



## شبیه‌سازی بلند مدت عملکرد دانه ذرت و رابطه رگرسیونی عملکرد با پارامترهای اقلیمی و زراعی

۱ سجاد رحیمی مقدم، ۲ عبدالمجید سهیل‌نژاد

۱ دانش‌آموخته‌ی دکتری کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، sajadr.moghaddam@yahoo.com

۲ هیأت علمی گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، A\_Soheilnejad@sbu.ac.ir

### چکیده

این تحقیق در شهرستان کرمانشاه انجام شد. داده‌های اقلیمی بلندمدت مورداستفاده (۲۰۰۹-۱۹۵۰) در این تحقیق شامل دمای کمینه و بیشینه، بارندگی و تعداد ساعات آفتابی بودند. به منظور بررسی روند تغییرات عملکرد و ارتباط آن با پارامترهای اقلیمی، ۶ دهه اخیر در نظر گرفته شد (شامل ۱۹۵۹-۱۹۵۰، ۱۹۶۹-۱۹۶۰، ۱۹۷۹-۱۹۷۰، ۱۹۸۹-۱۹۸۰، ۱۹۹۹-۱۹۹۰ و ۲۰۰۹-۲۰۰۰) و هرکدام به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۱۱۸۹۵/۴ کیلوگرم در هکتار) مربوط به دهه‌ی اول بود. روند عملکرد دانه و طول فصل رشد (به ترتیب با ضریب ۳۱- و ۱۶/۰-) روندی کاهشی و روند تبخیر و میانگین دما در طول فصل رشد روندی افزایشی (به ترتیب با ضریب ۴۶/۰+ و ۵/۰+) بود. بطور کلی نتایج نشان داد که میانگین دما در طول فصل رشد پارامتری بسیار تأثیرگذار بر روی عملکرد دانه هست و یک رابطه منفی (با ضریب ۶۲۹/۹-) با عملکرد دانه دارد.

**کلمات کلیدی:** تبخیر، دما، طول دوره رسیدگی.

### مقدمه

کشاورزی به علت ارتباط بسیار نزدیک با شرایط آب و هوایی نسبت به تغییر اقلیمی آسیب‌پذیر است زیرا رشد و عملکرد بهینه گیاهان زراعی در دامنه خاصی از متغیرهای آب و هوایی امکان‌پذیر است و تغییر آب و هوایی می‌تواند دامنه بهینه در رابطه با درجه حرارت مورد نیاز برای رشد گیاه را دستخوش تغییر کند (Ranuzzi and Srivastava, 2012). کشور ایران متعلق به مناطق خشک و نیمه‌خشک است که با توجه به ساختارهای محیط زیستی خاص خود نسبت به تغییرات محیطی آسیب‌پذیر است. بنابراین به نظر می‌رسد که وقوع احتمالی تغییرات اقلیمی در این مناطق تأثیر قابل‌توجهی در سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی داشته باشد (Eyshi Rezaie and Bannayan, 2012). مرا و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای بروی اثرات تغییر اقلیم بر روی گیاه ذرت و سویا بیان کردند که افزایش دما بیشترین تأثیر را بر مرحله گل‌دهی ذرت گذاشته و با کاهش درصد و دوره تلقیح گل، در نهایت باعث کاهش عملکرد ذرت می‌شود. نتایج آن‌ها نشان داد که دو درجه افزایش دما باعث کاهش دوره گل‌دهی ذرت از ۱۰ به ۸ روز شد.

یکی از محصولات که در کشور از اهمیت بسزایی برخوردار است ذرت می‌باشد. این محصول تقریباً در سراسر کشور تحت شرایط اقلیمی و خاکی متفاوت کشت می‌شود. در این بین استان کرمانشاه با ۱۴/۵ درصد سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای و ۱۸/۴ درصد تولید این محصول در کشور دومین مقام را هم از نظر سطح زیر کشت و هم از نظر تولید ذرت دانه‌ای در سطح کشور دارد (بی‌نام، ۱۳۹۳).

با توجه به اهمیت اثرات اقلیمی ابزارهای متنوعی برای اندازه‌گیری این اثرات توسعه یافته‌اند. برای بررسی تأثیر عوامل اقلیمی بر رشد گیاهان زراعی راهکارهای مختلفی وجود دارد. یکی از راه‌های که برای این مورد استفاده می‌شود استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی است. این راهکار، راهکاری بسیار سریع و کم‌هزینه می‌باشد. کم‌هزینه و سریع استفاده از رهیافت مدل‌سازی و مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهان زراعی است. مدل‌های شبیه‌سازی، رشد، نمو و عملکرد گیاهان زراعی را پیش‌بینی می‌کنند و با استفاده از آن‌ها می‌توان اثرات تغییر اقلیم بر کشاورزی را بررسی کرد. با توجه به موارد ذکر شده این مطالعه به منظور بررسی بلند مدت عملکرد دانه ذرت و ارتباط آن با پارامترهای اقلیمی در دهه‌های اخیر در شهرستان کرمانشاه انجام گرفته است.



## مواد و روش‌ها

این تحقیق در شهرستان کرمانشاه انجام شد. این شهرستان یکی از قطب‌های تولید ذرت در کشور می‌باشد. داده‌های اقلیمی بلندمدت مورد استفاده در این تحقیق شامل دمای کمینه و بیشینه ( $^{\circ}C$ )، بارندگی (mm) و تعداد ساعات آفتابی بودند که از سازمان هواشناسی کشور جمع‌آوری شدند. داده‌ها از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۹ بودند. این داده‌ها به‌عنوان ورودی مدل اقلیمی و مدل شبیه‌سازی رشد گیاه زراعی مورد استفاده قرار گرفتند. با توجه به این که در ایستگاه هواشناسی مورد نظر، مقدار تابش روزانه به صورت مستقیم اندازه‌گیری نمی‌شود، در تحقیق با در اختیار داشتن تعداد ساعات آفتابی، تابش روزانه با استفاده از رابطه آنگستروم به‌صورت زیر تخمین زده شد:

$$R_s = \left( a + b \frac{n}{N} \right) R_a \quad \text{معادله ۱}$$

در این معادله،  $R_s$  نشان‌دهنده تابش روزانه (مگاژول در مترمربع)،  $n$  تعداد ساعات آفتابی،  $N$  حداکثر تعداد ساعات آفتابی ممکن و  $R_a$  تابش فرازمینی می‌باشد. پارامترهای  $a$  و  $b$  ضرایب آنگستروم کالیبر شده محلی هستند. در مطالعه حاضر برای بررسی روند تغییرات عملکرد و ارتباط آن‌ها با پارامترهای اقلیمی ۶ دهه اخیر در نظر گرفته شد و هرکدام به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفتند. این ۶ شش دهه شامل ۱۹۵۰-۱۹۵۹ (دهه اول)، ۱۹۶۰-۱۹۶۹ (دهه دوم)، ۱۹۷۰-۱۹۷۹ (دهه سوم)، ۱۹۸۰-۱۹۸۹ (دهه چهارم)، ۱۹۹۰-۱۹۹۹ (دهه پنجم) و ۲۰۰۰-۲۰۰۹ (دهه ششم) بودند. پس از تولید داده‌های آب و هوایی آینده، به منظور شبیه‌سازی رشد و نمو ذرت در شرایط تغییر اقلیم و بررسی اثرات بالقوه‌ی آن از مدل APSIM-Maize در شرایط پتانسیل استفاده شد. این مدل پیش‌تر برای رقم سینگل کراس ۷۰۴ که رایج‌ترین رقم مورد کشت در استان خوزستان می‌باشد واسنجی و اعتبارسنجی شد که نتایج واسنجی و اعتبارسنجی آن دارای دقت بالایی بود (رحیمی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۵).

## نتایج و بحث

### عملکرد دانه

نتایج مطالعه نشان داد میانگین تولید عملکرد پتانسیل دانه ذرت در شهرستان کرمانشاه برابر با  $۱۰۴۵۲/۵$  کیلوگرم در هکتار است. بیشترین عملکرد دانه در شهرستان کرمانشاه با  $۱۱۸۹۵/۴$  کیلوگرم در هکتار مربوط به دهه‌ی اول مورد بررسی بود (جدول ۱). همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود در دهه‌های ابتدایی میزان عملکرد دانه دارای مقدار بالاتری است و در دهه‌های آخر این مقدار کاهش پیدا می‌کند. این موضوع را می‌توان در شکل ۱ مشاهده کرد، جایی که ارتباط بین دهه‌های مختلف و عملکرد دانه مورد بررسی قرار گرفته است. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود در این منطقه به ازای هر دهه افزایش عملکرد دانه  $۳۱$  کیلوگرم در هکتار کاهش یافته است (شکل ۱). علت این موضوع را می‌توان در شکل ۲ مشاهده کرد. این شکل نشان دهنده رگرسیون بین عملکرد دانه و پارامترهای مورد بررسی است. همانطور که در شکل ۲ مشاهده ارتباط به بین عملکرد دانه و میانگین دما در طول فصل رشد ( $-۶۲۹/۹$ ) منفی می‌باشد. این موضوع نشان می‌دهد که با افزایش یک درجه میانگین دما در طول فصل رشد عملکرد دانه  $۶۲۹/۹$  کیلوگرم کاهش پیدا می‌کند. با یک بررسی به شکل ۱ نیز مشاهده می‌شود که در طول دهه‌های مختلف میانگین دما در طول فصل رشد به ازای هر دهه  $۰/۰۵$  درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا کرده است. در یک بررسی بزرگ و سلطانی (۱۳۸۶) مشاهده شد که عملکرد خود در شرایط دیم شمال غرب ایران تحت تغییر اقلیم آینده با افزایش دما کاهش می‌یابد به‌طوری که افزایش شش درجه سانتی‌گراد دما سبب کاهش  $۱۸/۳$  درصدی در عملکرد دانه نخود می‌شود.

جدول ۱. صفات زراعی و اقلیمی مورد بررسی ذرت در دهه‌های مختلف.

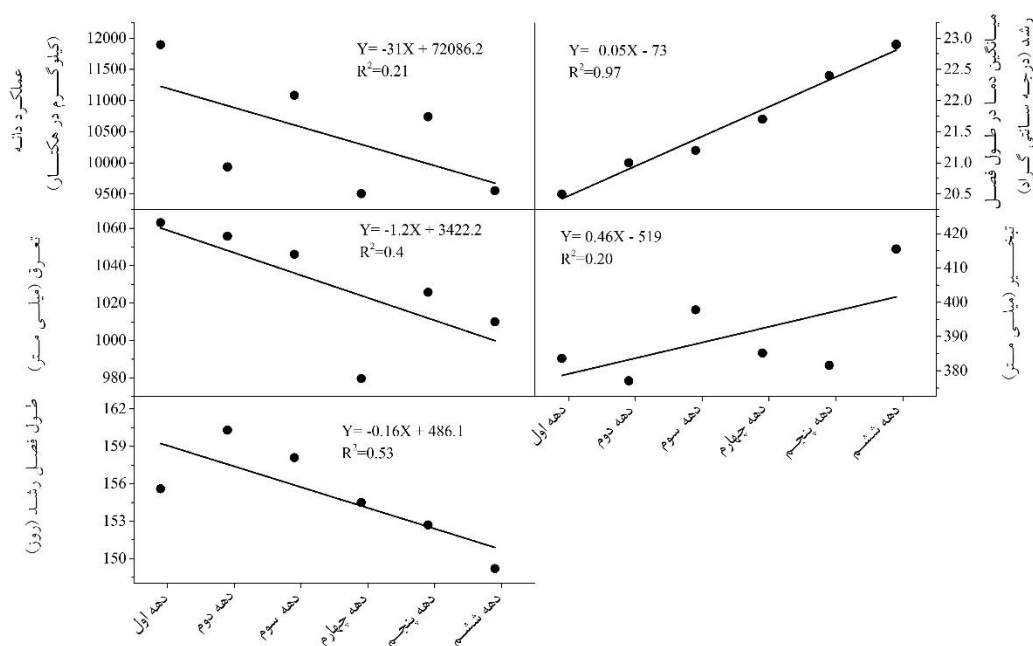
منابع تغییر	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	طول دوره رسیدگی (روز)	میانگین دما در طول دوره رسیدگی (درجه سانتی‌گراد)	تبخیر (میلی‌متر)	تعرق (میلی‌متر)
۱۹۵۰-۱۹۵۹ (دهه اول)	۱۱۸۹۵/۴	۱۵۵/۶	۲۰/۵	۳۸۳/۶	۱۰۶۳/۱
۱۹۶۰-۱۹۶۹ (دهه دوم)	۹۹۳۴/۷	۱۶۰/۳	۲۱	۳۷۷/۱	۱۰۵۵/۸
۱۹۷۰-۱۹۷۹ (دهه سوم)	۱۱۰۸۴/۸	۱۵۸/۱	۲۱/۲	۳۹۷/۸	۱۰۴۶/۱
۱۹۸۰-۱۹۸۹ (دهه چهارم)	۶۰۹۵/۴	۱۵۴/۵	۲۱/۷	۳۸۵/۲	۹۷۹/۶
۱۹۹۰-۱۹۹۹ (دهه پنجم)	۱۰۷۴۰/۲	۱۵۲/۷	۲۲/۴	۳۸۱/۶	۱۰۲۵/۸
۲۰۰۰-۲۰۰۹ (دهه ششم)	۹۵۵۳/۲	۱۴۹/۲	۲۲/۹	۴۱۵/۵	۱۰۱۰



### سایر صفات مورد مطالعه

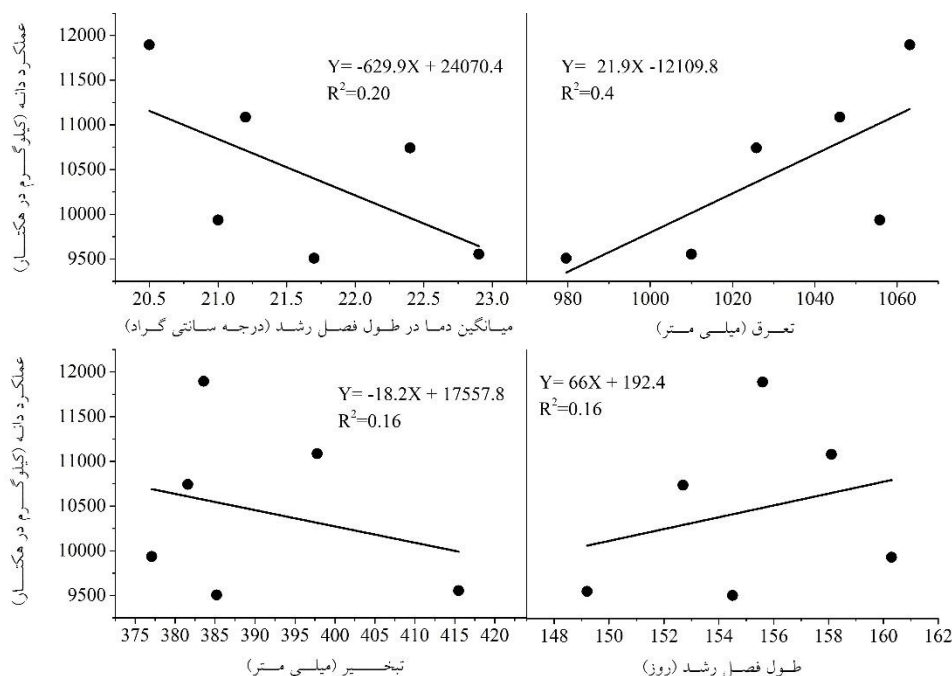
از نظر طول دوره رسیدگی و تعرق در دهه‌های مختلف بیشترین مقدار این دو صفت مربوط با مقدارهای ۱۶۰/۳ روز و ۱۰۶۳/۱ میلی‌متر به ترتیب مربوط به دهه اول و دوم بود (جدول ۱). روند بررسی این دو پارامتر نیز نشان دهنده کاهش این دو پارامتر در طول دهه‌های گذشته بوده است. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود میزان تعرق با ضریب ۱/۲- و طول دوره رسیدگی با ضریب ۰/۱۶- کاهش داشته‌اند. در یک تحقیق نتایج رحمانی و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که در دشت بیرجند تحت شرایط تغییر اقلیم آینده نیاز آبی گندم و جو به دلیل کاشت زودتر گندم و جو و کوتاه شدن طول دوره رشد آن‌ها به ترتیب ۱۹/۵ درصد تا ۲۲/۵ درصد کمتر خواهد شد. این کاهش‌ها می‌توانند در نهایت به کاهش عملکرد دانه منتهی شوند. در زمینه طول دوره رسیدگی کاهش طول دوره رسیدگی خود از طریق کاهش طول دوره پر شدن و کاهش حجم دانه-های ذرت می‌تواند موجبات کاهش عملکرد ذرت را فراهم آورد. نتایج رگرسین بین طول دوره رسیدگی و عملکرد دانه ذرت با ضریب +۶۶٪ نیز بیانگر این موضوع می‌باشد (شکل ۲). احمد و سالم (۲۰۰۳) گزارش کردند تعداد درجه روز رشد از گلدھی تا رسیدگی و درجه روز رشد، در طول دوره رشد دارای اهمیت و بر روی عملکرد تأثیرگذار هستند. این رابطه برای عملکرد دانه و تعرق نیز صادق می‌باشد به طوریکه رابطه بین تعرق و عملکرد دانه نیز با ضریب ۲۱/۹ مثبت می‌باشد (شکل ۲). افزایش فعالیت تعرق و تعرق بالاتر نشان دهنده مناسب بودن شرایط آب و هوایی برای گیاه زراعی می‌باشد که به واسطه آن گیاه روزنه‌های خود را باز و تثبیت دی اکسید کربن و فعالیت فتوسنتزی افزایش می‌یابد که به موازات آن ماده خشک تولیدی و عملکرد دانه بالاتر می‌توان تولید شود.

نتایج میانگین دما و تبخیر در طول دهه‌های گذشته نشان دهنده روند افزایشی این دو پارامتر بود (جدول ۱ و شکل ۲). بیشترین مقدار این دو پارامتر با مقدارهای ۲۲/۹ درجه سانتی‌گراد و ۴۱۵/۵ میلی‌متر مربوط به دهه ششم بود (جدول ۱). همچنین کمترین مقدار این دو پارامتر با مقدارهای ۲۰/۵ درجه سانتی‌گراد و ۳۷۷/۱ میلی‌متر به ترتیب مربوط به دهه اول و دوم بود (جدول ۱). روند این دو پارامتر به ازای هر دهه روندی افزایشی بود به طوریکه مقدار آن‌ها به ازای هر دهه به ترتیب ۵- و ۴۶- درصد بود (شکل ۱). همانطور که قبلاً بیان شد رابطه عملکرد دانه با میانگین دما در طول دوره رسیدگی منفی بود و این پارامتر مهم‌ترین پارامتر تأثیرگذار بر روی عملکرد دانه است به طوریکه ضریب رگرسین بین این پارامتر و عملکرد دانه برابر با ۶۲۹/۹- بود (شکل ۲). این رابطه منفی نیز برای مقدار تبخیر نیز وجود داشت و ضریب بین تبخیر و عملکرد دانه با توجه به شکل ۲ برابر با ۱۸/۲- بود. افزایش تبخیر در طی دهه‌های اخیر نسبت به دهه‌های گذشته را می‌توان به برهمکنش‌های پارامترهای مختلف نسبت داد. اولین پارامتر مؤثر افزایش دما می‌باشد که این پارامتر هماهنگ با افزایش دما در طول دوره رسیدگی افزایش یافته است. همچنین در زمینه دیگر می‌توان به رشد ذرت اشاره کرد. هنگامی که رشد ذرت کاهش پیدا کند، سایه‌اندازی این گیاه بر روی خاک کاهش پیدا می‌کند بنابراین سطح بیشتری از خاک در مقابل تابش مستقیم خورشید قرار گرفته و به موجبات آن تبخیر افزایش پیدا می‌کند در یک پژوهش توسط کاراندیش و همکاران (۲۰۱۷) نشان داده شد که در طول دوره رشد ذرت در سواحل دریای خزر تحت شرایط تغییرات آب و هوایی تبخیر-تعرق مرجع ۱/۶۴ تا ۲۸/۴ درصد افزایش می‌یابد.





شکل ۱. روند تغییرات صفات مورد بررسی در طول دهه‌های مختلف.



شکل ۲. رگرسیون بین عملکرد دانه و پارامترهای اقلیمی و زراعی.

## نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که عملکرد دانه ذرت در طی دهه‌های اخیر در شهرستان کرمانشاه روندی کاهشی داشته است به طوری که در این منطقه به ازای هر دهه عملکرد دانه ۳۱ کیلوگرم در هکتار کاهش پیدا کرده است. این روند کاهشی برای پارامترهای تعرق و طول فصل رشد ذرت نیز مشاهده گردید. در نقطه مقابل طی دهه‌های مختلف مقدار تبخیر و همچنین میانگین دما در طول فصل رشد ذرت افزایش پیدا کرده است. بطور کلی نتایج نشان داد در بین پارامترهای مورد بررسی پارامتر میانگین دما در طول فصل رشد پارامتری بسیار تأثیرگذار بر روی عملکرد دانه است و این پارامتر یک رابطه منفی (با ضریب  $-۰.۶۲۹/۹$ ) با عملکرد دانه دارد.

## مراجع

- [۱] برزگر، ب.، سلطانی، ا.، سلطانی، ا. اثر تغییر اقلیم آینده بر عملکرد نخود در شرایط دیم شمال غرب ایران، دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران، گرگان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۲۵ تا ۲۶ مهر، ص. ۵۸۷-۵۶۹-۱۳۸۶
- [۲] بی‌نام. آمارنامه محصولات زراعی ۹۲-۱۳۹۱، وزارت جهاد کشاورزی معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۱۳۹۳
- [۳] رحمانی، م.، جامی‌الاحمدی، م.، شهیدی، ع.، هادی زاده ازغندی، م. تأثیر تغییر اقلیم بر طول مراحل رشد و نیاز آبی گندم و جو (مطالعه موردی: دشت بیرجند). بوم شناسی کشاورزی، ش ۴، ص. ۴۴۳-۴۶۰-۱۳۹۴
- [۴] رحیمی مقدم، س.، کامبوزیا ج.، دیهیم فرد، ر. برآورد پارامترهای مربوط به برخی ارقام غالب ذرت دانه‌ای در کشور به منظور استفاده در مدل مکانیزم‌گرای APSIM. مجله تولید گیاهان زراعی. (زیر چاپ). ۱۳۹۵
- [5] Ahmad, A. and Saleem, M. 2003. Path coefficient analysis in *Zea mays* L. International Journal of Agriculture and Biology. Vol. 5, No.3, pp. 245-248, 2003.
- [6] Eyshi Rezaie, E. and Bannayan, M. Rainfed wheat yields under climate change in northeastern Iran. Meteorological Applications. Vol. 19, No.3, pp. 346-354, 2012.
- [7] Karandish, F., Kalanaki, M. and Saberali, S.F. Projected impacts of global warming on cropping calendar and water requirement of maize in a humid climate. Archives of Agronomy and Soil Science. Vol. 63, No.1, pp. 1-13, 2017.
- [8] Mera, R.J., Niyogi, D., Buol, G.S., Wilkerson, G.G. and Semazzi, F.H. Potential individual versus simultaneous climate change effects on soybean (C 3) and maize (C 4) crops: an agrotechnology model based study. Global and Planetary Change. Vol. 54, No.1, pp. 163-182, 2006.



[9] Ranuzzi, A. and Srivastava, R. Impact of Climate Change on Agriculture and Food Security. ICRIER Policy Series, no. 16. 2012.

## Long-term simulation of maize grain yield and regression relation of yield with climatic and agronomic parameters

<sup>1</sup>Sajjad Rahimi Moghaddam, <sup>2</sup>Abdolmajid Soheilnejad

<sup>1</sup>Graduate of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, sajadr.moghaddam@yahoo.com

<sup>2</sup>Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran, A\_Soheilnejad@sbu.ac.ir

**Abstract.** This research was conducted in the Kermanshah County. Long-term climatic data was used in this study included minimum and maximum temperatures, rainfall and global radiation from 1950 to 2009. In order to evaluate the trend of yield changes and its relation with climatic parameters, six decades were considered (included 1950-1959, 1960-1969, 1970-1979, 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009) and each one was examined individually. Result indicated that the highest grain yield belonged to the first decade ( $11895.4 \text{ kg ha}^{-1}$ ). The trend of grain yield and during the growing season (with coefficients -31 and -0.16, respectively) was decreasing trend and the trend of evaporation and average temperature during the growing season was increasing trend (with coefficients +0.46 and +0.05, respectively). Generally, result showed the average temperature during the growing season is a very effective parameter for grain yield and it has a negative relationship with grain yield (with coefficient -629.9).

**Keywords:** Evaporation, Temperature, During the growing season.