نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۸، شماره ۱، فروردین - اردیبهشت ۱۳۸۹، ص ۱۱-۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 8, No. 1, Mar. – Apr. 2010, p. 1-11

مطالعه اثرات عوامل اقلیمی بر روی عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری در منطقه مراغه

ولی فیضی اصل[1*] - جعفر جعفرزاده[2] - بهمن عبدالرحمنی[3] - سید بهمن موسوی[4] - اسماعیل کریمی[5]

تاریخ دریافت: ۸۷/۲/۶
تاریخ پذیرش: ۸۸/۲/۲۵

چکیده

به منظور مطالعه اثرات عوامل اقلیمی بر روی عملکرد دانه گندم دیم در منطقه مراغه، آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم (مراغه) به عنوان اصلی‌ترین ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم برای مناطق سردسیری و نیمه سردسیری کشور و متوسط عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری در این منطقه به مدت ۱۰ سال زراعی (۸۴ - ۱۳۷۴) جمع‌آوری شد. داده‌های جمع‌آوری شده در این بررسی با استفاده از ضرایب همبستگی، رگرسیون ساده، رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که از طریق ضرایب همبستگی کل، بین متوسط رطوبت نسبی هوا و مجموع بارندگی سال زراعی با عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی‌دار به ترتیب در سطوح ۵ و ۱ درصد و بین تعداد ساعات آفتابی و تبخیر از تشتک کلاس A رابطه منفی و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد وجود داشت. در رگرسیون ساده از کل عوامل مورد مطالعه تنها بین دو عامل متوسط رطوبت نسبی هوا و مجموع بارندگی سال زراعی با عملکرد دانه رابطه معنی‌دار از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت. با استفاده از رگرسیون گام به گام تنها عامل میزان بارندگی سالیانه از عوامل تأثیرگذار معنی‌دار از لحاظ آماری بر عملکرد دانه گندم دیم بود ($p<0/01$). در نهایت اثر مستقیم عوامل میزان تبخیر از تشتک کلاس A در سطح احتمال یک درصد و به صورت منفی و متوسط دمای سالیانه و مجموع بارندگی سال زراعی به صورت مثبت و غیر معنی‌دار، عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری را تحت تأثیر قرار دادند. در مجموع می‌توان چنین استنباط نمود که بین عوامل اقلیمی و عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری ارتباط منطقی وجود دارد. بطوریکه از میان عوامل مورد مطالعه، متوسط دمای سالیانه و مجموع بارندگی سال زراعی به صورت مثبت و میزان تبخیر از تشتک کلاس A و متوسط حداکثر دمای سالیانه به صورت منفی عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری را تحت تأثیر قرار دادند.

واژه‌های کلیدی: عوامل اقلیمی، تجزیه علیت، رگرسیون گام به گام، عملکرد دانه، گندم دیم

مقدمه

گندم مهمترین گیاه غذایی است که در دنیا کشت و کار می‌شود. زراعت گندم از سایر غلات اهمیت بیشتری داشته و نزدیک به ۳۰ درصد از سطح زیرکشت و کل تولید غلات را در جهان به خود اختصاص داده است (۲۱). این گیاه از جمله معدود نباتاتی است که کشت آن در شرایط اقلیمی بسیار متنوع امکان‌پذیر است. معمولاً گندم به هوای خنک و مرطوب در اوایل فصل رویش و گرم و خشک در مراحل آخر رشد، به ویژه در طی دانه بستن نیاز دارد. در چنین شرایط که غالباً خاص نواحی خشک با زمستان‌های ملایم است، گندم در شروع فصل مرطوب و خنک کشت شده و دانه بستن و رسیدن محصول با آغاز فصل خشک انجام می‌گیرد. به هر حال، در اغلب موارد شرایط اقلیمی طی فصل زراعی با شرایط مطلوب رشد گندم فاصله بسیار زیادی دارد (۳).

نتایج پژوهش‌های انجام گرفته در دشت‌های وسیع آمریکا نشان می‌دهد که زراعت دیم در مقابل تغییرات آب و هوایی آسیب‌پذیر بوده و تولید آن علاوه بر میزان نیتروژن خاک به تغییرات عوامل اقلیمی بستگی دارد (۲۸). از سوی دیگر اغلب مدل‌های آب و هوایی نشان می‌دهند که کره زمین در حال گرم شدن بوده و در اثر فرآیند گرم شدن، خشکی اتفاق می‌افتد که این موضوع تأکید بیشتری بر فشارهای جدید بالقوه بر زراعت دیم در اغلب نقاط دنیا دارد (۲۶). مطالعات قلی‌پور و سلطانی (۷) بر روی داده‌های هواشناسی شهر تبریز نشان داد که فرآیند گرم شدن هوا در نتیجه دو برابر شدن غلظت CO_2 هوا سبب خواهد شد تا تاریخ‌های گلدهی و رسیدگی در گندم به جلو بیفتد و در نتیجه زمینه برای کشت دوم فراهم‌تر گردد. آنان

۱- مربی پژوهشی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور و دانشجوی دکتری دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: Email: V_feiziasl@yahoo.com)
۲ و۳- به ترتیب مربی پژوهشی و استادیار مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور
۴ و ۵- به ترتیب استادیار و آموزشیار دانشگاه مراغه

گزارش کردند که در صورت تغییر اقلیم، عملکرد بیولوژیک گندم حدود ۵۰ تا ۶۷ درصد برای شرایط دیم و ۲۹ تا ۳۹ درصد برای وضعیت فاریاب افزایش خواهد یافت.

خطرپذیری آب و هوایی از جمله عواملی هستند که همواره در میزان تولید غلات در بسیاری از مناطق مؤثر بوده است. این خطرپذیری در یک تعریف کلی شامل کلیه علایم مربوط به عوامل اقلیمی است که از وضعیت ایده‌آل خود انحراف پیدا کند. در عمل برای عوامل اقلیمی دامنه‌هایی (حد بالا و پائین) تعیین می‌شود که عوامل مختلف اقلیمی در آن قابل تغییر می‌باشند. محدودیت‌های دامنه اکولوژیکی همان نقاط بحرانی هستند که برای محصولات زراعی قابل قبول می‌باشند. در عمل منظور از خطرپذیری آب و هوایی، آن دسته از عوامل اقلیمی هستند که مقدار خارج از دامنه اکولوژیکی قرار می‌گیرد و کمیت و کیفیت فرآیند رشد و نمو را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۸).

بارندگی و درجه حرارت از جمله دو عامل بسیار مهم آب و هوایی هستند که از طریق تحت تأثیر قرار دادن میزان رطوبت و دمای خاک می‌توانند در تولید عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم بسیار مؤثر واقع شوند. این دو عامل به غیر از تحت تأثیر قرار دادن اندام‌های رویشی و زایشی گندم، بر رشد و نمو ریشه این گیاه و میزان جذب آب و مواد غذایی نیز مؤثر می‌باشند (۲۰). قابلیت دسترسی به آب عامل مهمی در تعیین میزان عملکرد گندم در اکثر نقاط جهان به شمار می‌رود (۲۱). بنابر نظر ماس و هافمن (۲۴) کمبود یا تنش رطوبت هنگامی افزایش می‌یابد که تقاضای تبخیری اتمسفر بالای برگ‌ها (تبخیر – تعرق بالقوه) از ظرفیت و توانایی ریشه‌ها برای استخراج آب از خاک (تبخیر – تعرق حقیقی) تجاوز نموده و فراتر رود. از سوی دیگر، اگرچه گندم زمستانه سازش نسبتاً خوبی به سرما نشان می‌دهد، لیکن برودت زیاد و خشکی فیزیولوژیک به بافت‌های گندم پائیزه صدمه زده و گاهی اوقات اثرات سوء سرمازدگی زمستانه کمتر از صدمات ناشی از آفات و بیماری‌ها نیست. نتایج پژوهش‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که با افزایش میزان بارندگی و دما میزان عملکرد گندم دیم نیز افزایش نشان می‌دهد (۳ و ۸).

حسینی و همکاران (۱) با مطالعه داده‌های ۱۰ ساله هواشناسی منطقه قروه در استان کردستان گزارش کردند که مقدار و نحوه پراکنش بارش و میانگین دمای حداکثر روزانه، در ماه‌های میانی و انتهایی رشد در میزان تولید گندم دیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و با کوچک‌ترین تغییر در مقدار هر یک از آنها عملکرد محصول به میزان زیادی دست خوش تغییر می‌گردد. آنان با استفاده از روابط رگرسیونی نشان دادند که دو عامل بارندگی سالیانه و حداقل رطوبت نسبی هوا بر حسب درصد در خرداد ماه ۹۴/۳ درصد از تغییرات عملکرد گندم دیم را در دشت قروه توجیه می‌نماید. گاری‌ینت و همکاران (۲۲) با مطالعه اثرات عوامل اقلیمی بر خصوصیات کیفی و اجزای عملکرد ۱۶ ژنوتیپ گندم نان به این نتیجه رسیدند که مجموع بارندگی سال زراعی، رطوبت نسبی هوا و آب فراوان در خاک به طور منفی خصوصیات کیفی، وزن هزار دانه و عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهند. این در حالی است که حداقل دمای مطلق با دوام گلوتن و متوسط دما با وزن هزار دانه و عملکرد دانه همبستگی مثبتی داشتند. امانی و همکاران (۱۷) و بلوم و همکاران (۱۹) با مطالعه پسروی دمای کانوپی ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان به این نتیجه رسیدند که بین خنکی کانوپی گندم و عملکرد دانه همبستگی بالایی وجود دارد. بر اساس خصوصیات فنوتیپی، این همبستگی در آزمایشات مختلف بین ۰/۶۴ تا ۰/۸۹ متغیر بود و تحت تاثیر مراحل رشد قرار نگرفت.

بنابراین عوامل اقلیمی یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار در تولید گندم دیم بوده و تنش‌های رطوبتی و دمایی از عمده‌ترین عوامل پائین آمدن عملکرد هکتاری آن بشمار می‌رود، لذا بدست آوردن روابط بین عملکرد و متغیرهای اقلیمی و شناسایی و معرفی عوامل اقلیمی مؤثر بر عملکرد دانه گندم دیم یکی از اهداف عمده این بررسی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه اثرات عوامل آب و هوایی بر عملکرد دانه گندم دیم در منطقه مراغه، آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم (مراغه) به عنوان اصلی‌ترین ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم برای مناطق سردسیری و نیمه سردسیری کشور، از سال‌های زراعی ۷۵ – ۱۳۷۴ الی ۸۴ – ۱۳۸۳ به مدت ۱۰ سال زراعی جمع‌آوری شد (۵، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ ،۱۳و ۱۱۴). این ایستگاه بین ۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۲۵ درجه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۳۷ درجه ۱۷ دقیقه عرض شمالی واقع شده و دارای خاک لوم رسی است و با در نظر گرفتن منحنی آمبروترومیک منطقه و نقشه زیست اقلیمی ایران، جزو مناطق سرد استپی به شمار می‌رود (۴). آمار هواشناسی جمع‌آوری شده از این ایستگاه شامل مجموع بارندگی سال زراعی (میلی‌متر)، تعداد ساعات آفتابی روزانه، میزان تبخیر از تشتک کلاس A (میلی‌متر)، رطوبت نسبی هوا (درصد)، تعداد روزهای یخبندان، متوسط دما (سانتی‌گراد)، متوسط حداکثر دما (سانتی‌گراد)، متوسط حداقل دما (سانتی‌گراد)، حداکثر دمای مطلق (سانتی‌گراد) و حداقل دمای مطلق (سانتی‌گراد) بود. همچنین متوسط عملکرد گندم دیم رقم سرداری به عنوان رایج‌ترین رقم گندم دیم مورد کشت در این منطقه به مدت ۱۰ سال زراعی (۸۴ – ۱۳۷۴) جمع‌آوری شد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، با استفاده از تجزیه علیت[1]، ضریب

1 - Path analysis

همبستگی کل[1] به دو بخش اثرات مستقیم و غیر مستقیم عوامل آب و هوایی بر عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری تفکیک شد (۶ و ۱۶). برای انجام تجزیه علیت از دو نرم افزار SPSS و Excel استفاده شد. به منظور تعیین ارتباط واقعی موجود بین عوامل آب و هوایی مورد مطالعه و عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری، به کمک نرم افزار SPSS از رگرسیون گام به گام[2] استفاده شد. همچنین رابطه هرکدام از عوامل آب و هوایی به عنوان متغیر مستقل با عملکرد دانه گندم دیم به عنوان تابع از طریق رگرسیون‌های خطی و غیر خطی و با استفاده از نرم افزار Curve expert مورد مطالعه قرار گرفت.

نتایج و بحث

ضرایب همبستگی بین صفات

ضرایب همبستگی بین عوامل مختلف آب و هوایی با عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری نشان داد که با افزایش درصد رطوبت نسبی هوا و مجموع بارندگی سال زراعی عملکرد دانه به طور معنی‌داری به ترتیب در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد افزایش و بر عکس با افزایش تعداد ساعات آفتابی روزانه و میزان تبخیر از تشتک کلاس A عملکرد دانه گندم رقم سرداری به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p<۰/۰۵$). اگرچه رابطه عوامل حداقل دمای مطلق، متوسط حداقل دمای مطلق، متوسط حداکثر دما، متوسط دما و تعداد روزهای یخبندان نیز با عملکرد دانه منفی بود اما این روابط از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۱). این نتایج نشان می‌دهد رابطه بین میزان بارندگی با ضریب رطوبت نسبی هوا مثبت ولی با حداقل دمای مطلق منفی معنی‌دار است ($p<۰/۰۵$). همچنین عواملی که بر روی رطوبت نسبی هوا مؤثرند عبارتند از میزان تبخیر از تشتک کلاس A و متوسط دما که به طور منفی و معنی‌دار میزان رطوبت هوا را تحت تأثیر قرار می‌دهند اما میزان بارندگی سال زراعی به طور مثبت و معنی‌دار رطوبت نسبی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (جدول ۱). به عبارت دیگر با افزایش میزان تبخیر و متوسط دمای سال زراعی، رطوبت نسبی هوا کاهش می‌یابد اما با افزایش میزان بارندگی سال زراعی رطوبت نسبی هوا افزایش نشان می‌دهد. در مجموع با توجه به نتایج به دست آمده از طریق ضرایب همبستگی بین عوامل آب و هوایی مورد مطالعه در این بررسی، می‌توان تأثیر مثبت این صفات را به صورت نسبی در افزایش عملکرد دانه گندم رقم سرداری در منطقه مراغه در شرایط سال‌های آزمایش به صورت زیر مرتب کرد:

رطوبت نسبی هوا > مجموع بارندگی سال زراعی

ترتیب نسبی عوامل مؤثر در افزایش عملکرد دانه

ترتیب نسبی تأثیر عوامل آب و هوایی در افزایش عملکرد دانه از طریق ضرایب همبستگی نشان می‌دهد که از بین صفات مورد مطالعه مجموع بارندگی سال زراعی بیشترین و رطوبت نسبی هوا دومین رتبه تأثیر مثبت را در افزایش عملکرد دانه رقم سرداری دارند. این در حالی است که سایر عوامل مورد مطالعه در این بررسی اثر منفی در افزایش عملکرد دانه داشتند. حسینی و همکاران (۱) نیز گزارش کردند که دو عامل بارندگی سالیانه و رطوبت نسبی هوا از مهمترین عوامل اقلیمی تأثیرگذار بر عملکرد گندم دیم در استان کردستان بوده است. بنابراین از طریق ضرایب همبستگی خطی می‌توان تأثیر عوامل محدود کننده[3] آب و هوایی را در تغییر عملکرد دانه از طریق تغییر عمومی این عوامل مورد مطالعه و شناسایی قرار داد (۱۸ و ۲۱). با توجه به اینکه در مناطق خشک و نیمه خشک، آب به عنوان اولین عامل محدود کننده رشد محصولات کشاورزی به شمار می‌رود (۲ و ۲۷)، لذا اغلب پژوهشگران بر تأثیر مثبت میزان بارندگی در افزایش عملکرد دانه گندم دیم اشاره نموده‌اند (۱، ۳، ۸ و ۲۰). این در حالی است که گاری‌ینت و همکاران (۲۲) بیان داشتند که میزان بارندگی سال زراعی، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم را به طور منفی تحت تأثیر قرار داد.

روابط بین عوامل آب و هوایی و عملکرد دانه گندم دیم

مطالعه مناسب‌ترین روابط رگرسیونی حاکم بین عوامل آب و هوایی مورد مطالعه با عملکرد دانه نشان داد که از بین عوامل مورد بررسی در این بررسی رابطه بین درصد رطوبت نسبی هوا و مجموع بارندگی سال زراعی (میلی‌متر) با عملکرد دانه معنی‌دار است. این رابطه برای رطوبت نسبی درجه دوم و برای مجموع بارندگی سال زراعی خطی می‌باشد که هر دو معادله از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار هستند (جدول ۲). ذکر این نکته ضروری است که بین سایر عوامل آب و هوایی و عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری روابط رگرسیونی معنی‌داری از لحاظ آماری مشاهده نگردید. ضریب تشخیص روابط رگرسیونی یاد شده نشان می‌دهد که تغییرات درصد رطوبت نسبی هوا قادر به توجیه ۶۹ درصد از تغییرات عملکرد دانه و تغییرات مجموع بارندگی سال زراعی قادر به توجیه ۶۶ درصد از تغییرات عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری در منطقه مراغه می‌باشد (جدول ۲). به عبارت دیگر در این معادلات بیش از ۳۰ درصد کل تغییرات عملکرد دانه، به عوامل غیر از درصد رطوبت نسبی هوا و مجموع بارندگی سال زراعی مربوط می‌شود که با اطلاعات موجود شناخت این عوامل امکان‌پذیر نیست.

1 -Correlation coefficient

2 - Stepwise regression

3 - Limiting factors

جدول ۱ - ضرایب همبستگی بین عوامل آب و هوایی و عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری در منطقه مراغه (n = ۱۰)

	تبخیر سالیانه	رطوبت نسبی	تعداد روز یخبندان	متوسط دمای سالیانه	متوسط حداکثر دمای سالیانه	متوسط حداقل دمای سالیانه	حداقل دمای مطلق	مجموع بارندگی	عملکرد دانه
ساعات آفتابی روزانه	۰/۴۹ ns	-۰/۵۳ ns	۰/۱۲ ns	۰/۳۴ ns	۰/۲۲ ns	-۰/۰۱ ns	۰/۲۵ ns	-۰/۴۷ ns	-۰/۷۰ *
تبخیر سالیانه		-۰/۷۴ *	-۰/۳۸ ns	۰/۲۹ ns	۰/۲۰ ns	۰/۵۴ ns	۰/۵۵ ns	-۰/۶۱ ns	-۰/۷۶ **
رطوبت نسبی			۰/۲۶ ns	-۰/۶۷ *	-۰/۴۷ ns	-۰/۲۵ ns	-۰/۴۷ ns	۰/۷۰ *	۰/۷۴ **
تعداد روز یخبندان				-۰/۲۵ ns	-۰/۱۹ ns	-۰/۱۱ ns	۰/۰۱ ns	-۰/۱۹ ns	-۰/۱۹ ns
متوسط دما					۰/۸۱ **	۰/۲۱ ns	۰/۳۷ ns	-۰/۵۲ ns	-۰/۳۶ ns
متوسط حداکثر دمای سالیانه						۰/۴۹ ns	۰/۲۳ ns	-۰/۳۳ ns	-۰/۳۶ ns
متوسط حداقل دمای سالیانه							۰/۶۱ ns	-۰/۳۸ ns	-۰/۴۵ ns
حداقل دمای مطلق								-۰/۷۳ *	-۰/۴۶ ns
مجموع بارندگی									۰/۸۱ **

*، **و ns : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار

جدول ۲ - معادلات بین صفات مورد مطالعه (متغیر مستقل) و عملکرد دانه گندم دیم (تابع)

صفت	معادله	ضریب تبیین (R^2)	خطای معیار (SE)	F مقدار
مجموع بارندگی سال زراعی (میلی‌متر)	$Y = 36.345 + 2.60937\ X$	۰/۶۶	۱۵۳/۷	۱۵/۵**
رطوبت نسبی (درصد)	$Y= -20146 + 737.16\ X - 6.41\ X^2$	۰/۶۹	۱۵۵/۷	۱۷/۸**

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

بنابراین با استفاده از روابط رگرسیونی به دست آمده می‌توان چنین استنباط نمود که بخش اعظمی (به طور متوسط ۶۸ درصد) از تغییرات عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری را در سال‌های زراعی ۸۴ – ۱۳۷۴ در منطقه مراغه می‌تواند تغییرات مجموع بارندگی سال زراعی یا درصد رطوبت نسبی هوا در بین تمامی صفات مستقل مورد مطالعه توجیه نمایند اما سایر صفات مستقل مورد مطالعه در این بررسی به تنهایی قادر به توجیه تغییرات عملکرد دانه نیستند. بارندگی از جمله عوامل بسیار مهم آب و هوایی است که از طریق تحت تأثیر قرار دادن میزان رطوبت و دمای خاک می‌تواند در تولید عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم بسیار مؤثر واقع شود (۲۰ و ۲۱). نتایج پژوهش‌های انجام گرفته بر روی محصولات مختلف در ایستگاه تحقیقات استانکف روسیه نشان می‌دهد که عواملی نظیر بارندگی و همچنین درجه حرارت‌های بالاتر از حد بهینه از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تشکیل سطح برگ و عملکرد گیاهان از جمله ارقام مختلف گندم بوده است (۸).

بر خلاف نتایج به دست آمده از طریق رگرسیون ساده، با استفاده از رگرسیون گام به گام تمامی عوامل آب و هوایی مورد مطالعه به عنوان متغیرهای مستقل و عملکرد دانه گندم رقم سرداری به عنوان تابع در نظر گرفته شد. مناسب‌ترین رابطه رگرسیونی حاکم بین عوامل اقلیمی یاد شده با عملکرد دانه نشان می‌دهد که از بین عوامل مورد مطالعه تنها عامل مجموع بارندگی سال زراعی (X_1) قادر به توجیه تغییرات عملکرد دانه (Y) گندم دیم می‌باشد. در این مدل رگرسیونی، ضریب ثابت معادله و مجموع بارندگی سال زراعی به طور مثبت عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بر اساس مدل رگرسیونی به دست آمده، با افزایش هر میلی‌متر بارندگی سال زراعی در دامنه ۲۰۰ تا ۴۲۰ میلی‌متر (سال‌های مورد مطالعه)، عملکرد دانه گندم دیم ۲/۶۱ کیلوگرم در هکتار در منطقه مراغه افزایش می‌یابد (شکل ۱). به عبارت ساده‌تر، اگر ۱۵۰ میلی‌متر بارندگی بیشتر از بارندگی بلند مدت در این منطقه اتفاق افتد، افزایش عملکرد دانه گندم دیم ۳۹۲ کیلوگرم در هکتار خواهد بود که این مقدار تقریباً معادل با ۵۰ درصد میانگین عملکرد دانه گندم دیم کشور است. نتایج پژوهش‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که در دامنه‌های بهینه با افزایش میزان بارندگی و دما میزان عملکرد گندم دیم نیز افزایش نشان می‌دهد (۳ و ۸). نتایج این پژوهش با نتایج گزارش شده توسط حسینی و همکاران (۱) در استان کردستان برای گندم دیم مطابقت می‌نماید.

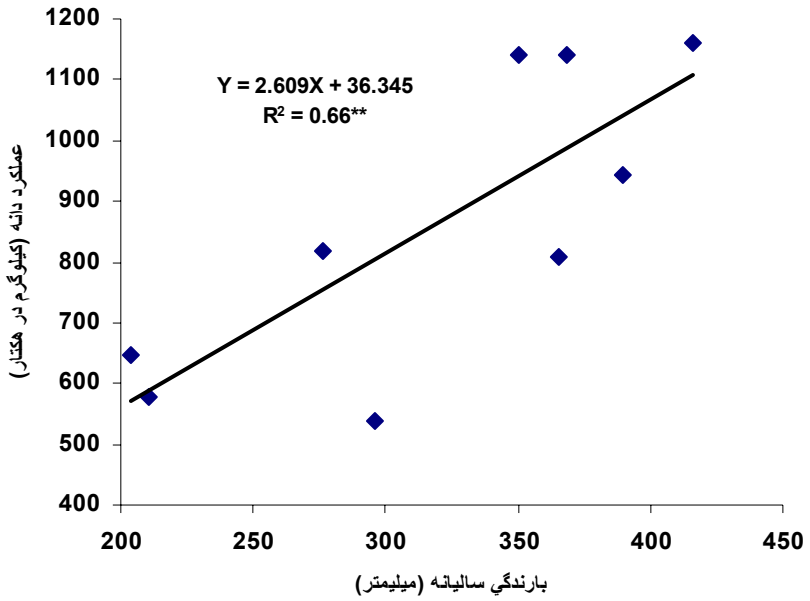
$$\hat{Y} = 36.345 + 2.609X_1 \qquad R^2_{adj} = 0.66^*$$

ضریب تبیین تصحیح شده[1] معادله رگرسیونی به دست آمده نشان می‌دهد که تغییرات عامل مجموع بارندگی سال زراعی می‌تواند ۶۶ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد دانه را توجیه نمایند که از لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد ($p<۰/۰۵$). به عبارت دیگر در این معادله تغییرات میزان بارندگی سال زراعی قادر به توجیه ۳۴ درصد (عدم تبیین) از تغییرات عملکرد دانه گندم دیم نیست. در معادله به دست آمده، ضریب ثابت معادله رگرسیونی و ضریب عامل مجموع بارندگی سال زراعی از طریق آزمون t مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ضریب ثابت معادله رگرسیونی غیرمعنی‌دار و ضریب متغیر مستقل (مجموع بارندگی سال زراعی) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۳). از نتایج به دست آمده از طریق رگرسیون گام به گام می‌توان چنین استنباط نمود که از بین عوامل اقلیمی مورد مطالعه در این بررسی، بارندگی سال زراعی مهم‌ترین و تنها عامل مؤثر در افزایش عملکرد دانه گندم دیم در منطقه مراغه به شمار می‌رود. این نتایج گزارشات سجادی (۳)، کافی و همکاران (۸)، فاجریا و همکاران (۲۱) و کرویسنت و همکاران (۲۰) را مبنی بر اثر مثبت میزان بارندگی در افزایش عملکرد دانه گندم دیم در دامنه‌های بهینه تائید می‌کند.

تجزیه علیت و روابط حاکم بین صفات مورد مطالعه

با استفاده از تجزیه علّیت مشخص گردید که اثر مستقیم عامل میزان تبخیر از تشتک کلاس A (**۰/۷۸-) در سطح احتمال یک درصد همبستگی منفی با عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری دارد. اگرچه اثر مستقیم متوسط حداکثر دما (ns۰/۵۹-) و تعداد روزهای یخبندان (ns۰/۴۴-) نیز با عملکرد دانه منفی و متوسط دما (ns۰/۴۳) و میزان بارندگی (ns۰/۳۲) با عملکرد دانه مثبت می‌باشد اما این اثرات از لحاظ آماری معنی‌دار نیستند. بنابراین اثرات مستقیم سایر عوامل مورد مطالعه در این بررسی به غیر از میزان تبخیر از تشتک کلاس A بر روی عملکرد دانه معنی‌دار نمی‌باشند (جدول ۴).

1-Corrected coefficient of determination



شکل ۱- رابطه متوسط بارندگی سالیانه با عملکرد دانه گندم دیم در منطقه مراغه

جدول ۳- آزمون معنی‌داری ضرایب رگرسیونی چند متغیره (n= ۱۰)

متغیر مستقل	مقدار ضریب	خطای معیار	مقدار t
ضریب ثابت(α)	۳۶/۳۴۵	۲۲۷/۲۴۵	۰/۱۶ns
مجموع بارندگی سال زراعی	۲/۶۰۹	۰/۶۸۱	۳/۸۳**

ns و ** : به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

در بین عوامل مورد مطالعه بیشترین ضریب همبستگی خطی را با عملکرد دانه، میزان بارندگی سال زراعی (۰/۸۱**) و رطوبت نسبی هوا (۰/۷۴*) دارند (جدول ۱)، اما اثر مستقیم هیچ یک از این عوامل از لحاظ آماری معنی‌دار نیستند (جدول ۵). با استفاده از روش تجزیه علیت عواملی که اثرات مثبت و منفی غیر مستقیم بر همبستگی عوامل مورد مطالعه با تابع دارند به آسانی قابل تفکیک و شناسایی هستند. به عنوان نمونه در این بررسی ضریب همبستگی خطی متوسط تعداد ساعات آفتابی روزانه (۰/۷۰*-) با عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری در منطقه مراغه منفی و با متوسط رطوبت نسبی هوا (۰/۷۴*) و میزان بارندگی سال زراعی (۰/۸۱**) مثبت و از لحاظ آماری معنی‌دار هستند، این در حالی است که اثر مستقیم متوسط تعداد ساعات آفتابی روزانه (۰/۱۰ns-) و متوسط رطوبت نسبی هوا (۰/۱۳ns) و میزان بارندگی سال زراعی (۰/۳۲ns) بر روی عملکرد دانه به ترتیب ۶۰۰، ۴۶۹ و ۱۵۳ درصد با همبستگی کل این عوامل تفاوت داشته و این همبستگی‌ها از لحاظ آماری غیر معنی‌دار هستند. به عبارت دیگر رابطه خطی بین متوسط تعداد ساعات آفتابی روزانه و متوسط رطوبت نسبی هوا با عملکرد دانه گندم دیم در شرایط آزمایش مشاهده نمی‌گردد و اثر همبستگی کل این عوامل با عملکرد دانه بیشتر ناشی از اثرات غیر مستقیم میزان تبخیر از تشتک کلاس A می‌باشد که رابطه منفی موجود بین متوسط تعداد ساعات آفتابی روزانه با عملکرد دانه و رابطه مثبت موجود بین متوسط رطوبت نسبی هوا و متوسط میزان بارندگی سال زراعی را با عملکرد دانه گندم دیم نیز تشدید نموده است. این در حالی است که مطالعه اثر مستقیم (۰/۷۸**-) و همبستگی کل (۰/۷۶**-) میزان تبخیر از تشتک کلاس A با عملکرد دانه گندم دیم تقریباً مشابه می‌باشد. به عبارت دیگر رابطه واقعی بین میزان تبخیر از تشتک کلاس A با عملکرد دانه منفی و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است و این اثر ناشی از اثر واقعی میزان تبخیر از تشتک کلاس A بر روی عملکرد دانه گندم دیم در منطقه مراغه بوده و تحت تأثیر غیر مستقیم عامل آب و هوایی دیگری نیست. اگرچه این عامل را تا حدودی اثر غیر مستقیم مجموع بارندگی سال زراعی تشدید می‌نماید اما این اثر در ظاهر ناچیز و غیر معنی‌دار است (جدول ۴). بر اساس نظر ماس و هافمن (۲۴)

چنانچه تقاضای تبخیری اتمسفر بالای برگ‌ها (تبخیر – تعرق بالقوه) از ظرفیت و توانایی ریشه‌ها برای استخراج آب از خاک (تبخیر – تعرق حقیقی) تجاوز نموده و فراتر رود، کمبود یا تنش رطوبتی برای گیاه اتفاق می‌افتد که این عامل باعث کاهش رشد اندام‌های هوایی و ریشه گندم و در نهایت افت عملکرد دانه آن خواهد شد (۸).

مطابق نتایج جدول (۴) اثرات سازگاری[1] و ناسازگاری[2] تعدادی از عوامل آب و هوایی از طریق یکدیگر بر روی عملکرد دانه مشخص گردیده است. به عنوان مثال اثر مستقیم متوسط دمای سالیانه (۰/۴۳ns)، متوسط دمای حداقل (۰/۱۹ns) و حداقل دمای مطلق (۰/۱۵۲ns) بر روی عملکرد دانه تا حدودی مثبت می‌باشد. این در حالی است که همبستگی کل متوسط دمای سالیانه (۰/۳۶ns-) با عملکرد دانه به دلیل اثرات غیر مستقیم و منفی عوامل متوسط حداکثر دما (۰/۴۸ ns-) و میزان تبخیر از تشتک کلاس A (۰/۲۳ns-) منفی، همبستگی کل متوسط دمای حداقل (۰/۱۹ns) با عملکرد دانه به دلیل اثرات غیر مستقیم و منفی عوامل میزان تبخیر از تشتک کلاس A (۰/۴۲ ns-) و متوسط حداکثر دما (۰/۲۹ns-) منفی و همچنین همبستگی کل حداقل دمای مطلق با عملکرد دانه به دلیل اثرات غیر مستقیم و منفی عوامل متوسط میزان تبخیر از تشتک کلاس A (۰/۴۳ns-) و مجموع بارندگی سال زراعی (۰/۲۳ns-) به صورت منفی درآمده است (جدول ۴). همچنین بررسی نتایج به دست آمده از جدول (۴) نشان می‌دهد که اثر مستقیم تعداد روزهای یخبندان (۰/۴۴ns-) بر روی عملکرد دانه منفی و غیر معنی‌دار می‌باشد. این درحالی است که این اثر منفی در ضریب همبستگی کل این عامل (۰/۱۹ns-) با عملکرد دانه بسیار ناچیز است، زیرا که اثر مثبت و غیر مستقیم عامل میزان تبخیر از تشتک کلاس A (۰/۳۰ns) از طریق تعداد روزهای یخبندان بر روی عملکرد دانه باعث افزایش ضریب همبستگی کل گردیده است. بنابراین بین عوامل متوسط دمای سالیانه، متوسط دمای حداقل، حداقل دمای مطلق و تعداد روزهای یخبندان و عوامل یاد شده یک رابطه ناسازگاری وجود دارد و در بیشتر موارد، این ناسازگاری از طریق میزان تبخیر از تشتک کلاس A اعمال می‌گردد.

اثرات سازگاری عوامل آب و هوایی بر یکدیگر نیز در نتایج به دست آمده از این بررسی در جدول (۴) مشخص است. در این خصوص اثر مستقیم متوسط رطوبت نسبی هوا (۰/۱۳ns) و متوسط بارندگی سال زراعی (۰/۳۲ns) بر روی عملکرد دانه گندم دیم مثبت و غیرمعنی‌دار می‌باشد. این در حالی است که همبستگی کل متوسط رطوبت نسبی (۰/۷۴*) و متوسط بارندگی سال زراعی (۰/۸۱**) با عملکرد دانه به دلیل اثرات غیر مستقیم و مثبت عامل میزان تبخیر (به ترتیب ۰/۵۶ ns و ۰/۴۸ns) به صورت مثبت درآمده است (جدول ۴). بنابراین بین عوامل متوسط رطوبت نسبی هوا و متوسط بارندگی سال زراعی و میزان تبخیر از تشتک کلاس A یک رابطه سازگاری وجود دارد که این عامل به صورت غیر مستقیم اثر عوامل متوسط رطوبت نسبی هوا و متوسط بارندگی سال زراعی را بر روی عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری بیشتر از حد واقعی خود نشان می‌دهد.

در بین صفات مورد مطالعه در این پژوهش بیشترین اثر مستقیم (۰/۴۳ns) را بر روی عملکرد دانه عامل متوسط دمای سالیانه دارد (جدول ۴) که این اثر از لحاظ آماری غیر معنی‌دار است. این در حالی است که ضریب همبستگی کل این عامل با عملکرد دانه منفی (۰/۳۶ns-) اما غیرمعنی‌دار می‌باشد. مطالعه اثرات غیر مستقیم عامل متوسط دمای سالیانه بر عملکرد دانه نشان می‌دهد که متوسط حداکثر دما (۰/۴۸ns-) و میزان تبخیر از تشتک کلاس A (۰/۲۳ns-) بیشترین اثر غیر مستقیم و منفی را از طریق متوسط دمای سالیانه بر روی عملکرد دانه دارند و اثر مستقیم متوسط دمای سالیانه را بر روی عملکرد دانه در همبستگی کل خنثی و حتی معکوس می‌نمایند (جدول ۴).

مطالعه اثرات غیر مستقیم عوامل آب و هوایی نشان می‌دهد که در اکثر موارد اثرات غیر مستقیم عامل میزان تبخیر از تشتک کلاس A، بیشترین اثر را از طریق عوامل مورد مطالعه بر روی عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری دارد، اما اثر غیر مستقیم میزان تبخیر از تشتک کلاس A در هیچکدام از موارد یاد شده از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۴). بنابراین با استفاده از ضریب همبستگی کل و تجزیه علیت، اثرات واقعی عوامل اقلیمی مورد مطالعه بر روی عملکرد دانه گندم دیم مشخص گردید. همچنین از طریق مقدار اثرات مستقیم عوامل اقلیمی، می‌توان مقادیر اثرات مثبت عوامل مورد مطالعه (متوسط دما و مجموع بارندگی) را در عملکرد دانه به صورت زیر مرتب نمود:

در غلات دو عامل «تعداد دانه در واحد سطح» و «وزن دانه» تعیین کننده عملکرد اقتصادی است که واکنش آنها نسبت به شرایط مختلف آب و هوایی بسیار سریع و حساس می‌باشد (۸). در این میان بارندگی و درجه حرارت از جمله دو عامل بسیار مهم آب و هوایی هستند که از طریق تحت تأثیر قرار دادن میزان رطوبت و دمای خاک می‌توانند در تولید عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم بسیار مؤثر واقع شوند. بنابراین، این دو عامل به غیر از تحت تأثیر قرار دادن اندام‌های رویشی و زایشی گندم، بر رشد و نمو ریشه این گیاه، میزان جذب آب و مواد غذایی و در نهایت عملکرد دانه گندم دیم مؤثر واقع می‌شوند (۲۰ و ۲۱). مطابق مطالب یاد شده در این بررسی نیز بیشترین تأثیر مثب را در افزایش عملکرد دانه گندم دیم در منطقه مراغه، دو عامل متوسط دمای سالیانه و مجموع بارندگی سال زراعی دارند.

1 - Synergistic
2 - Antagonistic

رطوبت نسبی < حداقل دمای مطلق < متوسط حداقل دما < مجموع بارندگی < متوسط دما
تأثیر کمتر تأثیر متوسط تأثیر بیشتر

میخائیلس (۲۵) معتقد است که عملکرد محصولات دیم در اراضی حاشیه‌ای و فقیر غرب آمریکا بیشتر به تغییرات دما و بارندگی در سال‌های مختلف بستگی دارد. در این بررسی ضریب تغییرات عملکرد گندم دیم بیش از ۵۰ درصد بود که هر ساله حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد از زمین‌های زیر کشت به دلیل پائین بودن عملکرد به ویژه در حاشیه نواحی غربی که محصول غالب آن گندم دیم با آیش تابستانه است، از بین می‌روند. میرباقری و همکاران (۱۵) نیز با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، عملکرد گندم دیم را در بخش‌های مختلف استان زنجان تخمین زدند. آنان گزارش کردند که دو عامل بارندگی و دما در فصول مختلف رشد از عوامل بسیار مهم و تأثیرگذار بر تولید گندم دیم در این استان بشمار می‌روند. نتایج این پژوهش، با نتایج پژوهش‌های انجام گرفته توسط میخائیلس (۲۵) در آمریکا، میرباقری و همکاران (۱۵) در استان قزوین و حسینی و همکاران (۱) در استان کردستان مطابقت دارد.

با مقایسه نتایج به دست آمده از طریق رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت می‌توان چنین استنباط نمود که در رگرسیون گام به گام، عوامل تأثیرگذار به صورت مستقیم در عملکرد دانه لحاظ گردیده است، این در حالی است که در تجزیه علیت عوامل تأثیرگذار به صورت مستقیم و یا از طریق سایر عوامل بر روی عملکرد دانه شناسایی و معرفی گردید که در این بررسی دو عامل متوسط دمای سالیانه و مجموع بارندگی سال زراعی از عوامل تأثیرگذار اما غیر معنی‌دار از لحاظ آماری در عملکرد دانه گندم دیم شناخته شده‌اند. اما بیشترین اثر منفی‌دار را بر عملکرد دانه میزان تبخیر از تشتک کلاس A به خود اختصاص داده است. به عبارت دیگر با افزایش میزان تبخیر از تشتک کلاس A عملکرد دانه گندم دیم به طور معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد کاهش نشان می‌دهد. این در حالی است که در رگرسیون گام به گام از بین ۹ عامل آب و هوایی مورد بررسی، تنها عامل مجموع بارندگی سال زراعی عامل مؤثر و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر روی عملکرد دانه تشخیص داده شد. در صورتی که در روش تجزیه علیت اثر مجموع بارندگی سال زراعی در اولویت دوم و پس از متوسط دمای سالیانه قرار دارد. همچنین در روش تجزیه علیت میزان تبخیر از تشتک کلاس A از مهم‌ترین عوامل آب و هوایی است که به طور غیر مستقیم و از طریق سایر عوامل آب و هوایی بر روی عملکرد دانه گندم دیم تأثیر می‌گذارد، اما این عامل در رگرسیون گام به گام هیچ جایگاهی را در توجیه تابع ندارد.

جدول ٤- اثرات مستقیم و غیرمستقیم (ضریب مسیر) عوامل آب و هوایی بر روی عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری در منطقه مراغه (n = ۱۰).

عامل	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم								همبستگی کل
		ساعات آفتابی روزانه	میزان تبخیر	رطوبت نسبی	تعداد روزهای یخبندان	متوسط دما	متوسط حداکثر دما	متوسط حداقل دما	حداقل دمای مطلق	مجموع بارندگی	
ساعات آفتابی روزانه	ns-۰/۱۰۱		ns-۰/۳۸۲	ns-۰/۰۶۹	ns-۰/۰۵۱	ns۰/۱۴۵	ns-۰/۱۳۰	ns-۰/۰۰۲	ns۰/۰۳۶	ns-۰/۱۴۸	-۰/۷۰۳*
میزان تبخیر	**-۰/۷۷۷	ns-۰/۰۵۰		ns-۰/۰۹۶	ns۰/۱۶۷	ns۰/۱۲۶	ns-۰/۱۱۵	ns۰/۱۰۳	ns۰/۰۸۰	ns-۰/۱۹۵	-۰/۷۵۶**
رطوبت نسبی	ns۰/۱۲۹	ns۰/۰۵۴	ns۰/۵۷۵		ns-۰/۱۱۱	ns-۰/۲۸۹	ns۰/۲۷۴	ns-۰/۰۴۸	ns-۰/۰۶۸	ns۰/۲۲۲	۰/۷۳۸*
تعداد روزهای یخبندان	ns-۰/۴۳۵	ns-۰/۰۱۲	ns۰/۲۹۸	ns۰/۰۳۳		ns-۰/۱۰۶	ns۰/۱۱۳	ns-۰/۰۲۱	ns۰/۰۰۱	ns-/۰۶۱	ns-۰/۱۹۱
متوسط دما	ns۰/۴۳۲	ns-۰/۰۳۴	ns-۰/۲۲۷	ns-۰/۰۸۶	ns۰/۱۰۷		ns-۰/۴۷۷	ns۰/۰۳۹	ns۰/۰۵۳	ns-۰/۱۶۵	ns-۰/۳۵۸
متوسط حداکثر دما	ns-۰/۵۸۷	ns-۰/۰۲۲	ns-۰/۱۵۲	ns-۰/۰۶۰	ns۰/۰۸۴	ns۰/۳۵۱		ns۰/۰۹۲	ns۰/۰۳۴	ns-۰/۱۰۴	ns-۰/۳۶۴
متوسط حداقل دما	ns۰/۱۹۰	ns۰/۰۰۱	ns-۰/۴۲۲	ns۰/۰۳۳	ns۰/۰۴۷	ns۰/۰۹۰	ns-۰/۲۸۵		ns۰/۰۸۸	ns-۰/۱۲۱	ns-۰/۴۴۵
حداقل دمای مطلق	ns۰/۱۴۵	ns-۰/۰۲۵	ns-۰/۴۲۷	ns-۰/۰۶۰	ns-۰/۰۰۲	ns۰/۱۵۹	ns-۰/۱۳۶	ns۰/۱۱۵		ns-۰/۲۳۱	ns-۰/۴۶۳
مجموع بارندگی	ns۰/۳۱۸	ns۰/۰۴۷	ns۰/۴۶۷	ns۰/۰۹۰	ns۰/۰۸۴	ns-۰/۲۲۵	ns۰/۱۹۲	ns-۰/۰۷۲	ns-۰/۱۰۵		۰/۸۰۵**

*، ** و ns : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیر معنی‌دار

منابع

۱- حسینی، س.م. ط.، ع. سی و سه مرده، پ. فتحی، م. سی و سه مرده. ۱۳۸۶. کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره در برآورد عملکرد گندم دیم منطقه قروه استان کردستان. پژوهش کشاورزی. جلد ۷، شماره ۱. ص ۵۴-۴۱.

۲- سالار دینی، ع. ا. ۱۳۷۱. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۴۱ ص.

۳- سجادی، ا. ۱۳۶۱. فیزیولوژی رشد و نمو گندم. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره ۶۲۲. ۳۳ ص.

۴- سیدقیاسی، م. ۱۳۷۰. مطالعه خاکشناسی تفضیلی اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه. مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان‌شرقی. نشریه شماره ۴۹۵. ۲۷ ص.

۵- طلیعی، ع. ا. ۱۳۷۸. گزارش نهایی الگو و احتمالات ریزش بارندگی و تأثیر آن بر عملکرد دیمزارها. انتشارات مرکز تحقیقات کشاورزی کرمانشاه. ۷۰ ص.

۶- فیضی اصل، و. و غ. ر. ولیزاده. ۱۳۸۳. اثر کاربرد توأم فسفر و روی در غلظت عناصر غذایی و عملکرد گندم دیم رقم سرداری *"Triticum aestivum L."*. مجله علوم زراعی. جلد ۶، شماره ۳. ص ۲۳۸-۲۲۳.

۷- قلی پور، م. و ا. سلطانی. ۱۳۸۴. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر خصوصیات رشدی و عملکرد دانه گندم زمستانی در شرایط دیم و فاریاب تبریز با استفاده از شبیه سازی. مجله دانش کشاورزی. جلد ۱۵، شماره ۳. ص ۱۷۶-۱۶۳.

۸- کافی، م.، ع. گنجعلی، ا. نظامی و ف. شریعتمداری. ۱۳۷۹. آب و هوا و عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۱۱ ص.

۹- محمودی، ح. ۱۳۷۹. نتایج آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم کشور ۷۹ - ۱۳۷۷. انتشارات مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم. مراغه. ۳۲ ص.

۱۰- محمودی، ح. ۱۳۸۰. نتایج آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم کشور ۸۰ - ۱۳۷۹. انتشارات مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم. مراغه. ۳۲ ص.

۱۱- محمودی، ح. ۱۳۸۱. نتایج آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم کشور ۸۱ - ۱۳۸۰. انتشارات مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم. مراغه. ۲۸ ص.

۱۲- محمودی، ح. ۱۳۸۲. نتایج آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم کشور ۸۲ - ۱۳۸۱. انتشارات مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم. مراغه. ۲۶ ص.

۱۳- محمودی، ح. ۱۳۸۳. نتایج آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم کشور ۸۳ - ۱۳۸۲. انتشارات مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم. مراغه.۳۱ ص.

۱۴- محمودی، ح. ۱۳۸۴. نتایج آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم کشود ۸۴ - ۱۳۸۳. انتشارات مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم. مراغه. ۲۹ ص.

۱۵- میرباقری و.، ع. ا. آبکار و ر. مهرورزان. ۱۳۸۴. تخمین عملکرد گندم دیم استان زنجان با استفاده از داده‌های ماهواره‌های SPOT_Vegetation و TERRA_MODIS و پارامترهای اقلیمی. همایش ژئوماتیک ۸۴. تهران - سازمان نقشه برداری کشور. ۱۲ ص.

۱۶- نورمند مؤید، ف. ۱۳۷۶. بررسی تنوع صفات کمّی و رابطه آنها با عملکرد گندم نان «*Triticum aestivum*» در شرایط دیم و آبی و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ۱۲۷ ص.

17- Amani, I., R.A. Fischer and M.P. Reynolds. 2008. Canopy temperature depression association with yield of irrigated spring wheat cultivars in a hot climate. J. Agron. Crop Sci. 176(2): 119 – 129.

18- Black, C.A. 1993. Soil fertility evaluation and control. Lewis Publishers. USA. 746 Pages.

19- Blum, A., L. Shpiler, G. Golan and J. Mayer. 1989. Yield stability and canopy temperature of wheat genotypes under drought-stress. Field Crops Res. 22 (4): 289-296.

20- Croissant, R. L., G.A. Peterson and D.G. Westfall. 1998. Dryland cropping systems. Colorado State University, Cooperative Extension. Bulletin No. 0.516.

21- Fageria, N.K., V.C. Baligar, and C.A. Jones. 1997. Growth and mineral nutrition of field crops. Marcel Dekker, Inc. 624 pages.

22- Guarienti, E.M., F.C. César., R.C. Gilberto, A.D. Leo de Jesus and O.C. Celina Maria. 2003. Evaluation of the effect of climate variables on industrial wheat quality and on grain yield using principal component analysis. Ciênc. Tecnol. Aliment. 23 (3): 500-510.

23- Kumar Das, D. 1997. Introductory soil science. Kalyani Publishers, India. 501 Pages.

24- Mass. E.V., and G.J. Haffman. 1977. Crop salt tolerance current assessment. J. Irrig. Drainage Div. Am. Soc. Civil.

Eng. 103: 115-134.
25- Michaels, P.J. 1985. Economic and climatic factors in "acreage abandonment" over marginal cropland. Climatic Change 7:185-202.
26- Rosenzweig, C., and W.E. Reibsame. 1989. Great Plains. p. 353-370. In: Lawson, M.P., and M.E. Baker (eds.). The Great Plains: Perspectives and Prospects. Lincoln: University of Nebraska Press.
27- Saradon, S.J., and M.C. Gianibelli. 1992. Effect of foliar spraying of urea during or after anthesis on dry matter and nitrogen accumulation in the grain of two wheat cultivars of *T. aestivum L.* Fer .Res. 31: 79-84
28- Warrick, R.A., and M.J. Bowden. 1981. The changing impacts of drought in the Great Plains. p. 111-137. In: Lawson, M.P., and M.E. Baker (eds.). The Great Plains: Perspectives and Prospects. Lincoln: University of Nebraska Press.