

رابطه متغیرهای اقلیمی با عملکرد و طول دوره‌ی مراحل رشد ذرت و گندم آبی در حسن آباد داراب، استان فارس

حدیث صادقی^۱، قاسم عزیزی^۲، سعید بازگیر^۳

^۱ دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی کشاورزی گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

^۲ دانشیار آب و هواشناسی گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

^۳ استادیار هواشناسی کشاورزی گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

نویسنده مسئول: sbazgeer@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۴ / تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۳

چکیده

اقلیم یکی از عوامل اصلی و تعیین‌کننده در تولید محصولات کشاورزی است. در این تحقیق ارتباط میان متغیرهای اقلیمی با عملکرد و همچنین طول دوره‌ی مراحل رشد ذرت و گندم مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور آمار مربوط به عملکرد، تعداد روزهای مراحل رشد و همچنین متغیرهای اقلیمی شامل کمینه، متوسط و بیشینه دما، دمای کمینه سطح زمین، ساعات آفتابی، تبخیر، کمینه، متوسط و بیشینه رطوبت نسبی و همچنین رطوبت نسبی ساعت ۰۹ و ۱۵ گرینویچ، مجموع بارش، تعداد روزهای بارانی ۰/۱ و ۱، ۵ میلی‌متر و بیشتر برای دوره زمانی ۱۹ ساله‌ی ۱۳۷۵-۱۳۷۴ تا ۱۳۹۳-۱۳۹۲ از ایستگاه تحقیقات هواشناسی کشاورزی داراب در استان فارس گردآوری شد. با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون و معادلات رگرسیون تحلیل‌های آماری لازم صورت گرفت. براساس نتایج این تحقیق، تبخیر و بیشینه رطوبت نسبی بیشترین همبستگی را با طول کل فصل رشد ذرت داشتند (ضریب همبستگی ۰/۸۰۷). در خصوص گندم، بیشترین همبستگی بین متغیرهای کمینه و بیشینه رطوبت نسبی و طول دوره‌ی رشد مرحله‌ی خوشه‌دهی مشاهده شد (ضریب همبستگی ۰/۸۶۷). همچنین نتایج نشان داد که بیشترین میزان تأثیر متغیرهای اقلیمی روی عملکرد ذرت، در مرحله‌ی سه‌برگی رخ داده است، به طوری که در این مرحله از رشد متغیرهای کمینه و متوسط رطوبت نسبی بیشترین همبستگی را با عملکرد داشتند (ضریب همبستگی ۰/۸۹۰). برای گندم بیشترین همبستگی بین عملکرد گندم و رطوبت نسبی در ساعت ۰۹ گرینویچ در مرحله‌ی رسیدن مشاهده شد (ضریب همبستگی ۰/۶۷۴). همچنین نتایج نشان دهنده دقت مناسب مدل‌های وایزی (رگرسیون) در تخمین طول دوره‌ی رشد و هم‌ینطور عملکرد ذرت و گندم بود.

کلیدواژه: اقلیم‌شناسی کشاورزی، تخمین عملکرد محصول، ذرت، گندم، مدل آماری

مقدمه

وضعیت اقلیم یک عامل تعیین‌کننده اصلی در تولید محصولات کشاورزی است، به طوری که هر یک از مشخصات اقلیمی به طور مستقیم بر عملکرد محصولات اثر می‌گذارد (مساعدی و کاهه، ۱۳۸۷). گرمایش جهانی یکی از تأثیرات اساسی تغییر اقلیم بوده که منجر به افزایش دمای شبانه‌روزی شده است. در این میان دمای کمینه (شب‌هنگام) بیشتر از دماهای بیشینه (روزهنگام) افزایش یافته و همچنین دامنه دما در زمستان و بهار بیشتر از تابستان و پاییز افزایش یافته است (فان و همکاران، ۲۰۱۵). در کنار افزایش دما، تغییراتی در الگوهای بارش، افزایش در تغییرپذیری اقلیمی و خطرات بالای ناشی از رخداد رویدادهای حدی اقلیمی نیز رخ خواهد داد (هوگی و همکاران، ۲۰۱۳).

اقلیم نقش بسیار مهمی در تعیین میزان تولید، بهره‌وری و سطح زیر کشت انواع گونه‌های گیاهی دارد. دما، بارش و غلظت دی‌اکسید کربن تأثیر قابل توجهی بر روی محصولات کشاورزی دارند، به گونه‌ای که تغییر هر یک از آنها میزان تولید محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. حتی برای محصولاتی که به خوبی با شرایط محیط سازگاری یافته‌اند، تأثیر اقلیم بر روی عملکرد مهم است (راج پاداگانندل، ۲۰۱۶). تمامی کشورهای جهان چه پیشرفته و چه در حال توسعه، به وضعیت اقلیمی بسیار وابسته هستند، به طوری که تغییرات آن بر بسیاری از بخش‌های اقتصادی و حتی اجتماعی و سیاسی آنها اثرگذار خواهد بود. به نظر میرسد که در این میان بخش کشاورزی حساس‌تر و آسیب‌پذیرتر باشد.

شخص اقلیمی را در ۵ موقعیت مکانی در شمال شرق ایران در طول دوره ۱۹۸۳ تا ۲۰۰۸ بررسی کردند. نتایج تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی حاکی از این بود که در موقعیت‌های مکانی مختلف، متغیرهای مؤثر بر مراحل مختلف رشد گندم متنوع است. اما به‌طور کلی، الگوی زمانی بارش و تخیروتعرق محدودکننده‌ترین فاکتورها برای گندم دیم در شمال شرق ایران می‌باشند. راثو و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از روش‌های آماری به ارزیابی تأثیر دما بر روی عملکرد گندم در سراسر کشور هند در طول دوره ۱۹۸۰-۲۰۱۱ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که عملکرد گندم به‌ویژه در طول دوره گلدهی به دمای کمینه حساس می‌باشد. نتایج آنها نشان داد که در دوره ۲۰۱۱-۱۹۸۰ به‌ازای هر ۱ درجه سلسیوس افزایش دمای کمینه، عملکرد گندم ۷٪ کاهش داشته است. لیکر و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی خود به این نتیجه دست یافتند که، تغییر اقلیم احتمالاً روند عملکرد گندم زمستانه را در دشت‌های شمالی فرانسه و منطقه روستوروسیه تا حدود ۱۱٪ کاهش می‌دهد. همچنین سان و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از مدل‌های وایزای رابطه متغیرهای اقلیمی را با عملکرد محصول ذرت در ایالت سیرا آواقع در برزیل بررسی کردند و یک ضریب اقلیمی را به‌منظور اندازه‌گیری شدت خشکسالی به‌عنوان بهترین متغیر در تخمین عملکرد ذرت ارائه کردند. در ایران نیز مطالعات زیادی با بهره‌گیری از روش‌های آماری انجام شده است. از جمله آنها می‌توان به مطالعه عزیزی و یارحمادی (۱۳۸۲) و قهرمان و همکاران (۱۳۸۸) اشاره کرد که با استفاده از مدل‌های وایزای (رگرسیون) ارتباط متغیرهای اقلیمی را با عملکرد گندم دیم بررسی کردند. سبزی‌پرور و همکاران (۱۳۹۱) تأثیر متغیرهای اقلیمی را بر روی عملکرد گندم آبی و دیم طی دوره ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۷ در همدان بررسی کردند که نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده حساسیت بالاتر گندم دیم نسبت به متغیرهای اقلیمی بود. فرج‌زاده و همکاران (۱۳۸۸) نیز اثر تغییرپذیری دما (کمینه، بیشینه و متوسط ماهانه دما و کمینه و بیشینه مطلق دما) و بارش را بر روی عملکرد گندم دیم در استان خراسان رضوی بررسی کردند و براساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد که به ترتیب کمترین و بیشترین اثر تغییرپذیری متغیرهای مذکور بر روی عملکرد گندم مربوط به ایستگاه‌های تربت‌جام و کاشمر بود. عمدتاً غالب مطالعات بر سادگی و کارآمدی مدل‌های وایزای تأکید داشته‌اند. به‌طور کلی، اکثر مطالعات مذکور به بررسی اثر متغیرهای اقلیمی (عمدتاً بارش و دما) بر روی عملکرد محصولات کشاورزی پرداخته‌اند. در این پژوهش سعی شده که با استفاده از مدل‌های آماری ضمن بررسی تأثیر متغیرهای مختلف اقلیمی بر روی عملکرد ذرت و گندم، تأثیر متغیرهای مختلف اقلیمی روی طول دوره‌ی مراحل رشد ذرت و گندم نیز بررسی شود.

به‌طور کلی، تغییر اقلیم می‌تواند در مقیاس منطقه‌ای و جهانی بر دما و بارش که فاکتورهای کلیدی مؤثر بر تولید کشاورزی هستند، تأثیرگذار باشد. در بسیاری از مطالعات دما را به‌عنوان مهم‌ترین فاکتور مؤثر بر تولید محصولات کشاورزی و در برخی دیگر بارش را مهم‌ترین فاکتور دانسته‌اند. به‌عنوان مثال، لابل و فیلد (۲۰۰۷) در یک تجزیه و تحلیل جهانی دریافتند که دما تأثیر قوی‌تری بر تغییرات عملکرد محصولات دارد. آنها کاهش ۰/۶ تا ۸/۹ درصدی را در متوسط عملکرد محصولات گندم، برنج، ذرت، جو، سویا و سورگوم به‌ازای هر ۱ درجه سلسیوس افزایش در دمای جهانی را گزارش کردند. این در حالی است که، در کشوری مانند هند، بارش به‌عنوان کلیدی‌ترین عامل مؤثر بر تولید محصولات کشاورزی گزارش شده است (لی و همکاران، ۲۰۱۰). چالینور و همکاران (۲۰۰۳) طی مطالعه‌ای نشان دادند که، ۵۰ درصد تغییرپذیری عملکرد در کشور هند می‌تواند توسط تغییرپذیری کل بارش فصلی از ۱۹۶۶ تا ۱۹۹۵ توضیح داده شود. اما به‌طور کلی، در میان متغیرهای اقلیمی تأثیرات دما بر روی رشد و عملکرد محصولات بسیار حائز اهمیت است. در بسیاری از مطالعات دیده شده که دماهای بالا و غلظت بالای CO₂ جو بر روی رشد محصولات تأثیر می‌گذارد (تیموتی و همکاران، ۲۰۰۰). به‌عنوان مثال پنگ و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که عملکرد دانه برنج در فلیپین در طول دوره ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۳ به‌ازای هر ۱ درجه سلسیوس افزایش دمای کمینه در طول فصل رشد حدود ۱۰ درصد کاهش یافته است. تغییرات ناگهانی دما در سال ۲۰۰۳ در اروپا باعث کاهش ۳۰ درصدی تولید ذرت شد (کامبوزیا و همکاران، ۱۳۹۳). بنابراین تغییرات اخیر اقلیمی یک تأثیر قابل اندازه‌گیری بر روی عملکرد محصولات کشاورزی دارد. به‌طور کلی، ۶ محصول عمده در دنیا گندم، برنج، ذرت، سویا، جو و سورگوم است که این محصولات در ۴۰ درصد کشتزارهای دنیا تولید می‌شوند و ۵۵ درصد کالری موردنیاز را تأمین می‌کنند (لابل و فیلد، ۲۰۰۷). از این‌رو شناخت فاکتورهای مؤثر بر عملکرد، برای تخمین عملکرد و همچنین بهبود راهکارهای مدیریتی در مقیاس منطقه‌ای مهم است. در همین راستا در طول سال‌های اخیر مطالعات زیادی به بررسی اثر اقلیم بر روی عملکرد محصولات کشاورزی پرداخته‌اند که تعدادی از این مطالعات در بررسی خود از روش‌های آماری استفاده کرده‌اند. به‌عنوان مثال، شریف و همکاران (۲۰۱۷) به‌منظور تخمین عملکرد دانه روغنی کلزا از چندین روش وایزای (رگرسیون) استفاده کردند و به این نتیجه دست یافتند که در تمامی مدل‌ها رابطه مثبتی میان عملکرد با دما در طول مرحله گلدهی مشاهده شد. گازنات و وچسانگ (۲۰۱۶) نیز با استفاده از مدل‌های وایزای تأثیر متغیرهای اقلیمی را بر روی عملکرد ذرت و گندم ارزیابی کردند. بنایان و همکاران (۲۰۱۶) برای دستیابی به شناخت بهتری از اثر اقلیم بر روی مراحل مختلف رشد گندم دیم، اثر ۶

2 Rostov

3 Ceara

1 Regression

مواد و روش‌ها

در این تحقیق به منظور بررسی تأثیر متغیرهای مختلف اقلیمی بر روی مراحل مختلف رشد ذرت و گندم آبی حسن‌آباد داراب واقع در استان فارس به عنوان ناحیه مورد مطالعه انتخاب شد. دشت داراب در جنوب شرقی استان فارس و در محدوده ۵۴ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۴۷ دقیقه طول شرقی و ۲۸ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۴۹ دقیقه عرض شمالی در فاصله ۲۵۰ کیلومتری از شیراز واقع شده است. شهرستان داراب از غرب به جهرم و فسا، از شرق به هرمزگان، از شمال به نیریز و استهبان و از جنوب به زرین دشت و لارستان منتهی می‌گردد. این منطقه دارای اقلیمی گرم و خشک می‌باشد که اقلیم غالب آن به حساب می‌آید (سپاسخواه و حسن‌لی، ۱۳۷۹) (شکل ۱). داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل عملکرد، تعداد روزهای مراحل رشد گندم و ذرت (جدول ۱) و همچنین متغیرهای اقلیمی برای دوره زمانی ۱۹ ساله‌ی ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۳ می‌باشد که از مرکز تحقیقات هواشناسی کشاورزی داراب فارس تهیه شدند. در جدول (۲) متغیرهای اقلیمی مورد استفاده در این پژوهش نشان داده شده است. در این تحقیق به منظور بررسی رابطه متغیرهای اقلیمی به عنوان متغیرهای مستقل با عملکرد و همچنین طول دوره‌ی مراحل مختلف رشد ذرت و گندم به عنوان متغیرهای وابسته از آزمون همبستگی پیرسون و مدل‌های وایزی گام به-گام استفاده شد تا بدین ترتیب متغیرهای مؤثر بر متغیر وابسته شناخته شده و بهترین مدل برای توجیه تغییرات متغیر وابسته (عملکرد و طول دوره مراحل مختلف رشد ذرت و گندم) استخراج گردد. لازم به ذکر است که، در مواردی که مدل گام به گام از نظر آماری معنی‌دار نبود، از روش حذف پس رو^۴ استفاده شد. به‌طور کلی، مدل وایزی گام به-گام به منظور انتخاب مهم‌ترین زیر مجموعه از متغیرها در یک مدل خطی چند متغیره به کار می‌رود. این روش همه ترکیب‌های ممکن از متغیرهای پیش‌بینی کننده را ایجاد و در نهایت بهترین مدل را انتخاب می‌کند. مدل وایزی گام به گام، شامل دو روش پیش رونده^۵ و حذف پس رو می‌باشد. این روش زمانی که تعداد متغیرهای مستقل زیاد است، مفید می‌باشد و سبب می‌شود که مدلی با دقت بیشتر و تعداد متغیرهای کمتر ایجاد شود (مساعدی و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین به منظور ارزیابی دقت و صحت کارایی مدل‌های وایزی مربوط به طول دوره‌ی مراحل مختلف رشد و هم‌منظور عملکرد ذرت و گندم، اعتبارسنجی انجام شد؛ بدین‌گونه که، داده‌های سه سال (شامل یک سال بالاتر از میانگین کل، یک سال پایین‌تر از میانگین کل و یک سال نزدیک به عدد میانگین کل) برای اعتبارسنجی مدل‌ها کنار گذاشته شده و با داده‌های باقیمانده (۱۶ سال)، مدل‌سازی انجام شد. از این‌رو سال‌هایی که برای اعتبارسنجی مدل‌های آماری انتخاب شدند، در مدل‌سازی شرکت

داده نشدند (جدول ۳). همچنین به منظور تخمین دقت معادلات آماری، مقدار انحراف نسبی آن‌ها از رابطه (۱) محاسبه شد (بازگیر، ۱۳۹۴).
رابطه (۱)

$$RD = (Y_e - Y_a) / Y_a \times 100$$

در این رابطه Y_e مقدار تخمینی عملکرد محصول توسط مدل آماری، عملکرد برحسب کیلوگرم در هکتار و Y_a مقدار واقعی عملکرد (بر حسب کیلوگرم در هکتار) می‌باشند. در خصوص طول دوره رشد، Y_a و Y_e به ترتیب عبارت از طول دوره‌ی تعداد روزهای تخمینی توسط مدل و مقدار واقعی طول مراحل رشد می‌باشند. در شکل (۲) میزان عملکرد ذرت و گندم در داراب فارس در طول دوره آماری مورد مطالعه نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، برای هر یک از محصولات مورد بررسی میزان عملکرد در طول سال‌های مورد مطالعه متفاوت و دارای نوسان بوده که علت آن را می‌توان اقلیم خشک منطقه و تأثیر قابل توجه پارامترهای اقلیمی دانست. با توجه به شکل (۲)، بیشترین میزان عملکرد گندم در سال ۱۳۹۱ (۹۶۸۰ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین میزان عملکرد ذرت در سال ۱۳۸۳ (۱۳۸۴۳ کیلوگرم در هکتار) رخ داده است. همچنین از آنجا که بارش و دما دو عامل بسیار مهم اقلیمی می‌باشند که از طریق تحت تأثیر قرار دادن میزان رطوبت و دمای اعماق خاک می‌توانند در تولید عملکرد بسیار مؤثر واقع شوند (فیضی‌اصل و همکاران، ۱۳۸۹)، ارتباط متغیرهای مجموع بارش روزانه (میلی‌متر)، دماهای بیشینه، میانگین و کمینه هوا (درجه سلسیوس) در مقیاس زمانی ماهیانه فصل رشد گیاه (ماه‌های تیر تا آذر برای محصول ذرت و ماه‌های آبان تا خرداد برای محصول گندم) با عملکرد محصول بررسی شد.

رابطه بین متغیرهای اقلیمی و طول دوره‌ی مراحل مختلف رشد ذرت

نتایج تحلیل همبستگی بین متغیرهای اقلیمی مورد مطالعه و طول دوره‌ی مراحل مختلف رشد ذرت نشان داد که، طول دوره‌ی اکثر مراحل رشد ذرت به‌طور قابل توجهی بیش از سایر متغیرهای اقلیمی، تحت تأثیر تغییرات دما قرار داشتند؛ در این میان قابل توجه‌ترین و بیشترین رابطه مشاهده شده، رابطه معکوس و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد میان متغیرهای دما (کمینه، متوسط، بیشینه و دمای کمینه سطح زمین) و طول دوره‌ی رشد در مرحله برگ‌دهی بود. این مرحله از رشد به‌طور میانگین از ۱۴ مرداد شروع و در ۱۳ شهریور خاتمه می‌یابد و براساس یافته‌های به‌دست آمده مشخص شد که دمای بیشینه بیش از دماهای میانگین و کمینه، بر روی طول این مرحله از رشد ذرت تأثیر دارد (۰/۶۶۴/۱- r^2). از این‌رو به نظر می‌رسد که، به‌ازای افزایش هر یک درجه سلسیوس دمای هوا، رشد مرحله برگ‌دهی در مدت زمان کوتاه

⁴ Stepwise

⁵ Backward Method

⁶ Forward Method

پژوهش (جدول ۲) بودند. در مراحل سه‌برگی و ظهور گل‌آذین‌نر رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد میان متوسط رطوبت نسبی و عملکرد مشاهده شد (به ترتیب $r=0/463$ و $r=0/547$). این در حالی است که، در مرحله برگ‌دهی میان تعداد روزهای بارانی ۰/۱ میلی‌متر و بیشتر با عملکرد ($r=0/513$) و در مرحله سه‌برگی میان تعداد روزهای بارانی ۵ میلی‌متر و بیشتر با عملکرد ($r=-0/493$) رابطه منفی و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ملاحظه گردید. از سوی دیگر براساس نتایج حاصله، بیشترین میزان همبستگی قابل توجه و معنی‌دار میان متغیرهای مورد مطالعه دما و عملکرد ذرت، تنها در مرحله گل‌دهی خوشه‌نر بین دمای کمینه و عملکرد ($r=-0/591$) در سطح احتمال ۱ درصد رخ داد. بدین ترتیب می‌توان ادعان داشت که، بالا رفتن دمای کمینه در این مرحله از رشد تأثیر منفی بر عملکرد دانه ذرت داشته که بررسی روند سال به سال عملکرد و دمای کمینه در این مرحله از رشد به‌وضوح نشان‌دهنده این مسئله بود. به‌طور کلی افزایش دماهای کمینه باعث می‌گردد، در شب که به دلیل عدم وجود نور فتوسنتز صورت نمی‌گیرد، تنفس به صورت فوق‌العاده‌ای افزایش یابد. از آنجائیکه درجه حرارت مطلوب فتوسنتز پایین‌تر از درجه حرارت مطلوب تنفس است، با تجاوز دما از حد مطلوب فتوسنتز درجه حرارت به دمای مطلوب تنفس نزدیک می‌شود و به تبع آن تنفس به‌شدت افزایش می‌یابد و از میزان فتوسنتز کاسته می‌شود. عملکرد بیولوژیک نیز که به‌میزان فتوسنتز منهای تنفس بستگی دارد، کاهش می‌یابد. با توجه به همبستگی بالای عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک، با کاهش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه نیز کم می‌شود (دلقتندی، ۱۳۹۱).

رابطه بین متغیرهای اقلیمی و عملکرد گندم

نتایج تجزیه و تحلیل همبستگی میان متغیرهای اقلیمی مورد مطالعه در این پژوهش و عملکرد گندم به‌وضوح نشان داد که مرحله رسیدگی گندم بیش از سایر مراحل رشد تحت تأثیر متغیرهای اقلیمی مورد مطالعه بود. این مرحله از رشد تقریباً از اواخر اردیبهشت شروع و در اوایل خرداد ماه خاتمه می‌یابد و به‌طور متوسط ۱۲ روز طول می‌کشد. در این مرحله از رشد گندم، بیشترین همبستگی میان متوسط رطوبت نسبی ساعت ۱۵ و عملکرد ($r=0/606$) در سطح احتمال ۱ درصد ملاحظه گردید. علاوه بر این رابطه میان تبخیر و عملکرد در طول تمامی مراحل رشد گندم منفی بود، که این مسئله اهمیت بالا رفتن دما و افزایش تبخیر را نشان می‌دهد. در این میان قابل‌توجه‌ترین رابطه مشاهده شده میان تبخیر و عملکرد، در طول مراحل جوانه‌زنی ($r=0/520$) و رسیدن ($r=-0/511$) در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده شد. به‌طور کلی، افزایش دما، تبخیر و تعرق، تعرق گیاهان و تبخیر رطوبت خاک را تسریع می‌بخشد. دماهای بالا می‌تواند فعالیت آنزیم فتوسنتزی را کاهش دهد و ساختار کلروپلاست را از بین ببرد و منافذ هوا را مسدود کند که این موارد فتوسنتز را تحت تأثیر قرار می‌دهند. شدت افزایش

تری صورت خواهد گرفت. همچنین رابطه ضعیف میان متغیرهای رطوبتی و بارشی با طول دوره‌ی مراحل مختلف رشد ذرت نشان داد که متغیرهای مذکور تنها عوامل مؤثر بر طول دوره‌ی رشد ذرت نمی‌باشند. با این وجود، همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد میان رطوبت نسبی بیشینه ($r=0/545$)، رطوبت نسبی کمینه ($r=0/492$) و رطوبت نسبی ساعت ۰۹ ($r=0/456$) با طول دوره‌ی مرحله سه‌برگی شایان توجه بود. این مرحله از رشد جزء مراحل اولیه رشد ذرت بوده که حدوداً از اواخر تیر و اوایل مرداد ماه شروع شده و در اواسط مرداد ماه پایان می‌یابد و به‌طور متوسط ۱۳ روز طول می‌کشد.

رابطه بین متغیرهای اقلیمی و طول دوره‌ی مراحل مختلف رشد گندم

بررسی نتایج تحلیل همبستگی بین متغیرهای اقلیمی و طول دوره‌ی مراحل مختلف رشد گندم نشان‌دهنده ارتباط قابل‌توجه و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد، میان متغیرهای رطوبتی و بارشی مورد مطالعه در این پژوهش (جدول ۲) و طول دوره‌ی مرحله خوشه‌دهی و به‌دنبال آن مراحل گلدهی، سبز شدن و جوانه‌زنی بود. در میان مراحل مذکور، طول دوره‌ی مرحله خوشه‌دهی با تمام متغیرهای رطوبتی و بارشی همبستگی مثبت و معنی‌داری را در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد نشان داد، به‌طوری‌که در این مرحله از رشد بیشترین میزان ضریب همبستگی بین متغیر رطوبت نسبی کمینه و طول دوره‌ی رشد ($r=0/842$)، در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد. مرحله خوشه‌دهی گندم از مراحل حساس به تنش آبی است و کمبود آب در این مرحله از رشد سبب ایجاد نوعی عدم تعادل گردش آب در گیاه می‌گردد که به‌موجب آن تأثیر منفی بر روی سوخت و ساز گیاه می‌گذارد (نورمحمدی، ۱۳۸۹). از سوی دیگر، نتایج ضرایب همبستگی میان متغیرهای مورد مطالعه دما و طول دوره‌ی مراحل رشد گندم نشان دهنده این بود که در بین ده مرحله‌ی رشد گندم تنها در مراحل خوشه‌دهی و ساقه‌دهی همبستگی قابل‌توجه و معنی‌داری مشاهده شد، به طوری‌که همبستگی معکوس و معنی‌داری میان دمای بیشینه ($r=0/606$) و همینطور دمای کمینه ($r=-0/528$) و طول دوره‌ی رشد در مرحله خوشه‌دهی به‌ترتیب در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد مشاهده شد. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد میان دمای بیشینه ($r=0/464$) و متوسط دما ($r=0/464$) با طول دوره‌ی ساقه‌دهی شایان توجه بود.

رابطه بین متغیرهای اقلیمی و عملکرد ذرت

نتایج آزمون همبستگی میان متغیرهای اقلیمی و عملکرد در مراحل مختلف رشد ذرت حاکی از این بود که، مراحل ابتدایی رشد شامل مراحل سه‌برگی، برگ‌دهی و ظهور گل‌آذین‌نر بیش از سایر مراحل رشد تحت تأثیر متغیرهای رطوبتی و بارشی مورد مطالعه در این

آماري میان متغیرهای دما و عملکرد مشاهده نشد، اما نتایج بدست آمده حاکی از این بود که، متغیرهای کمینه، متوسط و بیشینه دما در طول ماه‌های آذر، بهمن، فروردین و اردیبهشت رابطه معکوسی با عملکرد گندم نشان دادند. افزایش دما خصوصاً در ماه‌های پایانی فصل رشد (فروردین و اردیبهشت) از طریق افزایش تبخیر و تعرق و ایجاد تنش گرمایی موجب کاهش عملکرد می‌گردد، از این رو می‌توان اذعان داشت که، کاهش دما در ماه‌های فروردین و اردیبهشت که همزمان با اوایل فصل بهار و شروع بارندگی و رشد گندم است، موجب کاهش میزان تبخیر و تعرق، امکان حفظ رطوبت خاک، تداوم دوره رشد و افزایش کارایی استفاده از آب خواهد شد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۶).

همچنین کمینه، متوسط و بیشینه دمای ماه‌های دی و اسفند رابطه‌ی مثبتی را با عملکرد نشان دادند، اگرچه از لحاظ آماری معنی‌دار نبودند. دی ماه به طور متوسط همزمان با مرحله سبز شدن و برگ‌دهی است و افزایش دما در این ماه با توجه به یخبندان‌های زمستانه می‌تواند برای مراحل ابتدایی رشد مفید باشد. افزایش میانگین ماهانه اسفند سبب تحریک رشد گیاه و در نتیجه همزمان شدن دوره رشد سریع با زمان رخداد بارندگی‌های احتمالی بهار می‌شود که این مسئله سبب تقویت دوره پر شدن دانه و در نتیجه افزایش عملکرد می‌شود (کامبوزیا و همکاران، ۱۳۹۳)، که عمدتاً نتایج حاصل شده با نتایج پژوهش لیکر و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت داشت. از دیگر نتایج قابل ذکر می‌توان به رابطه‌ی منفی اما غیر معنی‌دار بارش خرداد ماه با عملکرد گندم اشاره نمود، عمدتاً خرداد ماه همزمان با مرحله نهایی رشد گندم است و بنابراین نیاز گندم به بارش در این مرحله از رشد چندان زیاد نیست و حتی می‌تواند تأثیرات منفی بر روی عملکرد نهایی داشته باشد (بنایان و همکاران، ۲۰۱۶). از دیگر نتایج شایان توجه رابطه‌ی مثبت و معنی‌دار بارش آبان ماه (۱۵۱۷/۱) و اردیبهشت ماه (۱۶۳۹/۱) به ترتیب در سطوح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ با عملکرد گندم بود، که این مطلب در پژوهش بهرامی و طلیعی (۱۳۸۲) نیز حاصل شده است، ولی تاتاری و همکاران (۱۳۸۸) و همچنین لیکر و همکاران (۲۰۱۳) به نتایج متفاوتی دست یافتند. به طوری که تاتاری و همکاران (۱۳۸۸) اظهار داشتند که بارش ماه‌های فروردین و آبان رابطه بیشتری با عملکرد گندم دارد. در حالی که لیکر و همکاران (۲۰۱۳) یافتند که کاهش بارش ماه می و افزایش بارش ماه نوامبر موجب کاهش عملکرد گندم زمستانه می‌شود.

بررسی مدل‌های وایزی طول دوره‌ی رشد ذرت

با توجه به جدول (۶) برای ذرت تأثیر متغیرهای دما و تبخیر بر روی طول دوره‌ی اکثر مراحل رشد شایان توجه بود. در مرحله برگ‌دهی تأثیر دمای بیشینه بیش از سایر متغیرهای مورد بررسی در این پژوهش بوده و با اثر منفی بر روی طول دوره‌ی این مرحله از رشد ذرت در مدل آماری ظاهر شده است و می‌توان به تأثیرگذاری ۴۹ درصدی این متغیر

تنفس گیاه در دماهای بالا مصرف نیتروژن را افزایش می‌دهد. در این میان هدایت روزنه‌ای برگ افزایش یافته و نرخ فتوسنتز خالص سریع‌تر از نرخ تعرق می‌شود که در نهایت بازده مصرف آب را کاهش می‌دهد (دنگ و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین نتایج تحلیل همبستگی نشان داد که، در هیچیک از مراحل رشد گندم ارتباط معنی‌داری از لحاظ آماری میان بارش و عملکرد مشاهده نگردید که دلیل آن آبی بودن کشت گندم و اعمال آبیاری می‌باشد، احتمالاً در مناطقی که کشت گندم به صورت دیم است، تأثیر تغییرات بارندگی بر عملکرد مشهودتر باشد. پژوهش‌های انجام شده تاکنون نتایج متفاوتی از تأثیر بارش روی عملکرد گندم بدست آورده اند، به طوری که گروهی از پژوهشگران همبستگی مثبت (سیف پدرسون ۱۹۷۸، واین ۱۹۸۴ و مظفری ۱۳۸۰)، گروهی همبستگی منفی (بالا و همکاران ۱۹۷۵، چمیلوسکی و بوتس ۱۹۹۶) و گروهی دیگر نبود همبستگی بارش را گزارش کرده اند (قربانی و همکاران، ۱۳۸۷).

رابطه متغیرهای اقلیمی با عملکرد در مقیاس زمانی ماهانه عملکرد ذرت

با توجه به جدول (۴) بررسی نتایج به دست آمده برای ذرت نشان داد که، متوسط دمای تیرماه بیشترین میزان همبستگی را با عملکرد ذرت ($r = -0.553$) در سطح احتمال ۵ درصد در مقایسه با دیگر متغیرها داشته است. دمای بیشینه‌ی تیرماه نیز همبستگی غیر مستقیم و معنی داری را با عملکرد ذرت ($r = -0.495$) در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد، اما در سایر موارد همبستگی معنی‌داری از لحاظ آماری دیده نشد. این در حالی است که سربین و کوکادایک (۲۰۰۸) اظهار داشتند که متوسط دما، دمای بیشینه و دمای کمینه ژوئن-آگوست بیشترین میزان همبستگی را با عملکرد ذرت دارد. نتایج آزمون همبستگی بارش و عملکرد ذرت نشان داد که، تنها میان بارش آبان ماه و عملکرد ذرت رابطه منفی و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد ($r = -0.462$). این در حالی است که وستکات و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه خود بر روی عملکرد ذرت در ۹ ایالت از ایالت‌های آمریکای مرکزی به این نتیجه دست یافتند که عملکرد ذرت همبستگی بالایی با بارش‌های ماه ژوئیه دارد.

عملکرد گندم

در جدول (۵) نتایج آزمون همبستگی بین عملکرد گندم و متغیرهای دما و بارش در طول ماه‌های آبان تا خرداد نشان داده شده است. بر اساس این جدول پاسخ عملکرد گندم به تغییرات دما در طول ماه‌های مختلف فصل رشد متفاوت بوده است. در این میان قابل توجه‌ترین رابطه مشاهده شده، رابطه میان متوسط دمای آبان ماه و عملکرد گندم بود، به طوری که رابطه مثبت و معنی‌داری را در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد ($r = 0.730$). هر چند که در سایر موارد رابطه معنی‌داری از لحاظ

شد که، تغییر اقلیم طول فصل رشد گندم آبی را در داراب و دیگر شهرهای مورد مطالعه در استان فارس کاهش داده است.

بررسی مدل‌های وایزی عملکرد

ذرت

برای عملکرد ذرت تغییرات ضریب همبستگی از ۰/۵۲۵ تا ۰/۸۹۰ مشاهده شد (جدول ۸). نتایج در غالب مدل‌های آماری نشان‌دهنده تأثیر مثبت متغیرهای دما و همینطور ساعات آفتابی روی عملکرد بود. مثبت بودن تأثیر دما و ساعات آفتابی بر عملکرد محصول ذرت را می‌توان به گرمادوست بودن این گیاه به خصوص در زمان جوانه‌زنی و رشد رویشی نسبت داد (بازگیر، ۱۳۹۴). این در حالی است که تأثیر منفی متوسط دمای کمینه در مرحله گل‌دادن خوشه‌نر و تأثیر مثبت متوسط رطوبت نسبی در مرحله ظهور گل‌آذین‌نر بر عملکرد محصول ذرت به سبب تأثیر منفی تنش گرمایی و خشکی می‌باشد، چراکه تنش گرمایی و خشکی در طول دوره گلدهی ذرت موجب کاهش باروری گل‌ها و متعاقب آن کاهش تعداد گل‌ها می‌شود (احمدی و میرحاجی، ۱۳۹۱). عمدتاً یافته‌های حاصل شده با نتایج پژوهش بازگیر (۱۳۹۴) پیرامون تخمین عملکرد ذرت دانه‌ای در مناطق غربی و جنوب‌غربی ایران مطابقت دارد، اما با این حال ایشان در پژوهش خود، به اثر مثبت دما بر روی عملکرد ذرت در طول مراحل ظهور گل‌آذین‌نر تا تشکیل تارهای ابریشمی اشاره نموده است. بیشترین همبستگی بین عملکرد و متغیرهای اقلیمی مورد مطالعه، در مرحله سه‌برگی رخ داده است. در این مرحله از رشد تأثیر متوسط رطوبت نسبی مثبت، در حالی که تأثیر رطوبت نسبی کمینه روی عملکرد منفی بوده و می‌توان به تأثیرگذاری ۷۹ درصدی متغیرهای مذکور روی تغییرات عملکرد ذرت اشاره نمود ($R^2=0/79$). مثبت بودن اثر تبخیر در مرحله شیری شدن بر عملکرد ذرت را می‌توان در ارتباط با نقش مثبت آن در نیروی مکشی ایجاد شده در صعود شیره خام، جذب آب و مواد کانی توسط ریشه‌ها، تبخیر آب اضافی و انتقال مواد غذایی از قسمتی به قسمت دیگر دانست. به‌طور کلی تبخیر و تعرق نقش مهمی در سیستم‌های زراعی ایفا می‌کند که عمدتاً تحت تأثیر عوامل زیادی از جمله بارش، دما و خصوصیات گیاهی قرار دارد. در این میان نوع خاک نیز در میزان تبخیر ذرت نقش دارد، به‌طوری‌که در پژوهش لیاقت و همکاران (۱۳۹۳) مشخص شد که میزان تبخیر و تعرق ذرت در خاک لومی و لوم رسی سیلتی به‌دلیل حاصلخیزی بیشتر این نوع خاک‌ها بیش از خاک لوم شنی است و در این میان افزودن کود موجب افزایش تبخیر ذرت به‌خصوص در مرحله میانی رشد می‌شود.

گندم

با توجه به جدول (۹) در مرحله‌ی اول رشد گندم یعنی مرحله جوانه‌زنی متوسط رطوبت نسبی بیشینه با تأثیر مثبت و ساعات آفتابی و متوسط

روی طول دوره‌ی رشد در مرحله برگ‌دهی اشاره نمود ($R^2=0/49$). کاهش طول دوره‌ی رشد مرحله برگ‌دهی به واسطه افزایش دمای بیشینه، عمدتاً به دلیل تأثیرپذیری اندام‌های هوایی و ریشه از دمای هوا و متعاقب آن دمای خاک است (کاراندیش و همکاران، ۱۳۹۵). تأثیر مثبت دما را روی طول دوره‌ی رشد دیگر مراحل رشد ذرت (گل‌دادن خوشه‌نر، مومی‌شدن و رسیدن) را می‌توان به چهارکربنه بودن گیاه ذرت و کارایی زیاد فتوسنتز در شدت نور زیاد نسبت داد. تأثیر تبخیر بر افزایش طول دوره‌ی رشد مراحل ظهور گل‌آذین‌نر، شیری‌شدن و همینطور کل فصل رشد می‌تواند در جذب آب و مواد کانی توسط ریشه‌ها و انتقال مواد غذایی به بخش‌های مختلف گیاه و دیگر موارد کمک می‌کند (جدول ۶).

گندم

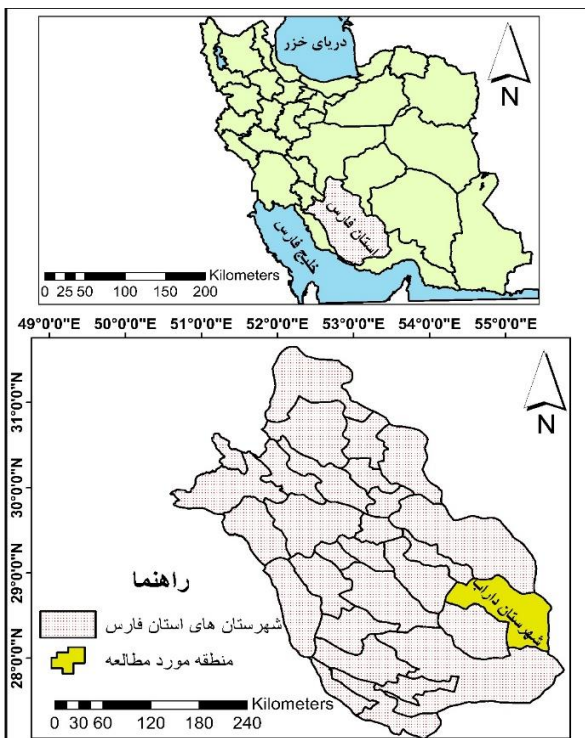
با توجه به جدول (۷) تأثیرگذارترین متغیرهای مؤثر بر طول دوره‌ی اکثر مراحل رشد گندم، متغیرهای دما و به‌دنبال آن رطوبت نسبی بوده که با اثرگذاری مثبت و در مواردی منفی در اکثر مدل‌های آماری ظاهر شده‌اند. در این میان بیشترین همبستگی میان طول دوره‌ی رشد گندم و متغیرهای اقلیمی، در مرحله‌ی خوشه‌دهی به میزان ۰/۸۶۷ در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد. در این مرحله از رشد تأثیر رطوبت نسبی کمینه مثبت در حالی که تأثیر رطوبت نسبی بیشینه منفی می‌باشد و می‌توان به اثرگذاری ۷۵ درصدی این دو متغیر بر طول دوره‌ی رشد مرحله خوشه‌دهی اشاره نمود ($R^2=0/75$). همانطور که قبلاً نیز ذکر شد گندم در مرحله خوشه‌دهی به تنش خشکی حساس بوده و کمبود آب در طول این مرحله و مرحله گل‌دهی، علاوه بر کاهش تعداد دانه‌ها سبب عقیم شدن آن‌ها نیز می‌شود (بارلو و همکاران، ۲۰۱۵). از جمله دیگر نتایج شایان توجه در این پژوهش، تأثیرگذاری منفی متوسط دمای کمینه و مثبت متوسط دما و کمینه رطوبت نسبی روی طول دوره‌ی رشد مرحله سه‌برگی و مثبت بودن اثر متوسط دمای بیشینه روی طول دوره‌ی مرحله ساقه‌دهی بوده است. از این رو با افزایش دما نیاز حرارتی مرحله ساقه‌دهی زودتر تأمین می‌شود و طول دوره‌ی این مرحله از رشد کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که به‌ازای هر یک درجه‌سلسیوس افزایش دمای بیشینه طول دوره‌ی رشد مرحله ساقه‌دهی از ۱۸ روز (متوسط دوره ۱۳۷۴-۱۳۹۴) به ۱۶ روز کاهش می‌یابد. در مطالعه گوجو و همکاران (۲۰۱۶) مشخص شد که با افزایش متوسط دمای هوا طول دوره‌ی مراحل رشد گندم کاهش می‌یابد. در مجموع مراحل سه‌برگی، ساقه‌دهی و گلدهی از مهم‌ترین مراحل رشد گندم زمستانه هستند، زیرا این مراحل روی تعداد دانه در خوشه و وزن هزاردانه تأثیر گذار هستند، بنابراین کوتاه شدن این سه مرحله به‌طور قابل توجهی عملکرد گندم زمستانه را کاهش می‌دهد (گوجو و همکاران، ۲۰۱۶). در این پژوهش معادله معنی‌داری از لحاظ آماری برای طول دوره‌ی کل فصل رشد حاصل نشد؛ اما براساس مطالعه دیهیم‌فرد و همکاران (۱۳۹۴) مشخص

مقادیر انحراف نسبی به مراتب بیشتر بود، اما با این وجود مقدار پایین انحراف نسبی برای عملکرد ذرت و گندم به ترتیب در سال‌های ۱۳۹۱ (۴/۶ درصد) و ۱۳۸۴ (۰/۳۸) نشان از دقت قابل توجه مدل‌ها داشت. شکل (۳) مقایسه‌ی مقادیر تخمین شده‌ی ذرت و گندم با مقادیر عملکرد واقعی در طول سال‌های مختلف دوره آماری مورد مطالعه نشان داده شده است. با توجه به شکل مذکور اختلاف مقادیر تخمین شده عملکرد ذرت نسبت به مقادیر واقعی از ۲۳۶- تا ۵۵۰۵- کیلوگرم و از ۵۰ تا ۳۱۶۳ کیلوگرم در نوسان بوده است. در رابطه با گندم نیز مقادیر تخمین شده عملکرد از ۲۳۰- تا ۲۵۲۵- و از ۳۷ تا ۳۶۸۰ کیلوگرم با مقادیر واقعی اختلاف داشتند. برای طول فصل رشد گندم معادله معنی داری از لحاظ آماری به دست نیامد، اما مقایسه مقادیر تخمین شده با واقعی طول فصل رشد ذرت نشان از دقت قابل توجه مدل دارد، به طوری که با توجه به شکل (۳) مقادیر تخمین زده شده طول فصل رشد ذرت از ۱- تا ۶- و از ۰ تا ۱۰ روز با مقادیر واقعی اختلاف داشته است.

رطوبت نسبی با تأثیر منفی در مدل آماری ظاهر شده‌اند. گندم در این مرحله از رشد برای جوانه‌زنی حداقل به ۵ میلی‌متر باران نیاز دارد و همچنین مناسب‌ترین دما برای جوانه‌زنی ۸ تا ۱۴ درجه سلسیوس است (دیپیم فرد و همکاران، ۱۳۹۴). همانطور که قبلاً نیز ذکر شد، برای گندم، بیشترین همبستگی بین عملکرد و متغیرهای اقلیمی مورد مطالعه در مرحله رسیدن رخ داده است. در این مرحله از رشد تأثیر متوسط رطوبت نسبی ساعت ۰۹ بر روی عملکرد مثبت می‌باشد. از دیگر نتایج شایان توجه تأثیر منفی متوسط دمای بیشینه بر عملکرد گندم در مرحله‌ی مومی شدن می‌باشد. به‌طور کلی، تنش گرمایی در مرحله پرشدن دانه گندم مهم‌ترین عامل کاهش عملکرد محصول می‌باشد. حتی وجود یک دوره کوتاه دمای بالا در اوایل مرحله پرشدن دانه‌ها می‌تواند عکس‌العمل مثبت گندم را به خنک شدن هوا کاهش داده و باعث کاهش معنی‌دار عملکرد محصول شود. به‌طور کلی، تنش گرمایی در اوایل دوره پر شدن دانه می‌تواند بر وزن هزار دانه اثر منفی بگذارد (کاراندیش و همکاران، ۱۳۹۵).

انتخاب مدل آماری تخمین طول دوره‌ی رشد و عملکرد

شناخت روابط بین پارامترهای اقلیمی و محصول به‌منظور تخمین تولید ضروری می‌باشد و در این میان مدل‌های وایازی به‌علت روابط ساده و مستقیم بین محصول و یک یا چند پارامتر اقلیمی قابل توجه هستند. از این‌رو، در این پژوهش انتخاب مدل آماری تخمین طول دوره‌ی رشد و هم‌منظور عملکرد ذرت و گندم آبی در داراب فارس، براساس معیارهایی مانند وجود همبستگی معنی‌دار در سطوح ۱ یا ۵ درصد، دارا بودن کمترین خطای معیار، دارا بودن کمترین میان انحراف نسبی و همچنین ساده بودن مدل آماری بوده است. براین اساس، برای تخمین عملکرد محصولات ذرت و گندم به‌ترتیب مدل‌های آماری مراحل رشد سه‌برگی و جوانه‌زنی برگزیده شدند. بررسی مدل‌های وایازی طول دوره‌ی رشد گندم و ذرت نشان داد که، برای طول دوره‌ی رشد ذرت مدل مرحله شیرینی شدن و برای طول دوره‌ی رشد گندم مدل مرحله‌ی خوشه‌دهی دارای بیشترین میزان همبستگی بودند؛ اما به‌منظور تخمین طول کل فصل رشد ذرت و گندم، مدل مربوط به طول کل فصل رشد انتخاب شد. لازم به ذکر است که برای گندم، مدل مربوط به کل فصل رشد از نظر آماری معنی‌دار نبود. در جدول (۱۰) مدل‌های مذکور به‌منظور تخمین طول دوره‌ی رشد و عملکرد محصولات ذرت و گندم نشان داده شده است. فرآیند اعتبارسنجی معادلات وایازی منتخب برای تخمین عملکرد و طول دوره‌ی رشد ذرت و گندم در جدول (۱۱) نشان داده شده است. براساس این جدول برای طول کل فصل رشد ذرت اختلاف طول دوره‌ی تخمین شده از واقعی از ۵ تا ۷- درصد در نوسان بود که نشان از دقت قابل قبول مدل‌های مذکور داشت. در خصوص عملکرد،



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه

جدول (1): طول مراحل رشد ذرت و گندم (روز) در داراب فارس (میانگین دوره 1393-1374)

مرحله رشد ذرت	تعداد روز	مرحله رشد گندم	تعداد روز
جوانه زنی	4	جوانه زنی	5
سه برگی	13	سبز شدن	12
برگ دهی	29	سه برگی	15
ظهور گل آذین	12	پنجه زنی	20
گل دهی خوشه نر	12	ساقه دهی	18
ظهور تار ابریشمی	12	خوشه دهی	15
شیری شدن	16	گل دهی	11
مومی شدن	15	شیری شدن	13
رسیدن	16	مومی شدن	11
جمع کل	129	رسیدن	12
		جمع کل	132

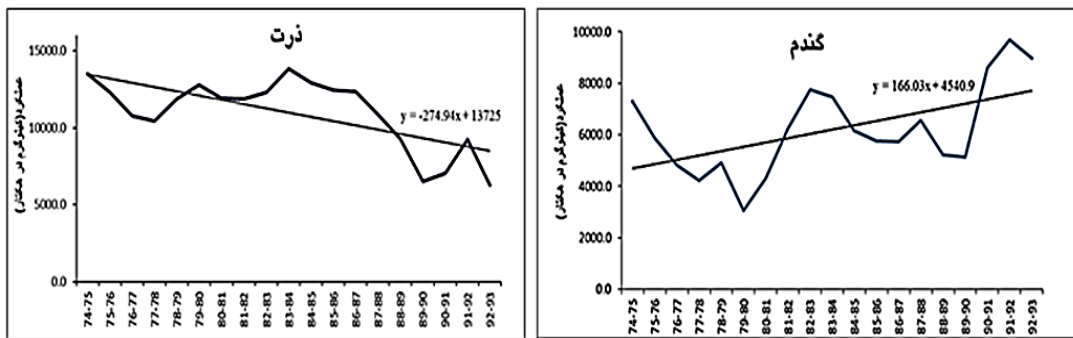
جدول (2): متغیرهای اقلیمی مورد استفاده

نماد	نام متغیر	نماد	نام متغیر	نماد	نام متغیر
X11	رطوبت نسبی ساعت 15	X6	ساعات آفتابی	X1	متوسط دما
X12	بارش	X7	متوسط رطوبت نسبی	X2	دمای بیشینه
X13	تعداد روزهای بارانی 0/1 میلیمتر و	X8	رطوبت نسبی بیشینه	X3	دمای کمینه
X14	تعداد روزهای بارانی 1 میلیمتر و	X9	رطوبت نسبی کمینه	X4	دمای کمینه ی سطح
X15	تعداد روزهای بارانی 5 میلیمتر و	X10	رطوبت نسبی ساعت	X5	تبخیر

جدول (3): سال های مورد نظر برای مدل سازی و اعتبارسنجی معادلات آماری

(* سال های مورد استفاده در اعتبار سنجی، برای مدل سازی استفاده نشده اند)

متغیرهای وابسته	مدل سازی	اعتبارسنجی *
طول دوره رشد ذرت	1374 تا 1393	1383، 1385 و 1389
طول دوره رشد گندم	1374 تا 1393	1374، 1383 و 1392
عملکرد ذرت	1374 تا 1393	1379، 1387 و 1391
عملکرد گندم	1374 تا 1393	1379، 1384 و 1391



شکل (۲): روند تغییرات سالیانه عملکرد ذرت و گندم آبی در داراب فارس (۱۳۷۴-۱۳۹۳)

جدول (۴): ضرایب همبستگی متغیرهای بارش و دما با عملکرد ذرت در مقیاس ماهانه فصل رشد ذرت (ns معنی دار نیست) *P<0.05 ، **P<0.01

متغیر	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر
بارش	-۰/۱۶۲ ^{ns}	۰/۰۸۳ ^{ns}	۰/۲۴۱ ^{ns}	-۰/۱۴۱ ^{ns}	-۰/۴۶۲*	۰/۴۴۰ ^{ns}
دمای بیشینه	-۰/۴۹۵*	۰/۴۳۶ ^{ns}	-۰/۱۸۳ ^{ns}	-۰/۰۷۱ ^{ns}	۰/۱۹۴ ^{ns}	-۰/۳۰۶ ^{ns}
دمای کمینه	-۰/۲۴۸ ^{ns}	-۰/۱۷۶ ^{ns}	-۰/۰۶۴ ^{ns}	-۰/۲۴۶ ^{ns}	۰/۰۱۸ ^{ns}	۰/۴۳۵ ^{ns}
متوسط دما	-۰/۵۵۳*	۰/۱۷۶ ^{ns}	-۰/۱۷۱ ^{ns}	-۰/۱۸۱ ^{ns}	۰/۲۰۰ ^{ns}	-۰/۰۴۳ ^{ns}

جدول (۵): ضرایب همبستگی متغیرهای بارش و دما با عملکرد گندم در مقیاس ماهانه فصل رشد گندم (ns معنی دار نیست) *P<0.05 ، **P<0.01

متغیر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
بارش	۰/۵۱۷*	۰/۱۸۵ ^{ns}	-۰/۰۱۳ ^{ns}	۰/۳۶۳ ^{ns}	-۰/۱۷۱ ^{ns}	۰/۰۳۵ ^{ns}	۰/۶۳۹**	-۰/۳۱۹ ^{ns}
دمای بیشینه	-۰/۰۹۷ ^{ns}	-۰/۱۸۰ ^{ns}	۰/۱۸۳ ^{ns}	-۰/۲۶۹ ^{ns}	۰/۱۱۱ ^{ns}	-۰/۳۶۷ ^{ns}	-۰/۳۲۴ ^{ns}	۰/۱۵۵ ^{ns}
دمای کمینه	-۰/۳۱۲ ^{ns}	-۰/۱۸۱ ^{ns}	۰/۰۶۷ ^{ns}	-۰/۰۳۶ ^{ns}	۰/۰۳۴ ^{ns}	-۰/۲۳۹ ^{ns}	-۰/۱۴۵ ^{ns}	-۰/۰۳۳ ^{ns}
متوسط دما	۰/۷۰۳**	-۰/۳۲۶ ^{ns}	۰/۱۷۸ ^{ns}	-۰/۲۱۴ ^{ns}	۰/۱۰۸ ^{ns}	-۰/۳۴۴ ^{ns}	-۰/۲۶۰ ^{ns}	۰/۰۶۵ ^{ns}

جدول (6): مدل های آماری تخمین طول دوره (روز) مراحل رشد ذرت

خطای معیار (روز)	R ²	r	مدل	مراحل رشد ذرت
2/2	0/27	0/527*	$y = 7/0 + 0/82/417X_9$	سه برگی ^S
4/6	0/49	0/699**	$y = 141/672 - 2/827X_2$	برگ دهی ^S
3/2	0/32	0/574*	$y = 2/598 + 0/881X_5$	ظهور گل آذین نر ^S
1/8	0/30	0/555*	$y = 3/449 + 0/449X_4$	گل دادن خوشه نر ^S
2/30	0/70	0/842**	$y = 38/722 + 2/292X_5 - 1/206X_2$	شیری شدن ^S
3/2	0/25	0/500*	$y = -25/622 + 2/572X_2 - 2/581X_1 + 1/195X_6 + 0/574X_9 + 1/206X_{10} - 0/508X_{11} - 0/492X_7$	مومی شدن ^B
0/93	0/62	0/788**	$y = 16/850 + 0/531X_4 - 0/078X_7$	رسیدن ^S
3/2	0/65	0/807**	$y = 100/759 + 0/240X_8 + 1/680X_5$	کل فصل رشد ^S

جدول (7): مدل های آماری تخمین طول دوره (روز) مراحل رشد گندم

خطای معیار (روز)	R ²	r	مدل	مراحل رشد گندم
1/8	0/39	0/630*	$y = -1/320 - 0/322X_3 + 0/129X_7 + 1/401X_5$	جوانه زنی ^B
3/4	0/26	0/517*	$y = 18/880 - 0/126X_{11}$	سبز شدن ^S
5/9	0/19	0/435*	$y = -77/164 - 14/462X_3 + 12/172X_1 + 0/629X_9$	سه برگی ^B
3/5	0/36	0/600*	$y = -17/251 + 5/13X_3 - 7/928X_4 - 3/742X_6 + 8/371X_5 + 0/931X_9$	پنجه زنی ^B
5/2	0/24	0/449*	$y = -0/386 + 0/860X_2$	ساقه دهی ^B
1/9	0/75	0/867**	$y = 18/353 + 0/610X_9 - 0/294X_8$	خوشه دهی ^S
2/4	0/31	0/558*	$y = -48/170 + 0/773X_2 + 0/981X_5 + 0/485X_8$	مومی شدن ^B
2/6	0/48	0/698*	$y = 6/462 - 1/692X_3 + 1/527X_4 + 0/628X_8 - 2/221X_9 + 0/782X_{11}$	رسیدن ^B

جدول (۸): مدل‌های آماری تخمین عملکرد ذرت در مراحل مختلف رشد (کیلوگرم در هکتار)
 (***) در مرحله جوانه زنی و سبز شدن هیچیک از متغیرهای مستقل رابطه‌ی معنی داری با طول دوره رشد نداشت: $P < 0.05$; $P < 0.01$; $P < 0.001$; B / روش حذف پس رو S: روش گام به گام)

خطای معیار (kg/ha)	R ²	r	مدل	مراحل رشد ذرت
۱۶۲۱	۰/۷۹	۰/۸۹۰**	$X_9 - 624/496X_7 + 9294/357 + 471/0.09y =$	سه برگی S
۱۸۱۲	۰/۵۲	۰/۷۱۸**	$X_4 + 1737/286 X_3 - 97.0/419 X_2 + 3417.0/597 - 10.56/161y =$ $X_7 + 62.0/491 X_{10} 535/221$	برگ‌دهی B
۱۹۹۴	۰/۳۷	۰/۶۱۲*	$X_7 1945/387 + 362/872y =$	ظهور گل آذین نر S
۲۰۵۱	۰/۳۳	۰/۵۸۲*	$X_3 25235/127 - 734/325y =$	گل دادن خوشه نر S
۱۹۸۱	۰/۳۹	۰/۶۱۹*	$X_6 - 172.06/836 + 2741/582y =$	ظهور تارهای ابریشمی S
۲۰۳۷	۰/۳۴	۰/۵۹۰*	$X_5 494.0/965 + 876/818y =$	شیری شدن S
۱۷۲۱	۰/۴۸	۰/۶۹۰*	$X_4 + 1519/0.36 X_3 - 2312/421 X_2 - 9637/0.79 + 951/0.09y =$ $X_7 + 223/3.07$	مومی شدن B
۲۱۴۶	۰/۲۷	۰/۵۲۵*	$X_4 8819/888 + 526/0.67y =$	رسیدن S
۱۵۷۰	۰/۶۴	۰/۸۰۰**	$X_{11} - 457/473 X_7 10.54/598 + 774/933y =$	کل فصل رشد S

جدول (۹): مدل‌های وایزی تخمین عملکرد گندم در مراحل مختلف رشد برحسب کیلوگرم در هکتار
 (***) در مراحل سبز شدن، سه برگی، پنجه زنی، ساقه دهی، خوشه دهی و شیری شدن هیچیک از متغیرهای مستقل رابطه‌ی $P < 0.05$; $P < 0.01$; $P < 0.001$ معنی داری با طول دوره رشد ذرت نداشتند / B: روش حذف پس رو S: روش گام به گام)

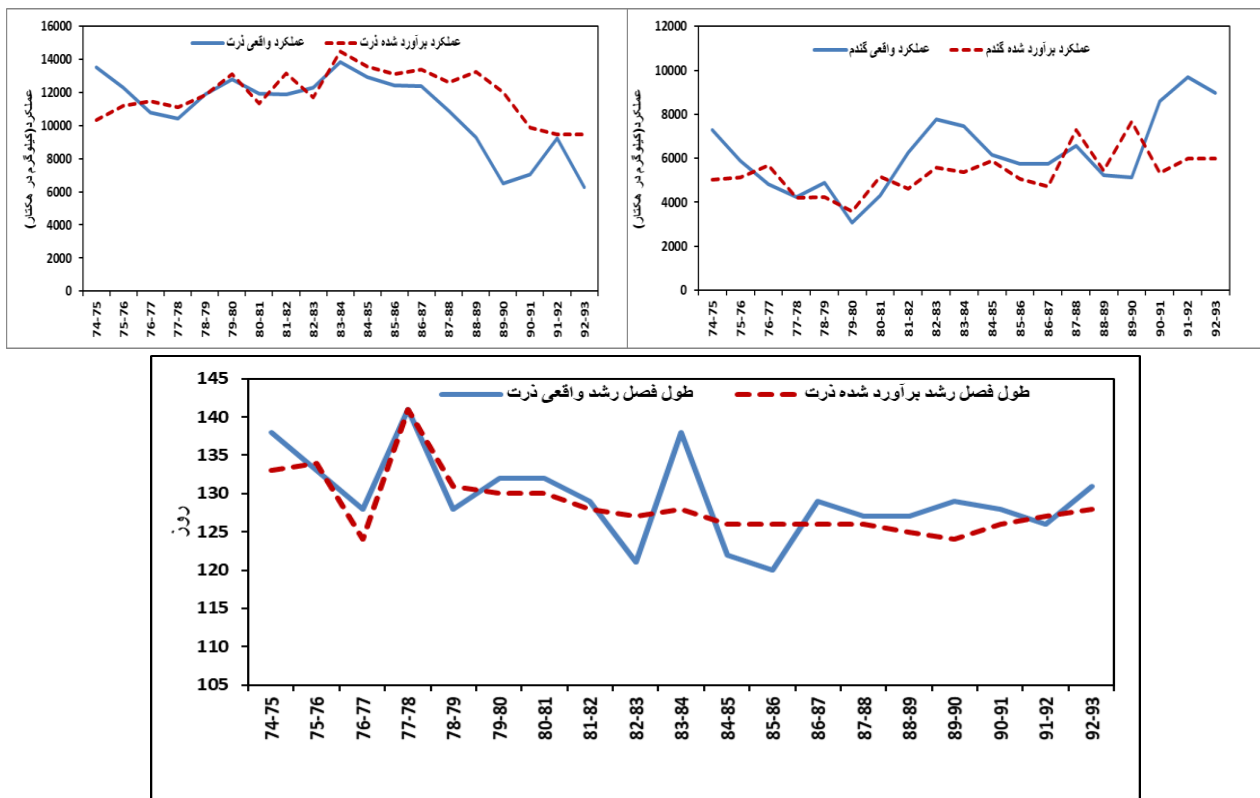
خطای معیار (kg/h)	R ²	r	مدل	مراحل رشد گندم
۱۱۱۸	۰/۳۱	۰/۵۶۵*	$y = 7759/565 + 225/87.0 X_8 - 8.0/115 X_6 - 256/697 X_7$	جوانه زنی B
۱۱۱۷	۰/۳۰	۰/۵۵۵*	$y = -9177/423 + 12.05/0.94 X_3 - 11.06/91.0 X_4 + 648/674 X_6 + 124/456 X_{11}$	گل دهی B
۱۳۰۰	۰/۳۳	۰/۴۸۸*	$y = 11846/956 - 1.021/241 X_2 + 1371/62.0 X_3 + 238/0.70 X_8 - 676/9.06 X_9$ $+ 156/271 X_7$	مومی شدن B
۱۳۰۹	۰/۴۵	۰/۶۷۴*	$y = 3614/799 + 152/4.03 X_{10}$	رسیدن S
۱۱۶۳	۰/۲۵	۰/۵۰۷*	$y = 98769/988.0 + 51.0/0.50 X_3 - 9925/619 X_{11} - 1161/557 X_9 + 279/481 X_{11}$	کل فصل رشد B

جدول (۱۰): معادلات آماری منتخب به منظور تخمین عملکرد و طول دوره‌ی رشد محصولات ذرت و گندم
 (***) برای طول دوره‌ی رشد گندم مدل مربوط به طول کل فصل رشد از نظر آماری معنی دار نبود.

متغیر وابسته	محصولات	مرحله رشد	مدل
عملکرد	عملکرد ذرت	سه‌برگی	$y = 9294/357 + 471/009X_7 - 624/496X_9$
	عملکرد گندم	جوانه‌زنی	$y = 7759/565 + 225/870 \cdot X_8 - 800/115X_6 - 256/697 X_7$
طول دوره‌ی رشد	طول دوره‌ی رشد ذرت	کل فصل رشد	$y = 100/759 + 0/240 \cdot X_8 + 1/680 \cdot X_5$

جدول (۱۱): انحراف نسبی طول دوره‌ی رشد و عملکرد محصولات گندم و ذرت به منظور اعتبارسنجی مدل‌های آماری منتخب
 (***) برای طول دوره‌ی رشد گندم مدل مربوط به طول کل فصل رشد از نظر آماری معنی دار نبود.

محصول	طول دوره‌ی رشد ذرت			عملکرد ذرت			عملکرد گندم		
	سال	۱۳۸۳	۱۳۸۵	۱۳۸۹	۱۳۷۹	۱۳۸۷	۱۳۹۱	۱۳۷۹	۱۳۸۴
مقدار واقعی	۱۳۸	۱۲۰	۱۲۹	۱۲۷۸۰	۱۰۸۴۹	۹۲۲۵	۳۰۶۲	۶۱۵۵	۹۶۸۰
مقدار تخمین شده	۱۲۹	۱۲۶	۱۲۴	۹۶۲۵	۱۲۲۱۳	۹۶۵۴	-۲۵۴۲	۶۱۷۹	۷۵۷۴
انحراف نسبی (%)	-۷	۵	-۴	-۲۴	۱۲/۵	۴/۶	-۱۶/۳	۰/۳۸	-۲۱/۷



شکل (۳): مقایسه مقادیر برآورد شده و واقعی عملکرد گندم و ذرت در طول سال‌های آماری مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

برای طول دوره‌ی رشد ذرت متغیرهای مؤثر دما و تبخیر بودند که با توجه به چهارکربنه بودن مسیر فتوسنتزی ذرت می‌توان اثر مثبت دما را بر طول دوره‌ی اکثر مراحل رشد ذرت توجیه نمود. همچنین با توجه به گرمادوست بودن گیاه ذرت تأثیر مثبت متغیرهای دما و تبخیر بر روی عملکرد ذرت را می‌توان توجیه نمود. این در حالی است که تأثیر متغیرهای رطوبتی بر عملکرد ذرت به‌ویژه در مراحل ابتدایی رشد شایان توجه بود که در همین زمینه، می‌توان به اثر مثبت متوسط رطوبت نسبی بر روی عملکرد ذرت در مرحله‌ی ظهور- گل‌آذین‌نر اشاره نمود. عمدتاً در همین مرحله از رشد، اثر مثبت متوسط رطوبت نسبی هوا به دلیل نیاز ذرت به رطوبت خاک و رطوبت نسبی کافی می‌باشد، چراکه کم‌آبی در این مرحله از رشد، باعث کاهش ارتفاع نهایی گیاه می‌شود. برخلاف نتایج این مطالعه، بازگیر (۱۳۹۴) به اثر مثبت دما بر روی عملکرد ذرت در مراحل ظهور گل‌آذین‌نر تا تشکیل تارهای ابریشمی اشاره نمود. همچنین نتایج نشان داد که، رابطه معکوس و معنی‌داری در سطح ۵ درصد میان متوسط دما و دمای بیشینه تیرماه (به ترتیب $I = -0/495$ و $I = -0/553$) و همینطور بارش آبان ماه ($I = -0/462$) با عملکرد ذرت وجود دارد. نتایج بررسی مدل‌های وایزای طول دوره‌ی رشد گندم حاکی از این بود که متغیرهای دما و به دنبال آن رطوبت نسبی به- مراتب تأثیر بیشتری بر طول دوره‌ی رشد گندم داشتند. بیشترین همبستگی بین طول دوره‌ی مرحله‌ی خوشه‌دهی و متغیرهای متوسط رطوبت نسبی کمینه و رطوبت نسبی بیشینه مشاهده شد و می‌توان به تأثیرگذاری ۷۵ درصدی این دو متغیر بر طول دوره‌ی رشد مرحله خوشه‌دهی اشاره نمود ($R^2 = 0/75$). از طرف دیگر نتایج مدل‌های وایزای عملکرد گندم نیز گویای تأثیر قابل توجه متغیرهای دما و رطوبت نسبی بر عملکرد در اغلب مراحل رشد گندم بود که عمدتاً نشان از تأثیر منفی تنش حرارتی و رطوبتی بر عملکرد گندم داشت. به‌طور کلی تحلیل نتایج همبستگی و مدل‌های وایزای طول دوره‌ی رشد و عملکرد ذرت و گندم حاکی از این بود که طول دوره‌ی رشد و عملکرد ذرت و گندم کمتر تحت تأثیر تغییرات بارندگی بودند که علت آن را می‌توان ناشی از آبی بودن کشت ذرت و گندم و اعمال آبیاری دانست. همچنین نتایج نشان داد که، مدل‌های وایزای مورد استفاده در این تحقیق ابزار مناسبی برای برآورد طول دوره‌ی رشد و عملکرد ذرت و گندم آبی در داراب فارس می‌باشند. به‌طوری‌که نتایج اعتبارسنجی مدل وایزای طول دوره‌ی کل فصل رشد ذرت برای میانگین دوره ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۳، حاکی از مقدار انحراف نسبی صفر (۱۲۹ روز) و دقت قابل قبول مدل مذکور داشت. در این میان کمترین میزان اختلاف مقادیر برآورد شده نسبت به مقادیر واقعی برای طول دوره‌ی رشد ذرت و گندم به ترتیب در مراحل شیری شدن و خوشه‌دهی و برای عملکرد ذرت و گندم به ترتیب در مراحل سه

برگی و جوانه‌زنی مشاهده شد. پیشنهاد می‌شود که برای برآورد طول دوره‌ی رشد و عملکرد ذرت و گندم در مطالعات بعدی، از مدل‌های دینامیکی زراعی استفاده و با نتایج مدل‌های وایزای مقایسه شود. به- طور کلی می‌توان نقش متغیرهای اقلیمی را روی عملکرد و طول دوره‌ی رشد گندم و ذرت تأیید نمود و از نتایج این مطالعه در برنامه- ریزی‌های اقتصادی و مدیریتی استفاده نمود. از آنجایی که در این مطالعه هدف بررسی اثرات متغیرهای اقلیمی روی طول دوره‌ی رشد و عملکرد محصولات بوده، تنها از متغیرهای اقلیمی به عنوان متغیر مستقل استفاده شده است. به‌همین جهت به منظور دستیابی به نتایج دقیق‌تر پیشنهاد می‌شود که سایر عوامل مؤثر بر شرایط رشد گیاه از جمله آفات، بیماری‌ها و عملیات کشاورزی در مراحل کاشت، داشت و برداشت نیز استفاده شود.

منابع

- احمدی، محمود و میرحاجی، هانیه (۱۳۹۱)، ارزیابی تأثیرات تنش‌های گرمایی در کشت ذرت (مطالعه موردی استان قزوین)، علوم محیطی، شماره ۳: ۱۱۹-۱۲۸.
- بازگیر، سعید (۱۳۹۴)، تخمین عملکرد ذرت دانه‌ای به کمک شاخص‌های اقلیم‌شناسی کشاورزی در مناطق غربی و جنوب‌غربی ایران. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۳۹: ۳۲-۳۷.
- بهرامی، نوذر و طلیعی، علی اشرف (۱۳۸۲)، بررسی تأثیر بارندگی و درجه حرارت بر عملکرد گندم در استان کرمانشاه. علوم خاک و آب، شماره ۱: ۱۱۳-۱۰۶.
- تاتاری، مریم؛ کوچکی علیرضا و نصیری محلاتی مهدی (۱۳۸۸)، پیش- بینی عملکرد گندم در استان خراسان با استفاده از داده‌های بارندگی و خاک با به‌کارگیری انواع مدل‌های رگرسیونی، پژوهش‌های زراعی ایران، شماره ۲: ۳۶۵-۳۵۷.
- حسینی محمدطاهر؛ سی‌وسه مرده، عادل؛ فتحی پرویز و سی‌وسه مرده، معروف (۱۳۸۶)، کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون چندمتغیره در برآورد عملکرد گندم در منطقه قروه استان کردستان. پژوهش کشاورزی، شماره ۱: ۵۳-۴۱.
- دلقدندی، مهدی (۱۳۹۱)، ارزیابی اثرات ریسک تغییر اقلیم بر عملکرد گندم و ارائه راهکارهای سازگاری با آن (مطالعه موردی: جنوب دشت خوزستان)، مقطع دکتری، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- دیپیم فرد، رضا؛ عینی نرگسه، حامد؛ صوفی‌زاده، سعید؛ حقیقت، مسعود و نوری، امید (۱۳۹۴)، پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد گندم آبی استان فارس با استفاده از مدل APSIM، تولید گیاهان زراعی، شماره ۴: ۲۰۳-۲۲۴.
- سبزی‌پور، علی اکبر؛ مجتبی، ترکمان و مریانجی، زهره (۱۳۹۱)، بررسی تأثیر شاخص‌ها و متغیرهای هواشناسی کشاورزی در عملکرد بهینه

- Challinor A J, Slingo JM, Wheeler TR, Craufurd PQ, Grimes DIF(2003). Towards a combined seasonal weather and crop productivity forecasting system: determination of the working spatial scale, *J. Appl. Meteorol*, 42: 175–192.
- Deng Zh, Wang Q, Zhang Q(2010). Impact of and measures against aridification on grain crops in North China, *Acta Ecol. Sin*, 30 (22): 6278–6288.
- Fan Y, Tian M, Jing Q, Tian Z, Han H, Jiang D(2015). Winter night warming improves pre-anthesis crop growth and post-anthesis photosynthesis involved in grain yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L), *Field Crops Research*, 178:100-108.
- Gornott Ch, Wechsung F(2016). Statistical regression models for assessing climate impacts on crop yields: A validation study for winter wheat and silage maize in Germany, *Agricultural and Forest Meteorology*, 217: 89–100.
- Guoju x, Qiang zh, Fengju zh, Fei M, Jing W, Juying H, Chengke L, Xianping H, Zhengji Q(2016). Warming influences, the yield and water use efficiency of winter wheat in the semiarid regions of Northwest China, *Field Crops Research*, 199: 129-135.
- Högy P, Poll CH, Marhan S, Kandeler E, Fangmeier A(2013). Impacts of temperature increase and change in precipitation pattern on crop yield and yield quality of barley, *Food Chemistry*, 136:1470-1477.
- Li S, Wheeler T, Challinor A, Lin E, Ju H, Xu Y(2010). The observed relationships between wheat and climate in China, *Agricultural and Forest Meteorology*, 150:1412-1419.
- Licker R, Kucharik CJ, Doré Th, Lindeman M, Makowski D (2013). Climatic impacts on winter wheat yields in Picardy, France and Rostov, Russia: 1973–2010, *Agricultural and Forest Meteorology*, 176: 25– 37.
- Lobell D B; Field C B(2007). Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming, *Environmental Research Letters*, 2:1-7.
- Peng S, Huang J, Sheehy JE, Laza RC, Visperas RM, Zhong X, Centeno GS, Khush GS, Cassman KG(2004). Rice yields decline with higher night temperature from global warming, *Proc Natl Acad Sci U S A*, 27: 9971-5.
- Raj Padakandla S(2016). Climate sensitivity of crop yields in the former state of Andhra Pradesh, India, *Ecological Indicators*, 70: 431–438.
- Rao B.B, Chowdary PS, Sandeep VM, Pramod VP, Rao VUM (2015). Spatial analysis of the sensitivity of wheat yields to temperature in India, *Agricultural and Forest Meteorology*, 200:192-202.
- Serbin SH P, Kucharik CH J(2008). Impacts of recent climate change on Wisconsin corn and soybean yield trends, *Environ. Res. Lett*, 3:1-10.
- Sharif B, Makowski D, Plauborg F, Olesen JE(2017). Comparison of regression techniques to predict response of oilseed rape yield to variation in climatic conditions in Denmark, *Europ. J. Agronomy*, 82: 11–20.
- Sun L, Li H, Ward M.N(2007). Climate Variability and Corn Yields in Semiarid Ceará, Brazil, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 46:2. 226–240.
- Timothy R, Wheeler P, Craufurd Q, Ellis R, Porter J, Prasad PVV(2000). Temperature variability and the yield of annual crops, *Agriculture Ecosystems and Environment*, 82:159-167.
- Westcott N.E, Hollinger S, Kunkel K E(2005). Use of Real-Time Multisensor Data to Assess the Relationship of Normalized Corn Yield with Monthly Rainfall and Heat Stress across the Central United State, *Journal of Applied Meteorology*, 44: 1667-1676.
- گندم (مطالعه موردی: استان همدان). آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، شماره ۶: ۱۵۵۴–۱۵۶۷.
- سیاسخواه، علیرضا و حسن‌لی، علی مراد(۱۳۷۹). ارزیابی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای مطالعه‌ی موردی باغ‌های مرکبات داراب، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۲: ۱۳–۲۸.
- عزیزی، قاسم و یاراحمدی، داریوش(۱۳۸۲). بررسی ارتباط متغیرهای اقلیمی و عملکرد گندم دیم با استفاده از مدل رگرسیونی: مطالعه موردی دشت سیلاخور، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۴: ۲۹–۲۳.
- فرج‌زاده اصل، منوچهر؛ کاشکی، عبدالرضا و شایان، سیاوش(۱۳۸۸). تحلیل تغییرپذیری عملکرد محصول گندم دیم با رویکرد تغییرات اقلیمی (منطقه مورد مطالعه استان خراسان رضوی). مدرس علوم انسانی، شماره ۳: ۲۵۶–۲۲۷.
- فیضی اصل، علی؛ جعفرزاده، جعفر؛ عبدالرحمنی، بهمن، موسوی، بهمن و کریمی، اسماعیل(۱۳۸۹). مطالعه اثرات عوامل اقلیمی بر روی عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری در منطقه مراغه، پژوهش‌های زراعی ایران، شماره ۱: ۱–۱۱.
- قربانی، خلیل؛ خلیلی، علی و ایران‌نژاد، پرویز(۱۳۸۷). تخمین منطقه‌ای عملکرد گندم دیم با استفاده از داده‌های بارندگی (مطالعه موردی استان قزوین)، پژوهش کشاورزی، شماره ۱: ۱۰۱–۸۹. قهرمان، نودر؛ ضیایی اصل، فاضل و خلیلی، علی(۱۳۸۸). پیش‌بینی فنولوژی گندم پاییزه بر مبنای داده‌های هواشناسی در سه نمونه اقلیمی ایران؛ کشاورزی، شماره ۱: ۸۶–۷۱.
- کاراندیش، فاطمه؛ جهان‌تبخ، محمد و دلبری، معصومه(۱۳۹۵). تحلیل اثرات تقویم کشت بر نیاز آبی گندم در استان سیستان و بلوچستان در شرایط تغییر اقلیم. آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۴: ۴۹۸–۴۸۹.
- کامبوزیا، جعفر؛ ناد، محمدرضا؛ صوفی‌زاده، سعید و مهدوی دامغانی، عبدالمجید(۱۳۹۳). ارزیابی تأثیر تغییر عامل‌های آب‌وهوایی بر عملکرد گندم، جو سیب‌زمینی در استان همدان. کشاورزی بوم‌شناختی، شماره ۴: ۸۵–۷۲.
- مساعدی، ابوالفضل و کاهه، مهدی(۱۳۸۷). بررسی تأثیر بارندگی بر عملکرد گندم و جو در استان گلستان، علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۴: ۲۰۶–۲۱۸.
- لیاقت، عبدالمجید؛ قربانیان کردآبادی، محمد؛ وطن‌خواه، ابراهیم و نوری، حمیده(۱۳۹۳) شبیه‌سازی عملکرد و تبخیر و تعرق ذرت علوفه‌ای با استفاده از مدل Aqua Crop، حفاظت منابع آب و خاک، شماره ۲: ۶۳–۴۷.
- مساعدی، ابوالفضل؛ محمدی مقدم، سمانه و قبائی سوق، محمد(۱۳۹۴). مدل‌سازی عملکرد گندم و جو دیم براساس شاخص‌های خشکسالی و متغیرهای هواشناسی، شماره ۳: ۷۴۹–۷۳۰.
- نورمحمدی، قربان؛ سیادت، عطاءالله و کاشانی، علی(۱۳۸۹). زراعت (غلات)، چاپ نهم، انتشارات دانشگاه شهید چمران، صص ۴۶۸.
- Bannayan M, Mousavi-Baygi M, Ashraf B, AsadiOskuei E(2016). Assessment of climatic indices limiting rainfed wheat yield, *Ecological Indicators*, 62: 298–305.
- Barlow K M, Christy B P, O'Leary G L, Riffkin P A, Nuttall(2015). Simulating the impact of extreme heat and frost events on wheat crop production: A review, 171:109-119.

The relationship between climatic variables with yield and duration of growth stages of corn and irrigated wheat in Hasan Abad, Darab, Fars Province

Abstract

Climate is one of the main determinant factors in agricultural production. This study aimed to investigate the relationship between climate variables with yield and duration of corn and wheat growth stages. For this purpose, the data related to, the number of days of growth stages, together with climate variables including minimum, average and maximum temperatures, minimum ground temperature, sunshine hours, evaporation, minimum, average and maximum relative humidity, relative humidity at 09 and 15 GMT, the total precipitation, the number of rainy days with 0.1, 1 and 5 mm and more for a 19-year period between 1995-96 and 2013-14 were collected from agrometeorological research station in Darab, Fars Province. Statistical analyses were performed using Pearson correlation coefficient and regression equations. According to the results of this study, evaporation and maximum relative humidity had the highest correlation with the length of the entire corn growth season (correlation coefficient of 0.807). For wheat, the results showed that the highest correlation was observed between the minimum and maximum relative humidity and the length of the growth period at the heading stage (correlation coefficient of 0.867). In addition, the results revealed that the highest impact of climate variables on corn yield occurred at the three leaf stage, so that at this growth stage, the minimum and average of relative humidity had the highest significant correlation at the 1% probability level with yield (correlation coefficient of 0.890). For wheat, the highest correlation was observed between yield and relative humidity at 09 GMT at the ripening stage. In conclusion, the results showed a good accuracy of the statistical models in estimating the growth period and yield of corn and wheat.

Keywords: Agricultural Climatology, Crop Yield Estimation, Corn, Wheat, Statistical Model.