامل کل تولید به عنوان پیش شرط توسعه بلندمدت و معیار مهم پیشرفت فناوری است (Letta, Tol, and Economics 2019; Gong 2020).

تغییر اقلیم در ایران به عنوان یکی از کشورهای نیمه خشک و خشک کم کم به یکی از بزرگترین دغدغه‌ها به ویژه در بخش کشاورزی تبدیل خواهد شد. نتایج حاصل از مدل‌های هواشناسی گویای آن است که دمای هوا تا سال ۲۰۳۹ نیم درجه و تا سال ۲۱۰۰، ۳ تا ۴/۵ درجه افزایش خواهد یافت و دمای هوا در بالاترین حد خود در زمستان تا ۰/۷ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد. در سال‌های اخیر شماری از بررسی‌ها به ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر رشد TFP پرداخته‌اند (Chen and Gong 2021; Dietz and Stern 2015; Letta, Tol, and Economics 2019; Moore and Diaz 2015; Moyer et al. 2014; Stern 2013). محققان مختلفی به بررسی این فرضیه پرداختند که تغییرپذیری‌های اقلیم اثر منفی بر TFP دارد (Dietz and et al. 2015; Letta, Tol, and Economics 2019; Moore and Diaz 2015). Tokunaga (2015) به بررسی اثرهای تغییر اقلیم بر تولید محصولات کشاورزی در ژاپن به کمک تجزیه و تحلیل داده‌های ترکیبی پویا و با استفاده از تابع تولید در دوره زمانی ۱۹۹۵-۲۰۰۶ برای ۸ منطقه از ژاپن پرداختند. اثرگذاری‌های سه متغیر اقلیمی دما، تابش خورشیدی و بارش بر تولید محصولات کشاورزی ژاپن اعم از برنج، سیب زمینی و سبزی‌ها، یک بار به صورت داده‌های ترکیبی ایستا و بار دیگر به صورت داده‌های ترکیبی پویا برآورد کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که افزایش یک درجه سلسیوس در میانگین دمای سالانه، تولید برنج را در کوتاه مدت ۵/۸ درصد و در بلندمدت و ۳/۹ درصد کاهش می‌دهد. همچنین، تولید سبزی‌ها و سیب

بررسی ارتباط تغییر... ۸۳

زمینی نیز با افزایش یک درجه سلسیوس، در کوتاه مدت و بلندمدت به ترتیب ۵ درصد و ۸/۶ درصد، کاهش می‌یابد. *Boubacar* (۲۰۱۵) در پژوهشی به تاثیر اقتصادی تغییرپذیری‌های اقلیمی بر بهره‌وری کشاورزی در ۸ کشور ساحل جنوب صحرای آفریقا در طول دوره ۳۰ ساله (۲۰۰۰-۱۹۷۰) با استفاده از شاخص مالم کوئیست پرداخت. نتایج نشان می‌دهد که بهره‌وری کشاورزی با نرخ متوسط ۰/۹۵ درصد کاهش داشته و نیز اثر دما و خشکسالی بر بهره‌وری بخش کشاورزی منفی می‌باشد. *Liang et al.* (۲۰۱۷) در پژوهش خود به تعیین اثرگذاری‌های اقلیمی بر بهره‌وری کل کشاورزی ایالات متحده آمریکا طی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ با استفاده داده‌های ترکیبی و مدل رگرسیون چند متغیره پرداختند. نتایج نشان می‌دهد رشد بهره‌وری کل عوامل تولید ناشی از پیشرفت فناوری بوده است که ۷۰ درصد از تغییرپذیری‌های رشد کل عوامل متأثر از تغییرپذیری‌های دما و بارش می‌باشد. *Zhong et al.* (۲۰۱۹) به تأثیر تغییرپذیری‌های اقلیمی بر بهره‌وری کل عوامل تولید بخش کشاورزی چین پرداختند. این پژوهش در دوره زمانی ۱۹۹۵-۲۰۱۲ با استفاده از یک مدل داده‌های تلفیقی فضایی انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که متغیرهایی مانند مجموع بارندگی سالانه، میانگین دما در فصل رشد و شدت تبخیر بر *TFP* منفی می‌باشد. *Letta et al.* (۲۰۱۹) به بررسی ارتباط بین تغییرپذیری‌های دمای سالیانه و نرخ رشد *TFP* در دوره ۲۰۰۶-۱۹۶۰ پرداختند. بنابر نتایج با افزایش یک درجه سلسیوس دما در کشورهای فقیر نرخ رشد *TFP* ۱/۸-۱/۱ درصد کاهش می‌یابد. در حالی که این اثرگذاری‌ها در کشورهای ثروتمند قابل تشخیص نیست.

جو مانند گندم در منطقه‌های مختلف دارای شرایط آب و هوایی متفاوت محصول تولید می‌شود. مقاومت این گیاه در برابر گرما بیش از گندم بوده و برای رشد و نمو نیاز به روزهای بلند دارد. کمترین بارندگی مورد نیاز آن ۲۵۰-۲۰۰ میلی‌متر بوده و دمای مناسب برای رشد آن ۲۰-۱۵ درجه سلسیوس می‌باشد (*Rahmani et al. 2010*). جو با سطح زیر کشت ۱/۸ میلیون هکتار در حدود ۱۵/۴۹ درصد از کل محصولات زراعی و ۲۱/۵۶ درصد از سطح زیر کشت غلات کشور (۴۰ درصد آبی، ۶۰ درصد دیم) را به خود اختصاص داده است (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۶). بنابر آمار نامه کشاورزی در سال ۱۳۹۶، میزان تولید جو در ایران در حدود ۳/۲ میلیون تن برآورد شده است که معادل ۴/۱۶ درصد از کل محصولات زراعی و ۱۷/۵۵ درصد از کل تولید غلات کشور است (۶۷/۶۳ درصد آبی و ۳۲/۳۷ درصد دیم). بررسی نتایج پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که تغییرپذیری‌های اقلیمی بر بهره‌وری بخش کشاورزی و عملکرد

محصول‌ها اثرهای منفی داشته است. بر مبنای مرور مطالعه‌هایی که محققان انجام داده‌اند، تاکنون پژوهش‌چندانی به بررسی اثرگذاری‌های تغییراقلیم بر رشد TFP جو دیم در ایران نپرداخته است. با توجه به پرهیزناپذیر بودن اثرهای تغییراقلیم بررسی اثرهای تغییراقلیم بر محصول‌های کشاورزی ضروری به نظر می‌رسد. نظر به اهمیت محصول جو، این تحقیق به بررسی اثر تغییرپذیری‌های اقلیم بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید جو دیم خواهد پرداخت. در این راستا هدف‌های اختصاصی عبارت‌اند از: ۱- برآورد تابع تولید جو دیم ۲- محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید جو دیم ۳- محاسبه شاخص نمایه استاندارد بارش استان‌های عمده تولیدکننده جو دیم ۴- بررسی اثرگذاری‌های متغیرهای اقلیمی بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید جو دیم و تعیین میزان تغییرپذیری‌های رشد بهره‌وری به ازای سناریوهای تغییراقلیم.

روش تحقیق

در راستای تحقق هدف‌های تحقیق، از آمار و اطلاعات نهاده‌ها، ستانده‌ها و اطلاعات هواشناسی برای استان‌های تولیدکننده عمده محصول جو دیم استفاده شده است. قلمرو زمانی تحقیق از ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷ و قلمرو مکانی شامل استان‌های عمده تولیدکننده جو دیم (آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، ایلام، چهارمحال و بختیاری، خراسان رضوی، خراسان شمالی، خوزستان، زنجان، فارس، کردستان، کرمانشاه، کهگیلویه و بویراحمد، گلستان، لرستان، مازندران، و همدان) می‌باشد که بیش از ۹۹ درصد تولید جو دیم را به خود اختصاص داده‌اند.

محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید جو دیم

در این پژوهش به منظور محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید جو از شیوه مطلق محاسبه رشد با استفاده از روش داده‌های تلفیقی استفاده شده است. در این روش، در مرحله نخست، بر موضوع تعیین سهم عامل‌های تولید تمرکز می‌شود. یعنی چه میزان از رشد ستانده توسط رشد نهاده‌های تولید توضیح داده شده و چه میزان از رشد باقی‌مانده توسط رشد TFP توضیح داده می‌شود. رشد بهره‌وری کل عوامل تولید را می‌توان با استفاده از رابطه (۱) محاسبه کرد:

$$\varphi_t = \frac{\partial TFP}{\partial t} = q_t - \alpha \cdot L_t - \beta \cdot k_t - \dots \quad (1)$$

در رابطه بالا q_t و L_t و k_t به ترتیب نرخ رشد شاخص ستانده، نیروی کار و سرمایه و φ_t نیز نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید است. α و β که کشش‌های تولیدی هستند با استفاده از تابع تولید به دست می‌آیند. استفاده از این روش نیازمند برآورد کشش هر یک از نهاده‌های تولید

بررسی ارتباط تغییر... ۸۵

است. بنابراین، در آغاز لازم است تابع تولید جو دیم برآورد شود. بنابراین برای انتخاب بهترین تابع، توابع کاب-داگلاس، ترانسندنتال، ترانسلوگ و درجه دوم با استفاده از روش داده‌های تلفیقی برآورد شد. برای برآورد مدل از نرم افزار *Eviews10* و *Stata* استفاده شد.

شاخص بارش استاندارد شده (*SPI*)

شاخص بارش استاندارد به وسیله مک کی و همکارانش (۱۹۹۳) به منظور پایش وضعیت خشکسالی در کلرادو ارائه شد (*Rezaee et al., 2016*). آن‌ها برای تعیین خشکی و تری در هر ایستگاه یک سامانه طبقه‌بندی معین برای میزان‌های به دست آمده *SPI* بنابر جدول (۱) معرفی کردند. شاخص *SPI* سالیانه استان‌ها با استفاده از نرم افزار *DrinC* محاسبه شده است.

جدول (۱) طبقات مختلف شاخص *SPI*
Table (1) *SPI* index classification

توصیف وضعیت	طبقه شاخص
رطوبت بسیار شدید	بیشتر از 2
رطوبت شدید	1.5 تا 1.99
رطوبت متوسط	1 تا 1.49
نرمال	0.99 تا -0.99
خشکسالی متوسط	-1 تا -1.49
خشکسالی شدید	-1.5 تا -1.99
خشکسالی بسیار شدید	کمتر از -2

بررسی اثرگذاری‌های تغییر اقلیم بر رشد بهره‌وری عوامل تولید جو دیم

تاثیر پارامترهای اقلیمی بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید جو دیم به پیروی از بررسی‌های *Liang et al.* (۲۰۱۷) و *Letta et al.* (۲۰۱۹) با استفاده از رابطه (۲) مورد بررسی قرار گرفت. که در آن *SPI* شاخص بارش استاندارد شده، *TM_M* میانگین دمای سالیانه، *TMAX_M* میانگین بیشینه دمای سالیانه و *TMIN_M* میانگین کمینه دمای سالیانه می‌باشند.

$$TFP\ Growth = \beta_0 + \beta_1 SPI + \beta_2 TM_M + \beta_3 TMAX_M + \beta_4 TMIN_M + \varepsilon_i \quad (2)$$

سناریوهای تغییر اقلیم

پس از برآورد مدل با استفاده از ۱۸ سناریوی تغییر اقلیم تحت دومدل *HadCM2* و *ECHAM4* تا سال ۲۰۲۵ میزان تغییرپذیری‌های رشد بهره‌وری عوامل تولید جو دیم محاسبه شد.

نتایج و بحث

آمار توصیفی نهاده‌های مورد استفاده در تحقیق برای برآورد تابع تولید در جدول (۲) نشان داده شده است. به منظور انتخاب مناسب‌ترین تابع تولید، توابع تولید کاب-داگلاس، تراز سندنتال، درجه دوم و ترانسلوگ تخمین زده شد. سپس بر مبنای معنی‌داری ضرایب، سازگاری با تئوری، نرمال بودن و معیارهای اقتصادسنجی بهترین مدل انتخاب شد (جدول ۳).

جدول (۲) آمار توصیفی جو دیم طی دوره ۱۳۷۸-۱۳۹۷

Table (2) Descriptive statistic of rainfed barley (1378-1397)

نام متغیر	واحد	نماد متغیر	میانگین	بیشینه	کمینه
Variable name	Scale	Variable symbol	Mean	Max	Min
تولید کل	تن	Y	59807.6	217761	1644
سطح زیر کشت	هکتار	x1	50755.9	153000	948.4
بذر	کیلوگرم	x2	141.2	272.7	50.1
نیروی کار	نفر روزکار	x3	18.7	78	14.9
ماشین‌ها و ادوات	درصد استفاده	x4	35.3	70.3	14.6
کود حیوانی	تن	x5	0.2	2.6	0.001
فسفات	کیلو گرم	x6	42.3	82	3.9
نیتروژن	کیلو گرم	x7	63.8	163	12
پتاسیم	کیلو گرم	x8	0.5	2.4	0.01
علف کاش	کیلو گرم	x9	0.2	1.1	0.001
حشره کاش	کیلو گرم	x10	0.09	0.4	0.001
قارچ کاش	کیلو گرم	x11	0.05	0.3	0.002

منبع: آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی

جدول (۳) مقایسه تابع‌های مختلف برآورد شده جو دیم

Table (3) Comparison of estimated production functions of rainfed barley

تابع	تعداد کل ضرایب	تعداد ضرایب معنی‌دار	R2
function	Number of coefficient	Number of significant coefficient	
کاب - داگلاس	10	7	0.94
ترانسندنتال	22	1	0.95
درجه دوم	77	13	0.98
ترانسلوگ	77	5	0.98

Source: The research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

بررسی ارتباط تغییر... ۸۷

همچنین نتایج بررسی همخطی بین متغیرها نشانگر عدم وجود همخطی است. آزمون والد تعدیل شده و ولد ریچ بیانگر نبود واریانس ناهمسانی و خودهمبستگی در مدل بود. نتایج آزمون چاو برای مدل برآوردی محصول جو دیم نیز نشان می‌دهد که فرضیه H_0 (مدل تلفیقی) تایید می‌شود. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، به استثنای نهاده‌های فسفات، نیتروژن و پتاسیم سایر نهاده‌ها معنی‌دار شده‌اند.

جدول (۴) نتایج برآورد تابع کاب داگلاس طی دوره ۱۳۷۸-۱۳۹۷

Table (4) Result of Cobb-douglas production function (1378-1397)

نام متغیر	نماد متغیر	ضریب	سطح احتمال
عرض از مبدا	C	-2.8	0.22
سطح زیر کشت	LnX1	1.05	0.000
بذر	LnX2	0.21	0.0254
نیروی کار	LnX3	0.1	0.0257
ماشین آلات	LnX4	0.4	0.000
کود حیوانی	LnX5	0.039	0.0273
فسفات	LnX6	-0.029	0.5885
نیتروژن	LnX7	-0.022	0.7538
پتاسیم	LnX8	0.26	0.2638
علف کشت	LnX9	0.045	0.0793
قارچ کشت	LnX11	0.061	0.0085
	F= 0.000	DW=1.72	R-r=0.944

Source: The research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که در جدول (۵) نیز مشاهده می‌شود رشد بهره‌وری کل عوامل تولید محصول جودیم در کل دوره‌ی ۱۳۷۸-۱۳۹۷ مثبت و برابر ۰/۱۸۳ می‌باشد. این نتیجه از لحاظ علامت هم‌راستا با نتیجه بررسی‌های (Rahman and Salim 2013) می‌باشد که بیشترین مقدار رشد بهره‌وری مثبت برابر ۴/۶۴ متعلق به استان بوشهر و کمترین آن مربوط به استان گلستان می‌باشد که برابر با ۰/۰۳ است. این مطلب نشان‌دهنده رشد بهره‌وری و عملکرد مناسب جو دیم در استفاده بهینه از نهاده‌های تولید است و تولید جو دیم در سطح ایران از توانایی بالقوه در افزایش بهره‌وری برخوردار است. در حالی که استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، خراسان رضوی، خراسان شمالی، قزوین، کردستان، کرمانشاه، کهگیلویه و بویراحمد، لرستان، مرکزی و همدان در طول دوره‌ی مورد بررسی رشد بهره‌وری منفی دارند. بیشترین رشد بهره‌وری منفی برابر با ۱/۰۲- مربوط به استان خراسان شمالی و کمترین آن مربوط به استان همدان که برابر ۰/۰۳- است می‌باشد.

جدول (۵) نتایج محاسبه رشد کل عوامل تولید برای جو دیم طی دوره ۱۳۷۸-۱۳۹۷
Table (5) Result of Total Factor Productivity growth of rainfed barley (1378-1397)

1387	1386	1385	1384	1383	1382	1381	1380	1379	1378	استان
-2.3	0	-0.7	1	-0.7	-0.5	-0.02	-0.1	-2.9	0	آذربایجان شرقی
-2.1	-0.2	-0.1	-0.3	-0.1	-1.1	0.1	1.7	-0.2	0.1	آذربایجان غربی
-1.4	0.1	-1.5	0	-0.1	-0.3	0.1	0.6	0.1	-0.7	اردبیل
3.2	0	-0.1	0.5	0.1	-0.3	-0.1	0.2	1.3	0	ایلام
0.1	-0.7	1.5	-0.5	0.2	0.5	-0.4	1.6	17.4	0.2	بوشهر
0.2	-0.8	-0.2	-0.7	-0.8	-0.2	0.3	0.3	-1.5	7.6	چهارمحال و بختیاری
-0.1	0.2	-0.3	0.1	-1.8	0.9	0.1	-0.3	0.2	-1.6	خراسان رضوی
-20.1	0	0.2	0.1	-0.4	-0.2	-0.3	0.3	-0.8	0.7	خراسان شمالی
0	-0.3	2.1	-0.3	0.6	-0.4	-0.2	0.2	7.4	-0.2	خوزستان
3.3	-1.9	0	0.4	-0.3	0.2	1.7	-1.3	-0.2	0.1	زنجان
0.2	-0.8	0.2	-0.1	0	0	0.5	-0.2	0.3	-0.5	سمنان
2.5	-0.1	-0.2	-0.2	0	-0.2	-0.2	1.8	-0.5	-1	فارس
2.5	-0.2	0.3	-0.3	-0.4	0.3	0.2	-1.4	-0.8	0	قزوین
1.4	-1.1	-0.1	0.1	0.3	0	-1.1	0	-2.8	-0.6	کردستان
2.6	-1.3	-0.2	-0.5	-0.3	-0.4	-0.4	0.1	1.8	-2	کرمانشاه
0.7	-0.7	0.2	0.1	-0.3	-0.3	-1.3	-2.4	0.7	0.3	کهگیلویه و بویراحمد
0.5	-0.7	0.3	0	-0.8	-0.6	0.6	-0.2	0.2	-0.5	گلستان
2.2	-0.6	-0.1	-0.1	0	-0.1	0.2	0.1	0.3	-0.7	گیلان
1.1	0.1	-0.2	0.2	0	0.1	-1.1	0	0.2	-11.5	لرستان
0	10	0.1	1.6	-0.4	-0.2	0.6	-0.3	0.7	-0.1	مازندران
0.9	-0.3	0.6	-0.2	-0.5	0.9	0	-0.1	0.9	0.2	مرکزی
1.1	-0.9	-0.3	0.5	-0.4	0.3	0.2	0.4	1.5	-1.2	همدان

Source: The research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

ادامه جدول (۵) نتایج محاسبه رشد کل عوامل تولید برای جو دیم طی دوره ۱۳۹۷-۱۳۷۸
Table (5) Result of Total Factor Productivity growth of rainfed barley (1378-1397)

میانگین استان	1397	1396	1395	1394	1393	1392	1391	1390	1389	1388	استان سال
-0.38	-0.3	0.9	-0.3	-0.9	-1.7	2	-0.7	-0.2	-0.8	0.6	آذربایجان شرقی
-0.02	2.7	0.1	-0.2	0	0.3	0.1	-0.1	0.1	-1.4	0.1	آذربایجان غربی
-0.16	2.3	-0.1	-3.1	-0.1	0.7	-0.3	0.1	0	-0.1	0.4	اردبیل
0.41	0.8	0.1	-0.1	0.3	1.5	0.1	-0.4	-0.2	0	1.4	ایلام
4.64	15.3	2.5	-0.5	21.3	-0.3	0.9	1	0.2	-0.2	32.5	بوشهر
0.22	0	0	0	-0.3	0.2	0	-0.2	0.2	-0.1	0.3	چهارمحال - بختیاری
-0.13	0	0.6	0.1	-1	0.8	0.8	-0.1	-0.7	-0.2	-0.2	خراسان رضوی
-1.02	2.2	-0.1	-2.1	0.3	0	0	0	0	-0.8	0.6	خراسان شمالی
0.55	0.4	-0.1	-0.1	0.3	0.2	1.4	0	-0.2	-0.3	0.6	خوزستان
0.09	0	-0.5	-0.4	0.5	-0.2	0.4	-0.5	0.3	-0.5	0.9	زنجان
0.09	0.2	0.9	-0.4	0.2	0.1	-0.4	۱/۱	0.2	0.1	0.3	سمنان
0.32	1.6	-0.1	0.1	0.1	-0.6	۲/۵	0.4	-0.4	-0.1	0	فارس
-0.09	-0.3	-1.2	-0.1	0.3	-1.4	-0.2	0	-0.1	-0.4	1.4	قزوین
-0.18	0.2	0.8	-0.3	0.1	0	-0.1	-0.2	0	-1.2	1	کردستان
-0.05	0	-0.2	-0.5	1.8	-0.6	0.1	-0.1	0	-0.6	1	کرمانشاه
-0.18	-0.3	-0.1	0	0.2	-0.1	0.2	0	-0.3	-0.4	0	کهگیلویه - بویراحمد
0.03	0.1	0.4	-0.3	-0.2	0.6	0.1	-0.3	1.4	0.1	0	گلستان
0.04	0	0	0.1	-1	0.1	-0.3	0.4	-0.6	1.1	-0.2	گیلان
-0.54	-0.1	0.1	-0.1	0.2	-0.4	0	0	0	0.1	0.5	لرستان
0.49	0.1	0	-0.3	0.1	-0.2	0.2	-1.7	-0.6	0.1	0.1	مازندران
-0.08	0.1	0	-0.1	0	0.1	0.1	-0.7	0.4	-4.5	0.4	مرکزی
-0.003	-0.5	-0.6	-0.1	-0.1	-0.4	-0.3	0.2	-0.7	-0.2	1.5	همدان
0.183	1.1	0.14	-0.4	1	-	0.037	-	-	-0.5	1.91	میانگین سال

Source: The research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

محاسبه شاخص بارش استاندارد شده (SPI)

میانگین شاخص نمایه استاندارد بارش استان‌های عمده تولیدکننده جو دیم نشان‌دهنده وضعیت نرمال اقلیمی می‌باشد. همچنین از نظر وضعیت اقلیمی بین خشکسالی بسیار شدید و رطوبت بسیار شدید متغیر است.

جدول (۶) میزان شاخص SPI محاسبه شده استان‌های تولیدکننده عمده جو دیم طی دوره ۱۳۷۸-۱۳۹۷

Table (6) Calculated SPI index for rainfed barley producers (1378-1397)

سمنان	زنجان	خوزستان	خراسان شمالی	خراسان رضوی	چهارمحال و بختیاری	بوشهر	ایلام	اردبیل	آذربایجان غربی	آذربایجان شرقی	
0.4	-1.4	0.2	0.8	-0.4	-0.5	0.98	-0.8	0.4	-1.51	-0.48	1378
-0.3	0.06	0.4	0.4	-0.8	-1	0.06	0.02	0.7	-0.8	-1.36	1379
-0.9	-0.9	0.7	-2	-1.9	0.6	0.9	0.2	-1.5	-1.1	-0.6	1380
0.7	-0.4	-0.01	1.2	0.3	0.1	0.7	1.2	0.1	0.3	0.9	1381
1.1	1.4	1.2	1.6	1.2	0.4	0.9	1	0.3	0.5	-0.9	1382
1.4	0.6	0.4	1	0.7	1	0.8	-0.4	1.8	0.3	1	1383
0.5	-0.6	0.2	1.3	0.8	0.9	0.4	0.7	0.8	-1.8	0.1	1384
0.2	0.5	0.6	-0.7	-0.9	1.4	0	1	-1.9	1.5	0.3	1385
1.9	1.4	0.06	0.4	1	0.05	0.4	-0.2	0.9	-1	-0.7	1386
-2	-2	-2.4	-0.6	-2.2	-2.4	-1.1	-1.8	-0.8	-0.4	-1.57	1387
0.01	0.6	0.6	0.9	1	1.2	0	-0.6	-0.2	0.3	-0.19	1388
-0.5	-0.1	-1	-0.2	-1.3	-0.7	-1.4	0.4	-0.9	0.9	-1.7	1389
0.3	1	-1	0.07	0.4	-0.2	-0.2	-1.3	0.4	1.4	0.9	1390
1	1.6	1	-0.3	1	1	0.2	0.2	0.5	0.2	-0.44	1391
-1.2	0.1	0.3	-1.9	-0.5	-0.2	0	-0.2	0.2	-0.5	0.02	1392
-0.9	-0.3	-0.5	-0.3	0.5	-0.5	-1.3	-0.6	-0.1	0.5	0.9	1393
0.3	0.2	1	0.05	-0.5	0.6	0.7	1	1.2	0.3	0.9	1394
-0.3	-1.1	-1	-0.07	0.6	-0.05	-2.8	-1	-0.8	-0.5	0.6	1395
-1.8	-1.3	-2	-1.6	0.3	-2.1	0.07	-1.1	-1.8	-0.7	-0.3	1396
0.2	0.8	1.4	0.03	0.6	0.4	1.06	1.3	1.2	2	2.4	1397

ادامه جدول (۶) میزان شاخص SPI محاسبه شده استان‌های تولیدکننده عمده جو دیم طی دوره ۱۳۹۷-

۱۳۷۸

Table (6) Calculated SPI index for rainfed barley producers (1378-1397)

کردستان	قزوین	فارس	همدان	مرکزی	مازندران	لرستان	گیلان	گلستان	کهگیلویه- بویراحمد	کرمانشاه	
-1.3	-0.4	0.8	-0.4	-0.9	0.5	-0.3	-0.3	0.9	0.6	-0.8	1378
-0.7	0.02	-0.4	0.2	0.4	0.1	1.1	1.1	0.3	-1.2	-0.6	1379
-1	-0.8	0.2	-0.94	0.15	-1.3	-0.4	-0.4	-0.3	1.1	-0.4	1380
0.8	0.4	0.1	0.3	0.3	0.3	-0.3	-0.3	0.2	0.5	0.6	1381
0.6	1.4	1.4	1.5	1.1	0.4	0.8	0.8	1.3	1.4	1.1	1382
0.4	0.2	1.4	0.99	1.4	1.8	1.5	1.5	1.1	0.8	-0.25	1383
0.07	0.2	0.2	-0.2	0.15	0.08	1.1	1.1	1	0.6	0.3	1384
1.4	0.1	0.3	-0.2	0.03	-1.4	0.3	0.3	-1	0.3	0.4	1385

ادامه جدول (۶) میزان شاخص *SPI* محاسبه شده استان‌های تولید کننده عمده جو دیم طی دوره ۱۳۹۷-

۱۳۷۸

Table (6) Calculated *SPI* index for rainfed barley producers (1378-1397)

کرمانشاه	کهگیلویه- بویراحمد	گلستان	گیلان	لرستان	مازندران	مرکزی	همدان	فارس	قزوین	کردستان	
0.3	0.1	-1.2	0.1	0.1	0.3	1.6	1	0.2	0.7	0.75	1386
-1.2	-2.6	-1.4	-0.6	-0.6	-0.4	-2.5	-1.4	-2.5	-3.1	-1.5	1387
0.3	0.6	0.4	-1.3	-1.3	1.1	0.3	1	0.08	0.1	0.3	1388
0.5	-0.9	-1.4	-1.4	-1.4	-1.7	-1	0.3	-0.8	0.97	0.2	1389
-0.11	0.4	1.2	1.7	1.7	0.8	-0.7	0.4	0.06	1.3	-0.3	1390
0.9	0.8	1.8	-0.1	-0.1	1.4	0.07	-0.7	0.8	0.2	0.2	1391
-0.2	-0.3	-0.5	0.3	0.3	0.6	-0.9	-0.1	0.7	-0.2	-0.6	1392
-0.9	-0.4	-1.5	-0.3	-0.3	-1.3	-0.1	-1.7	-0.7	-1.4	-1	1393
-2.2	-0.02	-0.4	0.6	0.6	-0.3	0.4	-0.8				1394
1	-1.6	0.4	0.6	0.6	1	-0.1	-0.9				1395
-1.3	1.3	-0.8	0.98	-1	1.1	-0.9	-0.9				1396
2.4	0.7	-0.3	-2.4	-2.4	-0.95	1.8	2.3				1397

Source: The research findings

منبع: یافته‌های تحقیق

جهت بررسی اثرگذاریه‌های متغیرهای اقلیمی بر رشد *TFP* از روش داده‌های تلفیقی استفاده شد. نتایج آزمون چاو، تأیید اثرات ثابت در برابر روش حداقل مربعات تجمیع شده بود. همچنین برای تعیین نوع داده‌های تلفیقی (انتخاب الگوی اثرات ثابت یا الگوی اثرات تصادفی) از آزمون هاسمن استفاده شد. میزان آماره *Chi-square*، $12/11$ به دست آمد و بر مبنای سطح احتمال روش اثرات ثابت انتخاب شد. همچنین، مقادیر *VIF* کوچکتر از ۵ هستند، به همین دلیل همخطی میان متغیرها وجود ندارد. شایان ذکر است که میان پارامتر میانگین دما و میانگین بیشینه دما همخطی وجود داشت که میانگین دما از مدل حذف شد. برای بررسی آزمون ناهمسانی واریانس و خود همبستگی به ترتیب از آزمون والد تعدیل شده و ولد ریج استفاده شد که بنا بر نتایج وجود ناهمسانی واریانس تأیید شد و از روش حداقل مربعات تعمیم یافته *EGLS* استفاده شد. با توجه به جدول ۷ ضرایب متغیرهای کمینه دما و شاخص *SPI* معنی‌دار هستند. متغیر شاخص *SPI* اثر منفی روی *TFP* جو دیم دارد که میزان آن برابر با $-0/10$ می‌باشد. این نتیجه هم را ستا با نتایج بررسی‌های (Boubacar 2015) و (Zhong and Jiang 2019) می‌باشد. این نتیجه می‌تواند این‌گونه تفسیر شود که با افزایش شاخص *SPI*، به دلیل نامناسب بودن پراکنش بارش در برخی استان‌ها ممکن است سیل رخ دهد و رشد *TFP* جو را کاهش دهد و از طرف دیگر بهره‌وری نیروی کار را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین، میانگین کمینه دما اثر مثبت و معنی‌داری بر بهره‌وری جو دیم دارد که مقدار آن برابر با $0/01$ می‌باشد.

میانگین دمای کمینه مورد نیاز جو حدود ۱۳ درجه سلسیوس است که با توجه به اینکه میانگین کمینه دمای جو در این پژوهش ۹ درجه سلسیوس است با افزایش دمای کمینه، رشد *TFP* جو افزایش می‌یابد. این نتیجه نیز همسو با مطالعه (Ali et al. 2017) می‌باشد. با افزایش یک واحد در *SPI* میزان رشد *TFP* به اندازه ۰/۱۰- واحد کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش یک واحد کمینه دما، میزان رشد *TFP* به اندازه ۰/۰۱ واحد افزایش می‌یابد.

جدول (۷) نتایج اثر سنج‌های اقلیمی بر بهره‌وری کل عوامل تولید جو دیم طی دوره ۱۳۷۸-۱۳۹۷

Table (7) Effects of Climatic variable on TFP growth of rainfed barley (1378-1397)

متغیرها	ضریب	آماره t	سطح احتمال
عرض/از مبدا	0.63	0.68	0.49
SPI	-0.1	-2.5	0.013
TMAX_M	-0.024	-0.612	0.5407
TMIN_M	0.012	3.38	0.0008
F (223/1422) = 0.024318		DW = 2.19	R ² = 0.088

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: The research findings

جدول (۸) اثرات تغییر اقلیم بر رشد بهره‌وری عوامل تولید جو دیم تحت مدل HadCM2 و ECHAM4 تا سال ۲۰۲۵

Table (8) Climate change impacts on rainfed barley TFP growth under HadCM2 and ECHAM4 model (2025)

ردیف	سناریو	ECHAM4	HadCM2	برایند تغییرات رشد TFP ناشی از تغییر اقلیم مدل ECHAM4	برایند تغییرات رشد TFP ناشی از تغییر اقلیم مدل Hadcm2
1	IS92a	1.2	0.8	-0.08572	-0.09048
2	IS92b	1.2	1	-0.08572	-0.0881
3	IS92c	1.1	0.9	-0.08691	-0.08929
4	IS92d	1.1	0.9	-0.08691	-0.08929
5	IS92e	1.4	1.2	-0.08334	-0.08572
6	IS92f	1.3	1.1	-0.08453	-0.08691
7	IS92aEXT	1.2	1.1	-0.08572	-0.08691
8	K-CONI	1.2	1	-0.08572	-0.0881
9	K-IPC	1.2	1	-0.08572	-0.0881
10	K-NOMO	1.2	1	-0.08572	-0.0881
11	EMCONS T	1.1	1	-0.08691	-0.0881
12	WRE450	1.2	1	-0.08572	-0.0881
13	WRE550	1.2	1	-0.08572	-0.0881

بررسی ارتباط تغییر... ۹۳

ادامه جدول (۸) اثرات تغییر اقلیم بر رشد بهره‌وری عوامل تولید جو دیم تحت مدل HadCM2 و ECHAM4 تا سال ۲۰۲۵

Table (8) Climate change impacts on rainfed barley TFP growth under HadCM2 and ECHAM4 model (2025)

ردیف	سناریو	ECHAM4	HadCM2	برایند تغییرات رشد TFP ناشی از تغییر اقلیم مدل ECHAM4	برایند تغییرات رشد TFP ناشی از تغییر اقلیم مدل Hadcm2
14	WRE650	1.2	1	-0.08572	-0.0881
15	SRESA1	1.4	1.1	-0.08334	-0.08691
16	SRESA2	1.3	1.1	-0.08453	-0.08691
17	SRESB1	1.1	0.9	-0.08691	-0.08929
18	SRESB2	1.2	1	-0.08572	-0.0881
میانگین	-	1.2	1	-0.08572	-0.0881

*سناریوی تغییر اقلیم مربوط به شاخص نمایه استاندارد بارش بر اساس مطالعه (خزانه‌داری و همکاران ۱۳۸۸)
 **سناریوی تغییر اقلیم مربوط به دما بر مبنای بررسی (عباسی و همکاران ۱۳۸۹) در نظر گرفته شده است.

پس از برآورد مدل با استفاده از سناریوهای تغییر اقلیم تحت دو مدل *HadCM2* و *ECHAM4* تا سال ۲۰۲۵ میزان تغییرات رشد *TFP* جو به طور میانگین ۰/۰۸- برآورد شد که نشان می‌دهد به طور کلی تغییرات اقلیم باعث کاهش رشد *TFP* جو دیم می‌شود (جدول ۸).

نتیجه گیری و پیشنهادات

افزایش تولید همواره از دو طریق دستیابی شدنی است: یکی از راه افزایش میزان عوامل تولید و دیگری استفاده مناسب از عوامل تولید با اتخاذ مدیریت بهتر. با توجه به محدودیت منابع افزایش میزان تولید از طریق افزایش میزان نهاده‌های تولید مقدور نیست. بنابراین، امروزه افزایش تولید به طور عمده از به کارگیری روش‌های جدیدتر در ترکیب بهتر این عوامل صورت می‌گیرد. یکی از راه‌های سنجش ترکیب بهتر عوامل تولید، استفاده از شاخص‌های بهره‌وری می‌باشد (نبیونی، ۱۳۹۰) با توجه به شرایط ناگوار تغییر اقلیم و اهمیت محصول جو در ایران، در مطالعه حاضر رابطه تغییر اقلیم و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید محصول جو در ایران طی سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۹۷ بررسی شد. نتایج برآورد رشد *TFP* جو دیم در استان‌های عمده تولید کننده نشان می‌دهد که رشد بهره‌وری در طی دوره‌ی ۱۳۷۸-۱۳۹۷ با فراز و نشیب زیادی روبرو است. طوری که میانگین این رشد در کل دوره مورد بررسی مثبت و برابر ۰/۱۸۳ می‌باشد. این نتیجه هم راستا با نتایج بررسی‌های (باقرزاده، ۱۳۸۹) و (رحمان و سلیم، ۲۰۱۳) می‌باشد.

بیشترین میزان رشد بهره‌وری مثبت برابر ۴/۶۴ متعلق به استان بوشهر و کمترین آن مربوط به استان گلستان می‌باشد که برابر با ۰/۰۳ است. در حالی که سایر استان‌ها مانند آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، خراسان رضوی، خراسان شمالی، قزوین، کردستان، کرمانشاه، کهگیلویه و بویراحمد، لرستان، مرکزی و همدان در طول دوره‌ی مورد بررسی رشد بهره‌وری منفی داشته‌اند. بیشترین رشد بهره‌وری منفی برابر با ۱/۰۲- مربوط به استان خراسان شمالی و کمترین آن مربوط به استان همدان که برابر ۰/۰۳- است می‌باشد. با توجه به برآورد تابع تولید متغیرهای فسفات، نیتروژن، پتاسیم و علف‌کش برای جو دیم معنی‌دار نشده‌اند. نتایج بررسی رابطه تغییر اقلیم و کل عوامل تولید محصول جو دیم با استفاده از تحلیل رگرسیون نشان می‌دهد که ضریب متغیرهای شاخص *SPI* و میانگین کمینه دما بر رشد *TFP* جو دیم اثرگذار هستند. در این میان متغیر شاخص *SPI* اثر منفی روی بهره‌وری کل عوامل تولید محصول جو دیم داشته است. این نتیجه همسو با نتایج بررسی‌های علی صوفی (۱۳۹۶)، آلام (۲۰۱۳)، بو با کار (۲۰۱۵)، توکاناگا و همکاران (۲۰۱۵)، علی و همکاران (۲۰۱۷) و ژانگ و همکاران (۲۰۱۹) می‌باشد. اما کمینه دما اثر مثبت و معنی‌داری روی بهره‌وری محصول جو دیم دارد. این نتیجه نیز همسو با نتایج بررسی‌های، پیام و همکاران (۱۳۹۸) و علی و همکاران (۲۰۱۷) می‌باشد. همچنین پس از برآورد مدل با استفاده از ۱۸ سناریوی تغییر اقلیم تحت دو مدل *HadCM2* و *ECHAM4* تا سال ۲۰۲۵ میزان تغییرات رشد *TFP* جو دیم به طور میانگین ۰/۰۸- برآورد گردید که نشان می‌دهد به طور کلی تغییرات اقلیم باعث کاهش رشد بهره‌وری عوامل تولید جو دیم می‌شود. با توجه به حساسیت بالای جو دیم به شرایط غیر نرمال اقلیمی که سبب کاهش بهره‌وری آن می‌شود. پیشنهاد مؤکد این است تا رقم‌های سازگار با شرایط اقلیمی موجود از سوی سازمان جهاد کشاورزی برای کشاورزان معرفی شود. همچنین با در نظر گرفتن روش‌های مختلف مدیریت مزرعه محصول‌ها با تغییر پذیری‌های اقلیم می‌تواند سازگار شود.

منبع‌ها

- Ali, S., Liu, Y., Ishaq, M., Shah, T., Ilyas, A., & Din, I. U. 2017. Climate change and its impact on the yield of major food crops: *Evidence from Pakistan. Foods*, 6(6), 39.
- bahadoran, F., rezaee, A., eshraghi, F., keramatzadeh, A. 2020. Evaluation of the Climate Change Impacts on Irrigated Wheat Lands Rent in Iran. *Journal of Environmental Studies*, 46(2), 281-289.

- Boubacar, Inoussa. International Journal of Global Warming. 2015. 'Economic implications of climate change: *evidence from agricultural productivity*', 7: 362-79.
- Chen, Shuai, and Binlei. Journal of Development Economics Gong. 2021. 'Response and adaptation of agriculture to climate change: *evidence from China*', 148: 102557.
- Dietz, Simon, and Nicholas. The Economic Journal Stern. 2015. 'Endogenous growth, convexity of damage and climate risk: how Nordhaus' framework supports deep cuts in carbon emissions', 125: 574-620.
- Gong, Binlei China Economic Review. 2020. 'Agricultural productivity convergence in China', 60: 101423.
- Javadinejad, Safieh, Rebwar Dara, and Forough. Civil Engineering Journal Jafary. 2020. 'Climate change scenarios and effects on snow-melt runoff', 6: 1715-25.
- Kumar, A, P Sharma, Journal of Agricultural Science Joshi, and Technology. 2016. 'Assessing the impacts of climate change on land productivity in Indian crop agriculture: *An evidence from panel data analysis*', 18: 1-13.
- Letta, Marco, Richard S. Environmental Tol, and Resource Economics. 2019. '*Weather, climate and total factor productivity*', 73: 283-305.
- Moore, F., Diaz, D. 2015. Temperature impacts on economic growth warrant stringent mitigation policy. *Nature Clim Change* 5, 127–131.
- Moyer, Elisabeth J, Mark D Woolley, Nathan J Matteson, Michael J Glotter, and David A. The Journal of Legal Studies Weisbach. 2014. '*Climate impacts on economic growth as drivers of uncertainty in the social cost of carbon*', 43: 401-25.
- Rahman, Sanzidur, and Ruhul J Journal of Agricultural Economics Salim. 201'. 'Six decades of total factor productivity change and sources of growth in Bangladesh agriculture (1948–2008)', 64: 275-94.
- Rahmani, E., Liaghat, A., & Khalili, A. (2010). Estimating barley yield in eastern Azerbaijan using drought indices and climatic parameters by artificial neural network (ANN). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 39(1).
- Rezaee, a., & mortazavi, s., & peykani, g. (2016). Analysis of farmers economic status in drought conditions, the east of zayandeh-rud river basin. *Iranian journal of agricultural economics and development research*, 47(2), 335-342.
- Stern, Nicholas. 2013. "The Structure of Economic Modeling of the Potential Impacts of Climate Change: Grafting Gross Underestimation of Risk onto Already Narrow Science Models." *Journal of Economic Literature*, 51 (3): 838-59.
- Tayebi ,Zahra, and Lilyan E Fulginiti. 2016. "Agricultural productivity and climate change in the greater Middle East." In.Zhong Z, Hu Y, Jiang L. Impact of Climate Change on Agricultural Total Factor Productivity Based on Spatial Panel Data Model: *Evidence from China. Sustainability*. 2019; 11(6):1516.



Investigating the relationship between climate change and Total Factor productivity growth of rainfed barley in Iran

Mahbobollah Akbari, Azam Rezaee, Farhad Shirani Bidabadi, Farshid Eshraghi¹

Received: 1 Oct.2021

Accepted:31 Jan.2022

Extended Abstract

Introduction: The high dependence of developing countries on the agricultural sector and the impact of climate on the one hand, the technological and financial weakness of farmers on the other hand have doubled the importance of examining the relationship between climate change and agricultural productivity in these countries. The purpose of this study is to investigate the relationship between climate change and total productivity factor (TFP) growth of rainfed barley in Iran.

Materials and Method: In this regard, first, the growth of rainfed barley TFP for major producing provinces in the period 1378-1397 was calculated using the Solo model and integrated data technique. Then, by calculating the standard precipitation index (SPI), the effects of climatic variables (average temperature, minimum temperature, maximum temperature and standard precipitation index) on TFP growth of rainfed barley were evaluated. Finally, using 18 climate change scenarios under HadCM2 and ECHAM4 models, TFP growth changes of rainfed barley were calculated.

Results and discussion: During the study period, the average growth of rainfed barley TFP is positive and equal to 0.183. In addition, the average SPI index of major rainfed barley producing provinces indicates normal climatic conditions. Also in terms of climate, it varies between very severe drought and very high humidity. The study of the effects of climatic variables on the growth of rainfed barley TFP shows that the SPI index has a negative and significant effect and the minimum temperature has a positive and significant

¹ Respectively: Master graduated, Assistant Professors of Agricultural Economics ,Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
email: arezaee@gau.ac.ir

effect on the growth of rainfed barley TFP. Also, the growth rate of rainfed TFP due to climate change decreases by -0.08 on average.

Suggestion: According to the results, irregular rainfall at the wrong time can reduce the growth of TFP rainfed barley and on the other hand affect labor productivity. Due to the high sensitivity of rainfed barley to abnormal climatic conditions that reduce its productivity. It is suggested that species resistant to the existing climatic conditions be introduced to farmers by the Agricultural Jihad Organization of the whole country.

JEL classification: Q54, N50, O13

Keywords: Climate change scenarios, Cobb-Douglas production function, Solo growth model, Standard precipitation index.