نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۶، بهمن - اسفند ۱۳۹۱، ص. ۱۵۶۷-۱۵۵۴

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 6, Jan.-Feb. 2013, p. 1554-1567

بررسی تاثیر شاخص‌ها و متغیرهای هواشناسی کشاورزی در عملکرد بهینه گندم (مطالعه موردی: استان همدان)

علی اکبر سبزی پرور[1*] - مجتبی ترکمان[2] - زهره مریانجی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۹/۱۲

چکیده

این تحقیق با هدف معرفی بهترین شاخص‌ها و متغیرهای آگروکلیمایی موثر در تولید گندم دیم و آبی استان همدان با استفاده داده‌های روزانه هواشناسی، داده‌های عملکرد گندم و داده‌های دوره فنولوژی انجام شد. در این تحقیق همبستگی آماری بین عملکرد گندم آبی و دیم در ۷ شهر استان با شاخص‌های اگروکلیمایی بارش سالانه، بارش فصلی، بارش ماهیانه، بارش ده روزه (دهکی)، کمبود بارش مرجع ($P-ET_0$)، کمبود بارش گیاهی (P-ET_c ، درجه-روز رشد (GDD) (با آستانه‌های حرارتی صفر، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی گراد) در مقیاس ماهیانه و درجه-روز رشد در مقیاس ده روزه مورد بررسی قرار گرفت. به منظور سنجش میزان همبستگی از معیارهای آماری ضریب همبستگی (r) و ضریب تبیین (R^2) استفاده شد و همبستگی‌ها با دو روش دو متغیره و چند متغیره (پیرسون) به اجرا درآمد. در رگرسیون‌های دو متغیره جمعا ۴۶۲ سناریو و در رگرسیون‌های چند متغیره ۵۵ سناریو در سطوح معنی دار ۹۹ درصد و ۹۵ درصد ارزیابی شدند. نتایج بررسی نشان داد که از بین شاخص‌های مورد مطالعه، شاخص کمبود بارش گیاهی همبستگی قوی‌تری در مقایسه با دیگر شاخص‌ها از خود نشان میدهد (با میانگینR^2= ۰/۳۶). مقایسه ضرایب آماری حاکی از تاثیرپذیری قابل ملاحظه عملکرد گندم از بارش‌های بهاره (فروردین و اردیبهشت) در مقایسه با سایر فصول بود. در مجموع، ضرایب همبستگی عملکرد با شاخص‌های اگروکلیمایی برای گندم دیم بیش از گندم آبی بدست آمد، که موید حساسیت بالاتر گندم دیم به شاخص‌های مورد مطالعه می‌باشد. در بررسی سناریوهای همبستگی دو متغیره، با شاخص درجه-روز رشد، آستانه حرارتی ۵ درجه سانتی گراد بیشترین اثر گذاری را بر عملکرد محصول گندم در مقایسه با سایر آستانه‌ها از خود نشان داد (R^2= ۰/۵۰). بطوریکه تاثیر نوسانات دما بر مقدار عملکرد در ماه‌های بهار نیز مشهود بود. نتایج تحلیل رگرسیون‌های چند متغیره حاکی از همبستگی قوی شاخص کمبود بارش (مرجع و گیاهی) با عملکرد سالانه گندم بود. این نتایج با نتایج همبستگی‌های دو متغیره سازگاری داشت. این درحالی است که رگرسیون‌های چند متغیره عملکرد با شاخص‌های درجه-روز رشد هیچگونه همبستگی معنی داری را تایید ننمودند. در همبستگی‌های چند متغیره، در بیش از ۹۰ درصد سناریوها ضرایب همبستگی معنی دار و مثبت و در محدوده ۰/۶۷ الی ۰/۹۷ قرار داشت. ضمناً نواحی غربی استان استعداد بهتری برای کشت گندم در مقایسه با سایر مناطق نشان داد.

واژه های کلیدی: عملکرد گندم دیم و آبی، شاخص‌های اگروکلیمایی، کمبود بارش گیاهی، شاخص درجه-روز رشد، استان همدان

مقدمه

میزان تولید محصولات کشاورزی، همبستگی بالایی با نزولات جوی و مناسب‌بودن شرایط آب و هوایی دارد و شناخت عواملی که بر روی مراحل رشد و نمو گیاه تاثیر گذارند و گیاه نسبت به نوسانات این عوامل حساسیت نشان می‌دهد، امکان اتخاذ تصمیم مناسب جهت انجام زراعت را فراهم می‌سازد (۷). از بین عناصر اقلیمی، مقدار بارندگی، زمان شروع بارندگی و همچنین پراکندگی زمانی آن در طول سال، برای کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، به‌طوری‌که وقوع نوسان در هر یک از این موارد، باعث کاهش عملکرد محصولات کشاورزی بخصوص کشت دیم خواهد شد. در سال‌های اخیر، دانشمندان و متخصصان علوم کشاورزی و اقلیم شناسی تحقیقات گسترده‌ای را در زمینه اقلیم-کشاورزی انجام داده و با ارائه روش‌های مختلف سعی بر شناسایی و تبیین ارتباط عناصر و عوامل اقلیمی با کشت و مراحل رشد و نموی محصولات مخصوصاً کشت دیم داشته‌اند. عزیزی و یاراحمدی (۶) با در نظر گرفتن ارتباط بین پارامترهای اقلیمی و عملکرد گندم دیم، به ارائه مدل رگرسیونی بین

۱- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
(* - نویسنده مسئول: Email: swsabzi@basu.ac.ir)
۲و۳- کارشناسان اداره کل هواشناسی استان همدان

متغیرهای فوق در دشت سیلاخور واقع در لرستان پرداختند. نتایج آنان نشان داد بین عملکرد گندم دیم و متغیرهای میزان بارش پائیزه و بهاره و همچنین تعداد روزهای بارانی دوره مرطوب سال، ارتباط مستقیم وجود دارد، اما بین متغیرهای تعداد روزهای یخبندان بهاری و تاخیر در اولین بارش پائیزه، ارتباط معکوس برقرار می‌باشد. حسینی و همکاران (۲) از شبکه عصبی مصنوعی و مدل رگرسیونی چند متغیره به منظور پیش‌بینی عملکرد گندم براساس پارامترهای هواشناسی مشتمل بر میانگین حداقل و حداکثر دما، میانگین درجه حرارت در نقطه شبنم، رطوبت نسبی، بارش ماهیانه و سالیانه، میانگین دمای سالانه، سرعت باد، تعداد روزهای یخبندان، بارانی و ابری، بیشترین میزان بارندگی روزانه و برخی داده‌های دیگر استفاده نمودند. نتایج آنان نشان داد در میزان تولید گندم در دشت قروه، مقدار و نحوه پراکنش بارش و میانگین دمای حداکثر روزانه، خصوصاً در ماه‌های میانی و انتهایی رشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اسمیت و همکاران (۱۴) مشاهده کردند که عملکرد پیش‌بینی شده گندم در مرحله رشد ساقه ۴۶درصد تغییرات عملکرد واقعی را توضیح داد، در حالی‌که عملکرد پیش‌بینی شده در مرحله گرده افشانی ۵۶درصد این تغییرات را توضیح می‌دهد. به عبارت دیگر با پیشرفت دوره رشد و وارد شدن تعداد بیشترین از عوامل موثر بر عملکرد در مدل، دقت مدل در پیش‌بینی عملکرد افزایش می‌یابد. بازگیر و کمالی (۱) با استفاده از متغیرهای مختلف هواشناسی و شاخص‌های هواشناسی کشاورزی در شهرهای سنندج، قروه و بیجار اقدام به پیش‌بینی عملکرد گندم دیم نمودند. براساس این تحقیق در سنندج و قروه ۶۸ درصد، در کرمانشاه ۹۱ درصد و کنگاور ۸۱ درصد از تغییرات عملکرد محصول گندم دیم، متاثر از تغییرات پارامترهای هواشناسی و شاخص-های منتخب هواشناسی کشاورزی می‌باشد. عزیزی و صفرخانی (۵) با مقایسه توزیع بارش‌های فصلی و میزان عملکرد گندم دیم در خشکسالی‌های متوالی سال‌های زراعی ۷۸-۷۷ و ۷۹-۷۸ در استان لرستان نشان دادند، توزیع نامناسب بارش در طول فصول سال و همچنین کاهش بارش سالیانه، موجب کاهش شدید عملکرد گندم دیم شده است. بال و همکاران (۱۰) در استان پنجاب هندوستان به کمک رگرسیون چندگانه از پارامترهای آب و هوایی به عنوان متغیرهای مستقل مدل آماری استفاده نمودند. آن‌ها نشان دادند که ۶۹ درصد تغییرات عملکرد محصول گندم به دلیل تغییرات درجه حرارت حداقل روزانه و درجه- روزهای رشد می‌باشد. بازگیر (۱۱) نشان داد که بیشترین همبستگی بین عملکرد گندم آبی با درجه حرارت‌های حداقل و حداکثر، مقدار تجمعی واحدهای حرارتی آفتابی، مقدار تجمعی اختلاف درجه حرارت‌های حداکثر و حداقل روزانه و مقدار تبخیر از تشت در شهرهای هوشیارپور و روپنگر ایالت پنجاب هندوستان وجود دارد. در این مطالعه ثابت شد که ۶۱ درصد از تغییرات عملکرد محصول گندم به دلیل تغییرات پارامترهای مذکور بوده است. نصیری و همکاران (۱۳) از متوسط داده‌های ماهیانه ی هواشناسی سال‌های ۱۹۶۸ تا ۲۰۰۰ چند ایستگاه کشور استفاده کرده و بدین نتیجه رسیدند که کاهش عملکرد با کاهش بارندگی و کوتاهتر شدن طول دوره ی رشد گندم دیم در ارتباط است. برای مثال با افزایش ۴/۷ درجه سانتی‌گراد در دمای هوا و کاهش ۱۷/۷درصد در بارندگی، با ۴۰درصد کاهش در عملکرد گندم مواجه خواهیم شد. در آزمایشی که در اصفهان توسط جازی (۱۲) انجام شد، تاثیر رژیم آبیاری را روی شاخص رشد ۳ ژنوتیپ گندم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج وی نشان داد که بین عملکرد گندم و شاخص سطح برگ (LAI) همبستگی مثبت وجود دارد.

با توجه به تاثیر مهم عوامل آب و هوائی بر عملکرد محصول گندم، معرفی شاخص‌ها و متغیرهای کشاورزی که بیشترین تاثیر را در این خصوص دارند، لازم به نظر می‌رسد. بنابراین مطالعه حاضر با هدف بررسی میزان تاثیر پارامترهای هواشناسی بر عملکرد گندم در منطقه همدان می‌باشد. این تحقیق سعی در شناسایی اثرات این عوامل بر روی گندم دارد. این مطالعه اثرات مشترک عوامل اقلیمی برروی محصول گندم را در مقیاس استانی به صورت آماری ارزیابی به پیش بینی این محصول در سطح استان کمک می‌کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

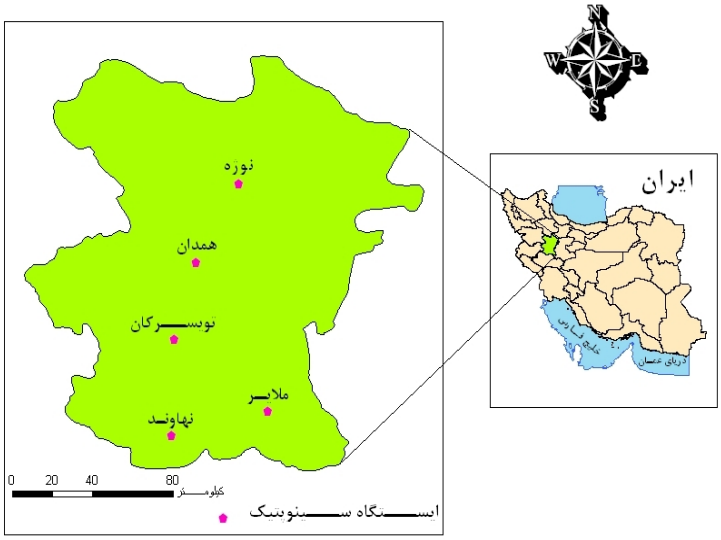
پژوهش حاضر با تاکید بر کشاورزی منطقه و محصول گندم و کلاً سطح زیر کشت گندم دیم و آبی استان در برخی ایستگاه‌های شاخص استان همدان انجام گرفت. ایستگاه‌های مورد مطالعه شامل: همدان، ملایر، نهاوند، تویسرکان، رزن، اسد آباد و کبودر آهنگ می‌باشد که مشخصات و موقعیت آن‌ها در شکل ۱ و جدول ۱ آورده شده است. بر اساس اقلیم نمای دو مارتن اغلب شهرهای استان همدان دارای اقلیم سرد نیمه خشک می‌باشد (۴).

با توجه به اینکه داده‌های دراز مدت شاخص عملکرد گندم دیم و آبی فقط در برخی نقاط استان موجود بود، در این تحقیق صرفا شهرهای ذکر شده جهت مطالعه فاکتورهای جوی بر عملکرد برگزیده شدند.

استان همدان یکی از نواحی کوهستانی واقع در غرب کشور است که در حد فاصل عرض جغرافیایی ′۳۳ °۳۳ تا ′۳۸ °۳۵ شمالی و طول جغرافیایی ′۴۵ °۴۷ تا ′۳۶ °۴۹ شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. این استان از شمال به استان قزوین و زنجان، از جنوب به استان لرستان، از غرب به استان کرمانشاه و قسمتی از استان کردستان و از شرق به استان مرکزی محدود می‌باشد. مساحت استان در حدود ۱۹۵۴۵ کیلومترمربع می‌باشد و در حدود ۵/۱۱ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص می‌دهد (شکل ۱) که از این نظر در بین ۳۰ استان کشور در ردیف ۲۱ قرار دارد.

جدول۱- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی (درجه شمالی)	طول جغرافیایی (درجه شرقی)	ارتفاع (متر)	نوع ایستگاه
۱	همدان	۳۴-۵۱	۴۸-۳۲	۱۷۴۹	سینوپتیک
۲	نهاوند	۳۴-۰۹	۴۸-۲۴	۱۶۵۸	سینوپتیک
۳	ملایر	۳۴-۱۷	۴۸-۴۹	۱۷۴۰	سینوپتیک
۴	تویسرکان	۳۴-۳۳	۴۸-۳۶	۱۷۸۳	سینوپتیک
۵	کبودر آهنگ	۳۵-۲۱	۴۹-۰۴	۱۸۷۰	اقلیم شناسی
۶	اسد آباد	۳۴-۳۷	۴۸-۰۷	۱۶۰۰	خودکار (AWS)
۷	رزن	۳۴-۵۴	۴۸-۲۶	۱۷۰۰	باران سنجی



شکل۱ - موقعیت جغرافیایی برخی ایستگاه‌های منتخب در سطح استان همدان

بلندترین نقطه استان همدان قله الوند به ارتفاع ۳۵۷۴ متر از سطح دریا و پست‌ترین نقطه آن نیز در محل خروجی رودخانه قره‌چای در منطقه عمرآباد به ارتفاع ۱۵۵۵ متر از سطح دریا می‌باشد (۳).

داده‌های مورد استفاده

در تحقیق حاضر داده‌های هواشناسی و اگروکلیمایی مشتمل بر بارش، دمای هوا، شاخص کمبود بارش مرجع، شاخص کمبود بارش گیاهی، شاخص حرارتی درجه-روز رشد در آستانه‌های حرارتی مختلف، در طول دوره آماری ۱۳۷۱ الی ۱۳۸۷ مورد استفاده قرار گرفت.

روش‌های گرافیکی از این جهت که معیار عددی برای بیان حالت همگنی یا غیر همگنی در آن‌ها وجود ندارد، دارای نواقصی است. به همین منظور، در این پژوهش علاوه بر روش گرافیکی، جهت حصول اطمینان بیشتر از آزمون همگنی یا آزمون ران (Run Test) نیز استفاده شد.

روش تحقیق

مقادیر تبخیر و تعرق گندم (ET_C) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۴):

$$ET_C = ET_o . Kc \quad (۱)$$

که در آن ET_C مقدار تبخیر و تعرق روزانه گندم در مراحل مختلف دوره رشد (mm/d)، Kc ضریب گیاهی گندم در مراحل مختلف رشد، و ET_o مقدار تبخیر و تعرق روزانه مرجع (mm/d) می‌باشد. روش مورد استفاده برای تخمین تبخیر تعرق مرجع براساس مطالعات سبزی‌پرور و همکاران (۴) روش هاگریوز سامانی (۱۹۸۲) بود. لازم به ذکر است که در این تحقیق مقادیر Kc در چهار مرحله (اولیه، رشد سریع، اواسط رشد، انتهای رشد) با اقتباس از فرشی و همکاران (۸)

که برای شرایط اقلیمی استان همدان توصیه شده است بکار گرفته شده است.

روش محاسبه کمبود بارش

جهت محاسبه کمبود بارش به دو صورت عمل شد: ۱) کمبود بارش در طول دوره رشد گندم با در نظر گرفتن تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_o) در منطقه (رابطه ۲) ، ۲) کمبود بارش در طول دوره رشد گندم با در نظر گرفتن تبخیر و تعرق واقعی گندم (ET_C) (رابطه ۳).

$$RPD = \sum (P\text{-}ET_o) \quad (۲)$$

$$CPD = \sum (P\text{-}ET_C) \quad (۳)$$

در رابطه فوق P مقدار بارش (mm)، RPD (Reference Precipitation Deficit) کمبود بارش مرجع (mm) و (Crop CPD Precipitation Deficit) کمبود بارش گیاهی (mm) می‌باشند. در نقشه‌های شماره ۲-۹ پهنه بندی کمبود بارش مرجع استان در دوره مورد مطالعه نمایش داده شده است. کمبود بارش با مقادیر منفی تر نشان دهنده خشک تر بودن منطقه و مناسب نبودن شرایط برای کشت محصولات کشاورزی است. مقادیر نزدیک صفر و بالای صفر حاکی از شرایط مناسب برای کشاورزی است.

روابط همبستگی مورد استفاده

در پژوهش حاضر داده‌های عملکرد (شاخص عملکرد سطح زیر کشت، مقدار تولید) در مقیاس سالانه به عنوان متغیر وابسته (Y) به کار گرفته می‌شود. همچنین از داده‌های بارش کل سالیانه، مجموع بارش‌های فصلی، بارش کل ماهیانه، مجموع بارش‌های ده روزه، مقدار تبخیر و تعرق مرجع روزانه (ET_0) و تبخیر و تعرق واقعی روزانه گندم (ET_C)، کمبود بارش مرجع ($P\text{-}ET_0$) ، کمبود بارش گیاهی ($P\text{-}ET_C$) ، مجموع حرارت مورد نیاز گندم در طول دوره رشد بر حسب درجه- روز (GDD) در مبناهای حرارتی مختلف با مبنای سال آبی به عنوان متغیرهای مستقل (X) در مقیاس زمانی ده روزه، ماهیانه و سالیانه جهت تعیین روابط همبستگی استفاده می‌گردد.

مدل‌های آماری مانند رگرسیون، برای اندازه‌ی نمونه‌ی کوچک و در هنگامی‌که تئوری یا آزمایش، یک رابطه‌ی اصولی بین متغیرهای وابسته و مستقل نشان می‌دهند، بهتر اجرا می‌شوند. به منظور پیدا نمودن متغیرهای مستقلی که بیشترین تاثیر را بر تغییرات عملکرد محصول دارند، از روش‌های مختلف استفاده می‌شود که به طور کلی به دو روش رگرسیون تک متغیره و چند متغیره تقسیم می‌شوند. در رگرسیون تک متغیره با در نظر گرفتن فقط یک متغیر به بررسی ارتباط بین متغیر وابسته و متغیر مستقل پرداخته می‌شود. اما در چند متغیره به طور همزمان تاثیر چند متغیر مستقل بر متغیر وابسته مشخص می‌گردد که تعدادی از این روش‌ها به شرح ذیل است:

با در نظر گرفتن معادله خطی بین متغیرهای مستقل و وابسته، رگرسیون خطی، و با برقراری رابطه غیر خطی بین متغیرها، رگرسیون غیر خطی ایجاد می‌گردد.

در این مطالعه، همبستگی‌ها در شروع بصورت خطی تک متغیره (رابطه۴) مورد آزمون قرار گرفت.

$$Y = aX+b \quad (۴)$$

که در آن Y، عملکرد گندم (تولید، سطح زیر کشت و شاخص عملکرد) و X، متغیر مستقل مورد بررسی می‌باشند. در ادامه، همبستگی‌های معنی‌دار با ارائه فرمول مربوطه و متغیرهای ورودی، معرفی شدند. همچنین با آزمون پیرسون، پارامترهای هواشناسی موثر بر عملکرد گندم (دیم و آبی) شناسایی شد. در نهایت با منظور نمودن پارامترهای موثر، مدل رگرسیون چند متغیره (رابطه ۵) مناسب برای پیش‌بینی عملکرد گندم در ایستگاه‌های منطقه ارائه شد:

$$Y = a_1 X_{1+} a_1 X_{2+} a_3X_3 +\ldots\ldots+ a_nx_n \quad (۵)$$

در این تحقیق مدل‌سازی در محیط نرم‌افزار SPSS با سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد تعیین شد. پس از تکمیل دوره آماری داده‌های مورد استفاده، که در بخش قبلی ذکر شد، و انجام آزمون‌های کیفی روی این داده‌ها، دوره آماری مشترک جهت انجام محاسبات بعدی مشخص شد. در این پژوهش با توجه به جوان بودن برخی ایستگاه‌های استان به ویژه داده‌های هواشناسی، دوره آماری مشترک بر مبنای سال زراعی (آبی) متغیر و بین سال‌های ۱۳۷۱ الی ۱۳۸۷ انتخاب شد.

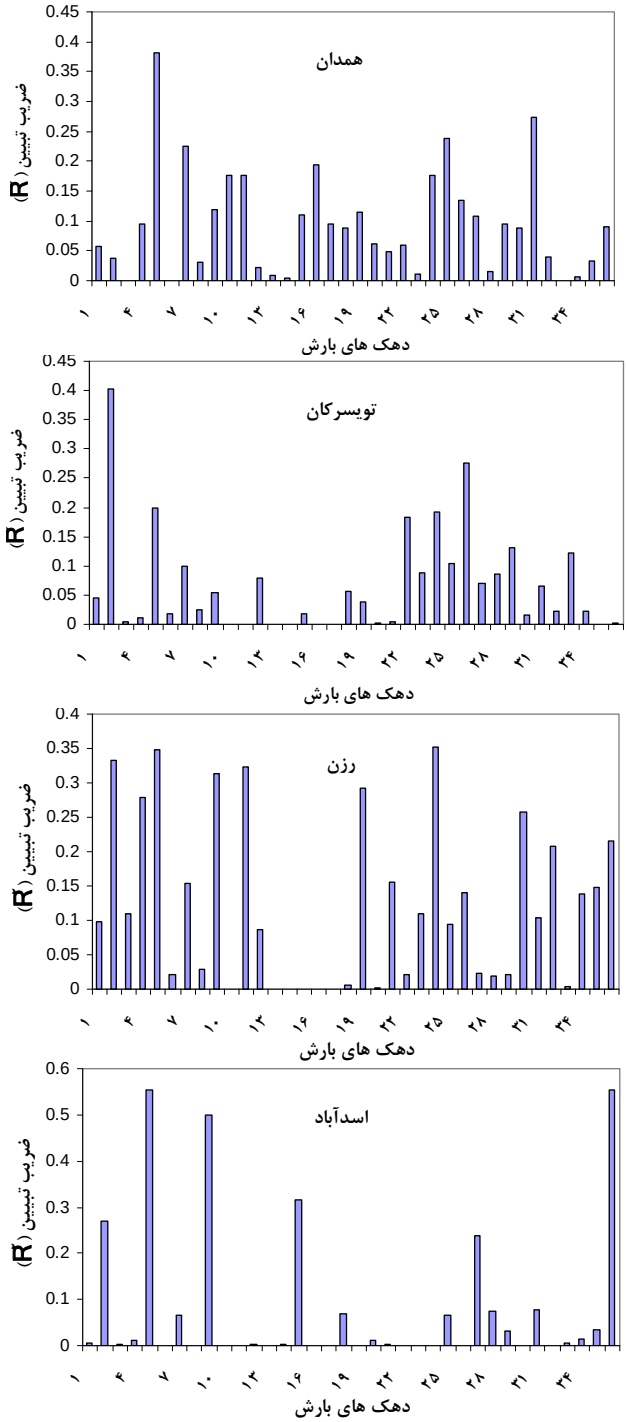
نتایج و بحث

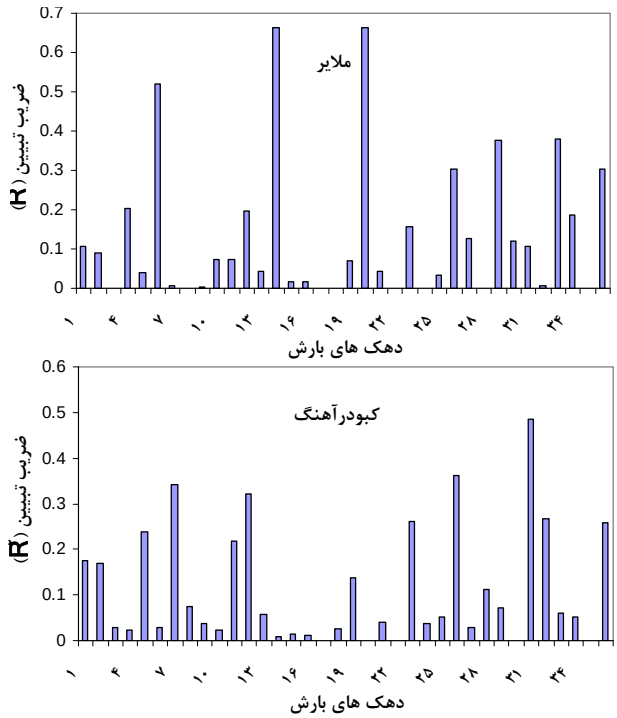
شاخص عملکرد گندم با بارش‌های ۱۰ روزه

با توجه به اینکه بررسی همبستگی شاخص عملکرد با متغیر بسیار مهم اگروکلیمایی بارش در مقیاس‌های سالیانه، فصلی و ماهیانه ممکن است به حذف برخی اثرات دوره‌های کوتاه مدت بارش منجر گردد، به همین منظور بارش‌های مشاهده شده در طول سال به ۳۶ دوره ده روزه (۳۶ دهک بارش) تقسیم شد. با توجه به اهمیت سال زراعی که از اول مهر شروع می‌گردد، شروع اولین دهک ابتدای این ماه در نظر گرفته شد، بطوریکه دهک (۱) اشاره به ده روز اول مهر، دهک (۱۹) بیانگر ۱۰ روز اول فروردین ودهک (۲۸) بیانگر ده روز اول تیرماه می‌باشد. خلاصه نتایج ضرایب تبیین اماری (R^2) بین عملکرد گندم دیم و دهک‌های بارش شهرهای مختلف استان در شکل ۲ ارائه شده است.

نتایج همبستگی‌ها نشان داد که برای کشت گندم دیم مهم‌ترین دهک‌های بارش، ریزش هایی است که به ترتیب در ماه‌های اردیبهشت و فروردین (دهک‌های ۱۹ تا ۲۳) به وقوع پیوسته اند واین بارش‌ها تاثیر قابل ملاحظه‌ای درعملکرد محصول گندم دیم داشته‌اند.

متوسط ضریب تبیین در ماه‌های فوق حدود ۰/۶۵ بدست آمد. از ماه‌های تابستان، بارش‌های نازل شده در دهک‌های تیر ومرداد نیز تاثیر خوبی در عملکرد گندم دیم ایجاد نمودند (شکل۲). برای گندم آبی شهرهای استان نیز نتایج تقریبا مشابهی بدست امد (مهم‌ترین دهک‌های تاثیر گذار بارش‌های نازل شده در ماه‌های اردیبهشت و فروردین)، با این تفاوت که بارش‌های تابستانه تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر دامنه عملکرد نشان ندادند.



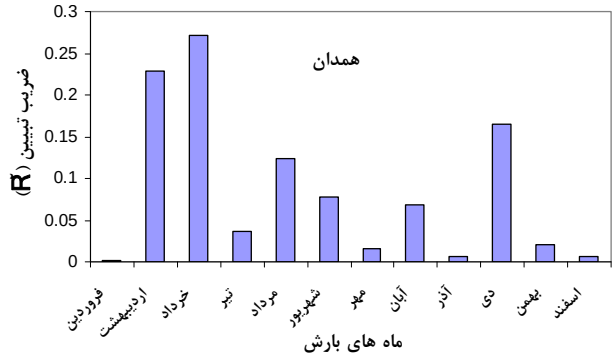


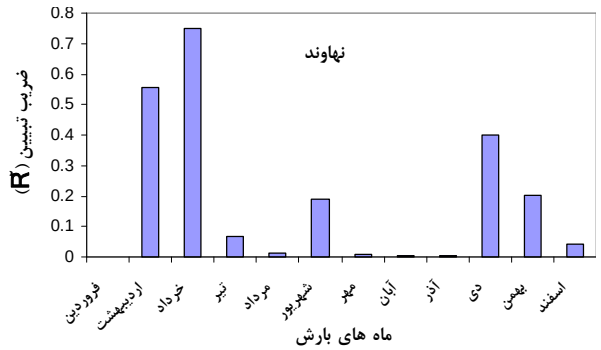
شکل ۲- مقایسه ضرایب تبیین روابط رگرسیونی بین عملکرد گندم دیم با دهک های بارش در مجموعه شهرهای استان همدان

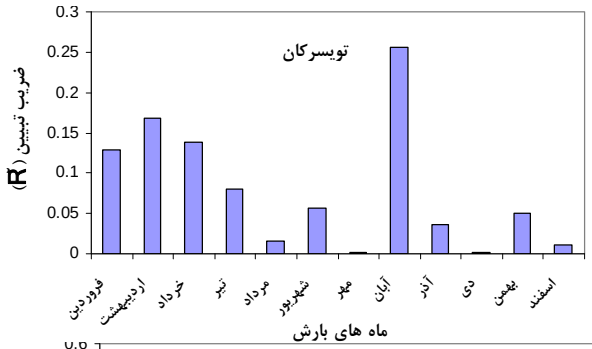
شاخص عملکرد گندم با بارش‌های ماهیانه

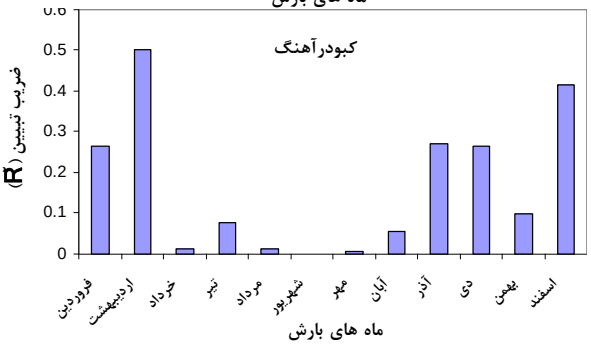
روابط رگرسیون خطی بین شاخص عملکرد گندم (دیم وآبی) با متغیر بارش‌های ماهیانه برای هر یک از ۱۲ ماه سال وکلیه ایستگاه‌های تحت مطالعه استان برقرار شد (شکل۳). بررسی‌ها نشان دادکه بارش‌های ماه‌های اردیبهشت وخرداد بیشترین تاثیر را بر مقدار عملکرد محصول گندم استان داشته اند. بعد از بارش‌های بهاره، بارش زمستانه اسفندماه تاثیر خوبی بر محصول گندم گذاشته است. نتایج نشان داد که ضرایب تبیین بین ۰/۲ الی ۰/۵۵ متغیر می‌باشد. با توجه به اینکه بارش‌های ماه‌های بهار نقش قابل ملاحظه‌ای در افزایش عملکرد گندم ایفا می‌نماید، لذا تغییر الگوی زمانی بارش در فصل بهار می‌تواند به تغییر قابل ملاحظه‌ای در عملکرد گندم منجر گردد.

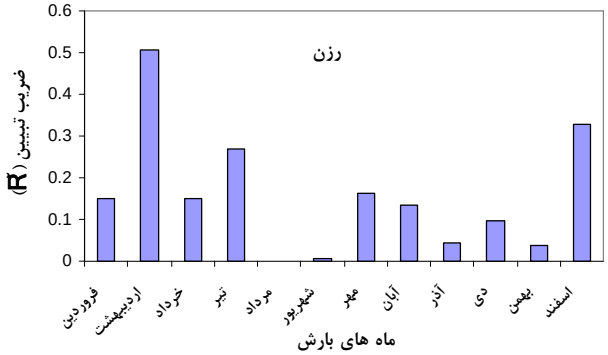
این نتیجه با نتایج بدست آمده توسط قربانی و همکاران (۹) که ۶ ماه اول سال زراعی (مهر تااسفند) را موثرترین دوره بارش بر عملکرد گندم زمستانه دیم در استان قزوین اعلام کردند همخوانی ندارد. اگرچه نامبردگان ۲۰روز بعد از فروردین را از ماه‌های اثر گذار بر رویش وعملکرد گندم نیز اعلام نمودند. علت این امر ممکن است به تفاوت شرایط اقلیمی دو استان یا رقم بکار رفته گندم مرتبط باشد.

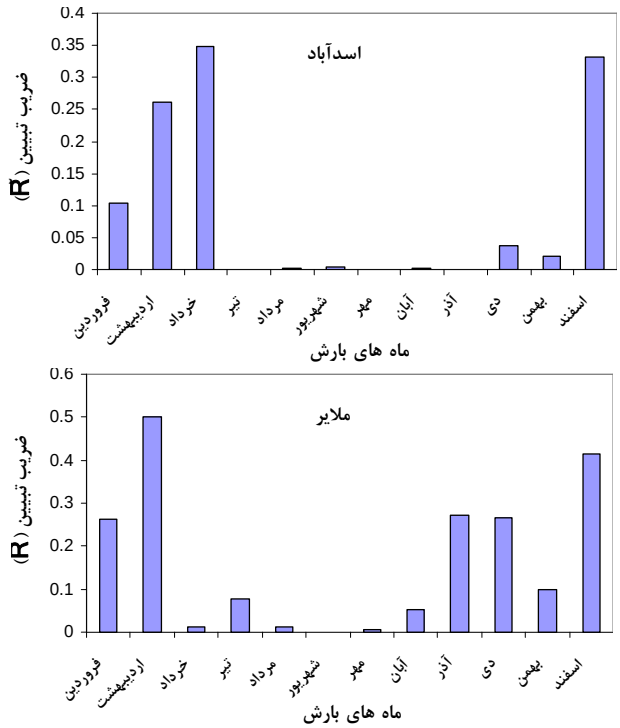



نهاوند
ضریب تبیین (R^2)
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
فروردین
اردیبهشت
خرداد
تیر
مرداد
شهریور
مهر
آبان
آذر
دی
بهمن
اسفند
ماه های بارش


تویسرکان
ضریب تبیین (R^2)
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
فروردین
اردیبهشت
خرداد
تیر
مرداد
شهریور
مهر
آبان
آذر
دی
بهمن
اسفند
ماه های بارش


کبودرآهنگ
ضریب تبیین (R^2)
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
فروردین
اردیبهشت
خرداد
تیر
مرداد
شهریور
مهر
آبان
آذر
دی
بهمن
اسفند
ماه های بارش

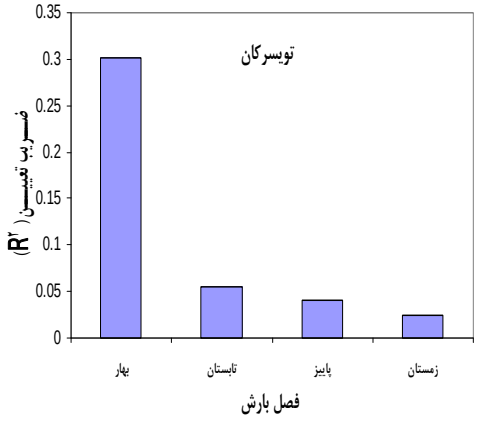

رزن
ضریب تبیین (R^2)
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
فروردین
اردیبهشت
خرداد
تیر
مرداد
شهریور
مهر
آبان
آذر
دی
بهمن
اسفند
ماه های بارش

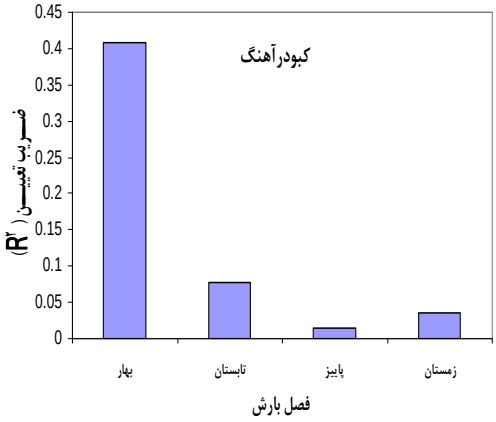


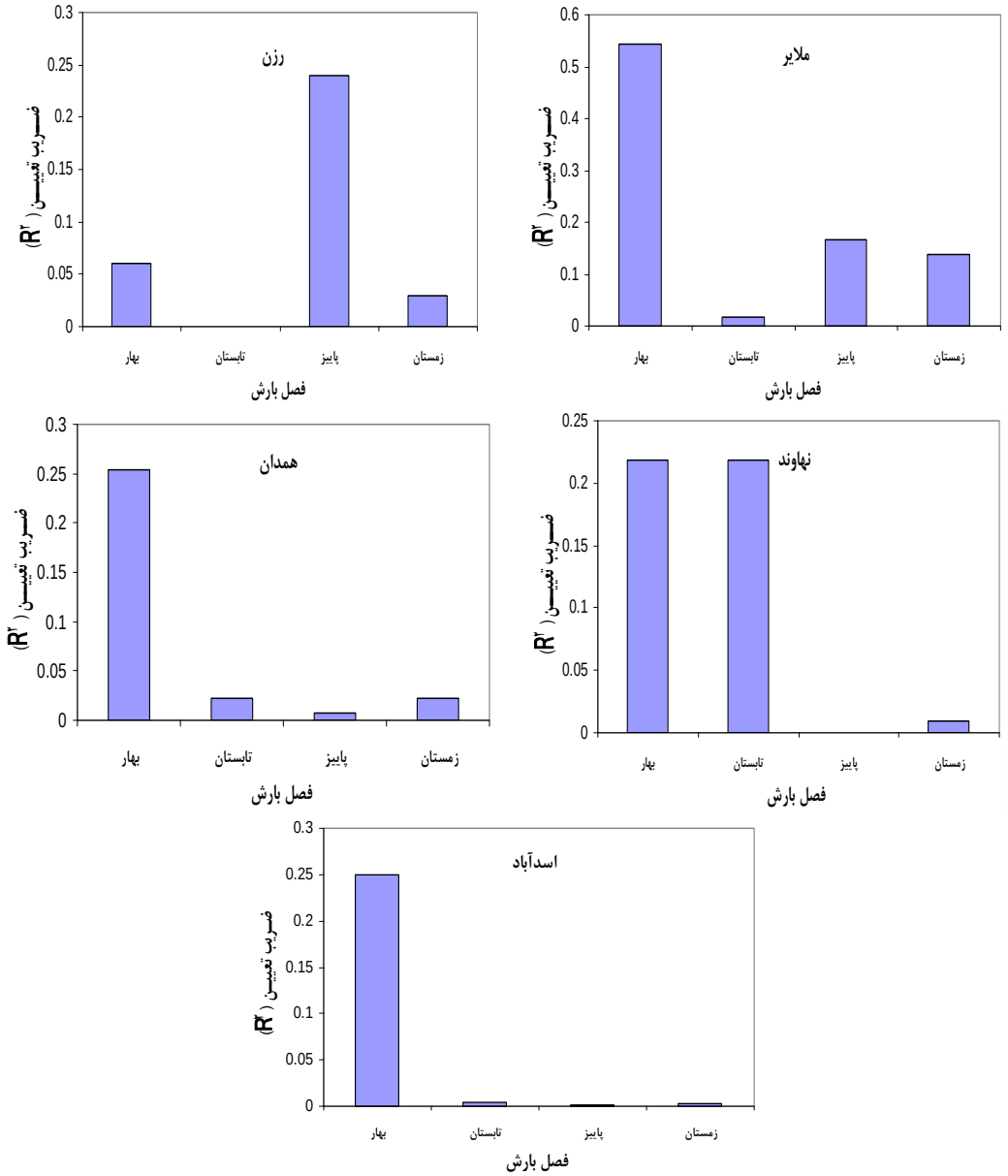
شکل۳- مقایسه ضرایب تبیین روابط رگرسیونی بین عملکرد گندم دیم با ماه‌های بارش در مجموعه شهرهای استان همدان

شاخص عملکرد با بارش فصلی

مشابه بقیه مقیاس‌های زمانی، روابط همبستگی عملکرد – بارش فصلی بررسی شد. بررسی‌ها نشان داد که قوی‌ترین همبستگی‌ها برای بارش فصل بهار بدست آمد. بدین معنی که مهم‌ترین فصل اثرگذار بر مقدار عملکرد گندم (دیم وآبی) بارش‌های فصل بهار می‌باشد. این نتیجه با نتایج ماهیانه که بارش‌های ماه‌های فروردین، اردیبهشت را اثرگذارترین ماه‌ها بر مقدار عملکرد معرفی نمود، مطابقت دارد. میانگین ضریب تبیین زوج آماری همبستگی عملکرد- بارش فصلی (بهار) برای گندم دیم ۰/۳۲۵ بدست آمد. بالاترین همبستگی برای ایستگاه ملایر حاصل شد (شکل۴).



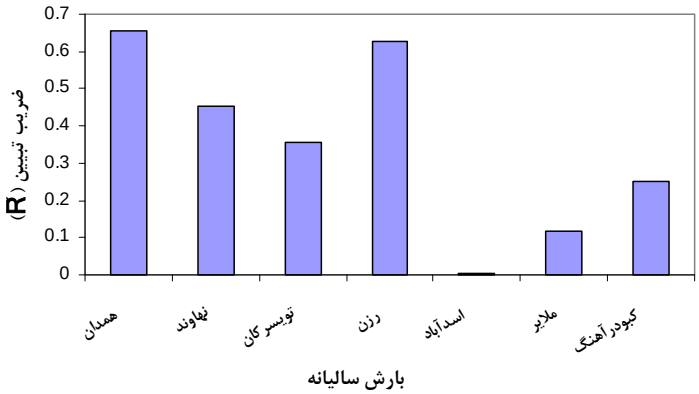




شکل ٤- مقایسه ضرایب تبیین روابط رگرسیونی بین عملکرد گندم دیم با بارش فصلی در شهرهای استان همدان

روابط رگرسیونی شاخص عملکرد با بارش سالیانه

به روش مشابه، روابط همبستگی خطی بین متغیر مستقل عملکرد سالیانه وبارش سالیانه انجام شد. نتایج نشان داد که محدوده تغییرات ضرایب تبیین(R^2) ایستگاه‌های مورد مطالعه بین ۰/۲ الی ۰/۶۵ تغییر می‌کند (شکل۵). این بدان معنی است که تغییرات بارش سالانه در ایستگاه‌های استان می‌تواند تا ۶۵ درصد از تغییرات عملکرد سالانه گندم دیم وآبی را در استان توجیه نماید. مقایسه ضرایب تبیین گندم دیم با ضرایب تبیین بدست آمده برای گندم آبی نشان داد که میانگین ضرایب برای گندم دیم حدوداً دو برابر گندم آبی است. بدین معنی که گندم دیم نسبت به نوسانات بارش سالانه حساسیت بیشترین از خود نشان می‌دهد (تا دو برابر) و در برابر تغییرات وقایعی نظیر خشکسالی، وقوع لانینا و نوسانات اطلس شمالی (NAO) شکننده تر و تاثیرپذیری بیشترین دارد. قوی‌ترین همبستگی‌های سالیانه برای گندم دیم شهرهای همدان و رزن (R^2= ۰/۶) وضعیف‌ترین همبستگی‌ها برای گندم آبی شهرهای اسداباد, ملایر و کبودرآهنگ بدست آمد (R^2< ۰/۱). شکل ۵ توزیع پراکندگی تغییرات ضرایب تبیین عملکرد سالیانه–بارش سالیانه را برای گندم دیم در مجموعه ایستگاه‌های مورد مطالعه نمایش می‌دهد.



شکل ۵- توزیع پراکندگی ضرایب تبیین روابط رگرسیونی شاخص عملکرد سالیانه گندم دیم با بارش سالیانه در مجموعه ایستگاه‌های استان همدان

بررسی روابط رگرسیون خطی شاخص عملکرد با کمبود بارش مرجع در مقیاس سالیانه

نظر به اینکه پارامترهای مرتبط با نیاز آبی گیاه نقش خود را در شاخص کمبود بارش مرجع ($P\text{-}ET_o$) بهتر نشان می‌دهند (در مقایسه با بارش به تنهایی)، به همین منظور روابط همبستگی بین عملکرد سالانه گندم دیم و آبی واین شاخص در این مطالعه ارائه شد. نتایج ارزیابی نشان داد که عملکرد گندم در شهرهای همدان، کبودراهنگ و رزن حساسیت نسبتا مطلوبی به شاخص کمبود بارش مرجع از خود نشان می‌دهد (شکل ۶).

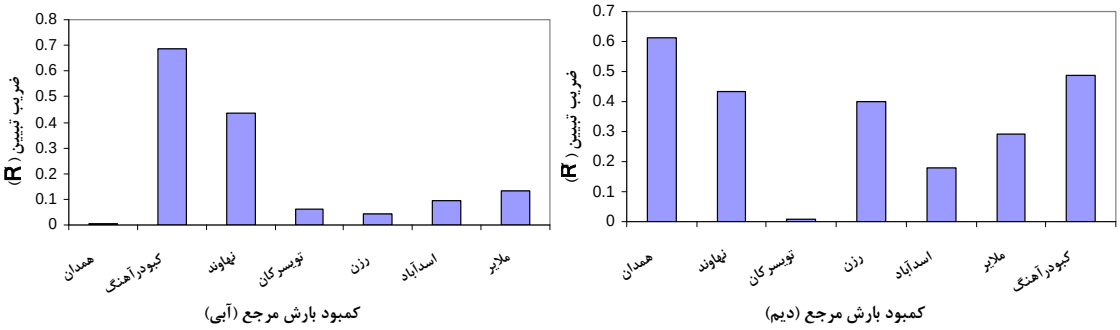
مقایسه ضرایب تبیین کمبود بارش دیم با ضرایب تبیین کمبود بارش آبی نشان داد که میانگین ضرایب تبیین برای گندم دیم بیشتر از گندم آبی است. لذا گندم دیم به شاخص کمبود بارش مرجع حساسیت بیشترین نشان می‌دهد. در بین شهرهای استان حداکثر ضریب تبیین گندم دیم با مقدار R^2= ۰/۶۱ به همدان اختصاص دارد.

نظر به اینکه تا کنون پژوهش مشابهی جهت مقایسه نتایج شاخص کمبود بارش گزارش نشده است، لذا امکان مقایسه تاثیر کمبود بارش مرجع بر عملکرد سالیانه گندم در این تحقیق فراهم نشد.

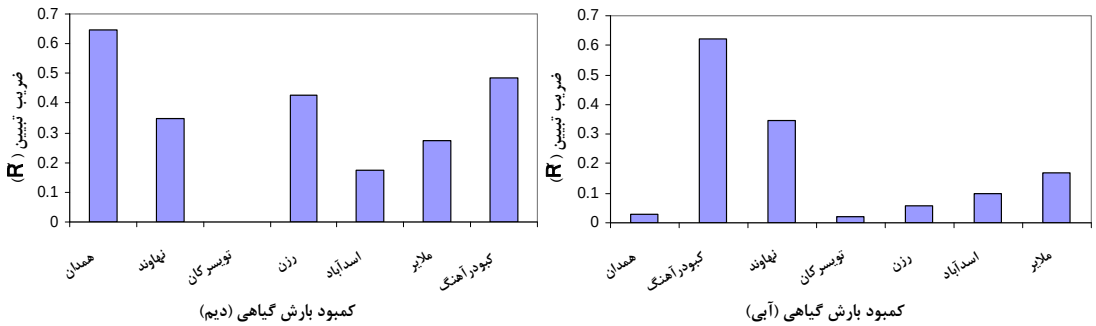
متوسط ضرایب تبیین روابط رگرسیون عملکرد- کمبود بارش مرجع برای شهرهای استان (به استثناء شهرهای ملایر و نهاوند که اقلیم گرمتر دارند) مقدار ۰/۳۶ بدست آمد.

بررسی روابط رگرسیون خطی شاخص عملکرد با کمبود بارش گیاهی در مقیاس سالیانه

مشابه کمبود بارش مرجع، روابط رگرسیون خطی بین شاخص عملکرد سالیانه و شاخص کمبود بارش گیاهی انجام شد. مقایسه نتایج گندم آبی ودیم حاکی از همبستگی قویتر برای گندم دیم بود. بالاترین ضرایب همبستگی دیم برای شهرهای همدان (دیم) وکبودرآهنگ (دیم) بدست آمد (شکل ۷). در مجموع با توجه به اینکه کمبود بارش گیاهی تاثیرات فیزیولوژی گیاهی و متغیرهای آگروکلیماتولوژی محیط را بر عملکرد گندم بهتر از شاخص($P\text{-}ET_o$) منعکس می‌کند، لذا شاخص کمبود بارش گیاهی ($P\text{-}ET_c$) جهت پیش بینی عملکرد گندم نیز توصیه می‌گردد. میانگین ضرایب تبیین عملکرد–کمبود بارش گیاهی برای شهرهای استان (به استثناء ایستگاه‌های ملایر ونهاوند که اقلیم گرم‌تری دارند) برابر ۰/۳۶۵ بدست آمد.



شکل ٦ - مقایسه همبستگی آماری عملکرد با کمبود بارش مرجع در شهرهای مورد مطالعه برای گندم آبی و گندم دیم



شکل ۷- مقایسه همبستگی آماری عملکرد با کمبود بارش گیاهی در شهرهای مورد مطالعه برای گندم آبی و گندم دیم

نتایج همبستگی عملکرد گندم با شاخص حرارتی درجه- روز رشد در مقیاس ده روزه

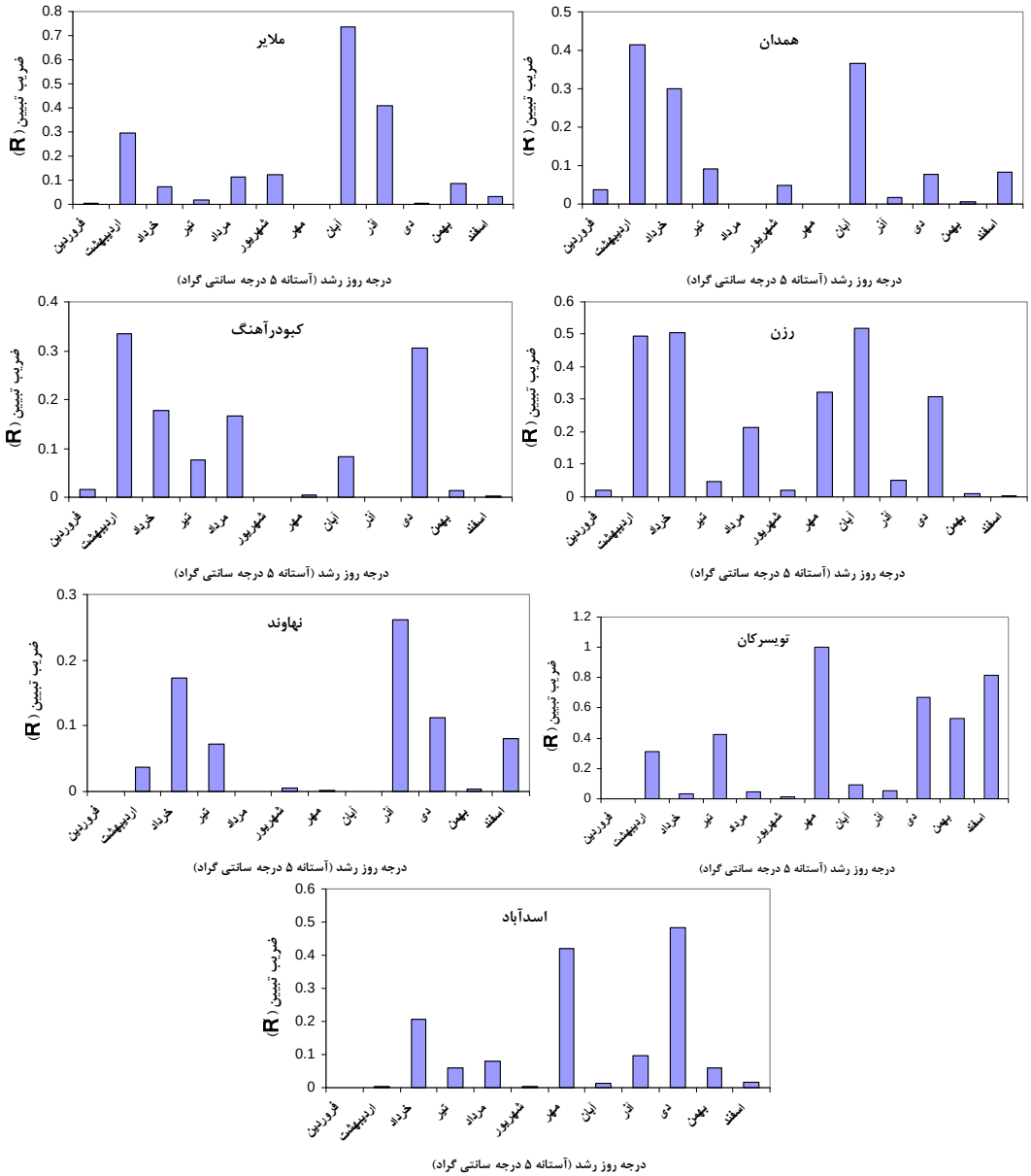
تاکنون مطالعات زیادی در خصوص ارزیابی تاثیر شاخص حرارتی درجه- روز رشد گیاه بر عملکرد کمی وکیفی گندم در نقاط مختلف دنیا انجام وگزارش شده است. در اغلب این مطالعات آستانه‌های حرارتی صفر درجه و۵ درجه جهت محاسبه درجه- روز رشد تجمعی(GDD) گندم انتخاب شده است. به همین منظور روابط همبستگی جدیدی بین عملکرد گندم دیم وآبی و شاخص (GDD) در مقیاس‌های ده روزه ویکماهه انجام شد. در این تحقیق محاسبات برای آستانه‌های حرارتی صفر,۵ ,۱۰، ۱۵، و ۲۰ درجه سانتی گراد به عمل آمد. نتایج تحلیل همبستگی عملکرد- GDD برای گندم دیم وآبی تاکید بر نقش تاثیرگذارتر آستانه‌های حرارتی صفر درجه و ۵ درجه نمود. بطوریکه شهرهای جنوبی استان (ملایر) با آستانه‌های حرارتی ۵ درجه همبستگی قوی‌تری را با عملکرد گندم نشان دادند. با توجه به اینکه محاسبات برای هر ایستگاه در ۳۶۰ ترکیب ارائه شد (۳۶ دهک×۵ پایه حرارتی×۲ نوع گندم دیم وآبی). لذا در مجموع دسته بندی نتایج بصورت متمرکز امکان پذیر نبود. مقایسه ضرایب تبیین بدست آمده نشان داد که گندم دیم اثر پذیری بیشتری را نسبت به GDD ده روزه از خود نشان داد (در مقایسه با گندم آبی). محدوده تغییرات دامنه R^2 از ۰/۲۱ الی ۰/۴۶ در شهرهای مختلف ودهک‌های مختلف مشاهده شد.

همبستگی عملکرد گندم با شاخص حرارتی درجه- روز رشد در مقیاس ماهیانه

مشابه تحلیل آماری که برای GDD ده روزه انجام شد، روابط همبستگی آماری بین عملکرد گندم و GDD در مقیاس ماهیانه ارائه شد. مشابه نتایج آماری GDD ده روزه، بهترین همبستگی‌ها برای آستانه حرارتی ۵ درجه سانتی گراد بدست آمد (شکل ۸). برای سایر آستانه‌ها ضرایب تبیین و همبستگی‌ها بسیار ضعیف تر از آستانه ۵ درجه تشخیص داده شد. به همین دلیل بطور نمونه نتایج تحلیل GDD ماهیانه برای آستانه حرارتی ۵ درجه سانتی گراد در ایستگاه‌های مورد مطالعه مورد بحث قرار می‌گیرد. طبق شکل ۸ بهترین ضرایب برای ماه‌های اردیبهشت, خرداد و دیماه بدست آمد. یعنی تاثیر نوسانات دما در این ماه‌ها اثر قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد گندم خواهد داشت. لذا به نظر می‌رسد تغییرات دمایی که در دیگر ماه‌های سال به وقوع می‌پیوندد تاثیر زیادی بر عملکرد گندم به ویژه از نوع آبی ندارد. باتوجه به آمار ۵ ساله مراحل فنولوژی درایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان (۷ مرحله), ماه‌های اردیبهشت وخرداد با سه مرحله آخر رشد گندم آبی (خوشه دهی، گلدهی، رسیدن کامل) مطابقت دارد. بالا بودن ضریب تبیین همبستگی در دیماه مطابق با تاریخ پنجه زنی گندم زمستانه همدان می‌باشد. با توجه به تفاوت میانگین دمای هوا در شمال وجنوب استان، تاخیر وتقدم زمانی در حد متوسط دو هفته در تاریخ وقوع هر یک از مراحل هفت گانه دوره فنولوژی گندم در استان را می‌بایست مد نظر قرار داد. لازم به ذکر است که تحلیل‌های همبستگی درجه- روز بصورت دو متغیره و با مستقل فرض نمودن GDD از دیگر پارامترهای هواشناسی انجام شد. بدیهی است با توجه به اینکه متغیرهای هواشناسی اثرگذار در مراحل رشد گندم از یکدیگر مستقل نمی باشند، می‌بایست در تحلیلی جداگانه تاثیر همه متغیرها بر عملکرد گندم بطور همزمان بصورت چند متغیره انجام گیرد، تا دامنه تاثیر GDD در مقایسه با سایر پارامترها مشخص گردد. این موضوع تحقیق جداگانه‌ای را در آینده طلب می‌کند.

نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف بررسی عوامل آگروکلیماتیک بر عملکرد گندم دیم و آبی در ایستگاه‌های منتخب استان همدان انجام شد. بررسی با روش رگرسیون خطی دو متغیره و چند متغیره انجام و اثرگذاری هر یک از این عوامل بر عملکرد گندم با معیارهای آماری ضریب همبستگی(r) و ضریب تبیین (R^2) مقایسه شد. جهت بررسی میزان تاثیر عوامل مهم هواشناسی بر شاخص عملکرد، سناریوهای مختلفی بررسی شد که با توجه به تعدد سناریوها فقط به نتایج مهم بدست آمده اشاره می‌گردد:



شکل ۸- نمودار میله‌ای ضرایب تبیین عملکرد- GDD ماهیانه با آستانه حرارتی ۵ درجه سانتیگراد برای ایستگاه‌های مورد مطالعه (گندم دیم)

- در مجموع، حساسیت شاخص عملکرد گندم دیم نسبت به پارامترهای جوی و آگروکلیمایی بیشتر از گندم آبی بدست آمد. بدین معنی که تغییرات عوامل اثرگذار جوی، تغییرات به وجود آمده در شاخص تاثیرپذیر (عملکرد گندم) را برای گندم دیم بهتر توجیه می‌کند [$R^2_{(ابی)} > R^2_{(دیم)}$].
- بهترین همبستگی برای عملکرد-درجه روز رشد روزانه برای آستانه‌های حرارتی صفر درجه و ۵ درجه سانتیگراد بدست آمد ولی به طور کلی ضرایب همبستگی عملکرد – درجه روز رشد برای شهرهای استان خیلی کمتر از مطالعات مشابه در دیگر استان‌ها بدست آمد. بدین معنی که در پیش بینی عملکرد محصول گندم در استان (بویژه گندم دیم) دیگر شاخص‌های مورد مطالعه (بارش وکمبود بارش) قابل اعتماد تر از شاخص درجه – روز رشد تشخیص داده شدند.
- مقایسه نتایج همبستگی‌های عملکرد-بارش در مقیاس‌های

سالیانه، فصلی، ماهیانه و ده روز نشان داد که شاخص بارش ده روز (دهکی) با دقت بهتری تغییرات زمانی عملکرد گندم (بویژه گندم دیم) را توجیه می‌کند. حساس‌ترین ماه‌های تاثیرگذار بر عملکرد گندم در استان همدان ماه‌های فروردین واردیبهشت بدست آمد. در شهرهای جنوبی تر استان، بارش دهک‌های نازل شده در اسفندماه تاثیر قابل ملاحظه‌تری بر عملکرد گندم داشت.

- در این تحقیق برای اولین بار از شاخص آگروکلیماتیک کمبود بارش مرجع وکمبود بارش گیاهی به عنوان متغیر پیش گو کننده معرفی و استفاده شد. با توجه به اینکه این شاخص کلیه شرایط جوی , گیاهی و خاک را در رشد و نمو گیاه منظور می‌نماید، نتایج روابط رگرسیون عملکرد – کمبود بارش حاکی از این واقعیت بود که شاخص کمبود بارش تغییرات عملکرد گندم آبی و گندم دیم را به خوبی توجیه می‌کند و این شاخص می‌تواند به عنوان یک متغیر پیش گو کننده، عملکرد گندم در استان را پیش بینی نماید. از دو شاخص کمبود بارش مرجع ($P\text{-}ET_o$) و کمبود بارش گیاهی ($P\text{-}ET_c$) ، شاخص کمبود بارش گیاهی در پیش بینی عملکرد گندم، ضرایب همبستگی مطلوب‌تری را در ایستگاه‌های تحت مطالعه نشان داد. ضمناً قابلیت پیش بینی گندم دیم بدلیل حذف عوامل انسانی از گندم آبی بیشتر بود.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت اداره کل هواشناسی استان همدان در دانشگاه بوعلی سینا بر اساس قرار داد ۳۱/۳۸۹۷-ه و ۵۶۷-۳۲ به انجام رسید که بدینوسیله از زحمات مدیریت و کارشناسان آن اداره تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱- بازگیر س. و کمالی غ.ع. ۱۳۸۷. پیش بینی عملکرد گندم دیم با استفاده از شاخص‌های هواشناسی کشاورزی در برخی از مناطق غرب کشور. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پانزدهم، شماره دوم.

۲- حسینی س.م.ط.، سی و سه مرده ع. فتحی پ. و سی و سه مرده م. ۱۳۸۶. کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره در برآورد عملکرد گندم دیم منطقه قروه استان کردستان. پژوهش کشاورزی: آب و خاک و گیاه، جلد هفتم، شماره اول: ۴۱-۵۴.

۳- سبزی‌پرور ع.ا. ۱۳۸۲. تحلیل نمایه‌های خشکی و خشکسالی استان همدان از دیدگاه هواشناسی. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مشترک دانشگاه بوعلی سینا و اداره کل هواشناسی همدان، ص ص ۱۳۳.

۴- سبزی‌پرور ع.ا.، تفضلی ف.، زارع ابیانه ح.، بانژاد ح.، غفوری م.، موسوی بایگی م. و مریانجی ز. ۱۳۸۷. ارزیابی حساسیت مدل‌های مختلف تبخیر–تعرق مرجع (ET_0) به سیگنال‌های تغییر اقلیم در اقلیم سرد نیمه خشک همدان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، شماره چهل و ششم (ب): ۵۸۱-۵۹۳.

۵- عزیزی ق. و صفرخانی ع. ۱۳۸۱. ارزیابی خشکسالی و تاثیر آن بر عملکرد گندم دیم در استان ایلام با تاکید بر خشکسالی‌های اخیر (۱۳۷۷-۱۳۷۹). دوره ۶، شماره ۲: ۶۱-۷۶.

۶- عزیزی ق. و یاراحمدی د. ۱۳۸۲. بررسی ارتباط پارامترهای اقلیمی و عملکرد گندم با استفاده از مدل رگرسیونی (مطالعه موردی دشت سیلاخور). پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۴: ۲۹-۲۳.

۷- علیزاده ا. ۱۳۸۳. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا، چاپ هفدهم، ۸۱۵ صفحه.

۸- فرشی ع.ا.، شریعتی م.ر.، قائمی م.ر.، جارالهی ر.، شهابی فر م. و تولایی م.م. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. موسسه تحقیقات آب و خاک کشور، تهران.

۹- قربانی خ.، خلیلی ع. و ایران‌نژاد پ. ۱۳۸۶. تخمین منطقه ای عملکرد گندم دیم با استفاده از داده‌های بارندگی (مطالعه موردی استان قزوین). پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی. جلد هفتم. شماره چهارم (ب).

10- Bal S.K., Mukherjee J., Mallick K., and Hundal S.S. 2004. Wheat yield forecasting models for Ludhiana district of Punjab state. J. Agromet. 6: 161-165.

11- Bazgeer S. 2005. Land use change analysis in the sub mountainous region of Punjab using remote sensing, GIS & agro–meteorological parameters. Ph.D. Dissertation, Punjab Agricultural University (PAU), Ludhiana, India. 128p.

12- Jazy H.D. 2007. Growth indices of winter wheat as affected by irrigation regimes under Iran conditions. Pakistan. Journal of Biological Sciences, 10: 4495-4499.

13- Nassiri M., Koochechi A., Kamali G.A., and Shahandeh, H. 2006. Potential impact of climate change on rainfed wheat production in Iran, Archives of Agronomy and Soil Science, 52(0):1-12.

14- Smith R.C.G., Adams J., Stephens D.J. and Hick P.T. 1995. Forecasting wheat yield in a Mediterranean-type environment from the NOAA satellite. Australian Journal of Agriculture Research, 46(1):113-125.

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 6, Jan.-Feb. 2013, p. 1554-1567

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۶، بهمن - اسفند ۱۳۹۱، ص. ۱۵۶۷-۱۵۵۴

Investigating the Effect of Agroclimatic Indices and Variables on Optimum Wheat Performance (Case study: Hamedan Province)

A.A. Sabziparvar[1*]- M. Torkaman[2]- Z. Maryanaji[3]
Received: 1-8-2012
Accepted: 2-12-2012

Abstract

This study was conducted to identify the most effective agroclimatic variables (indices) which are detrimental for wheat production (irrigated and rainfed) in Hamedan Province. For this purpose, statistical correlation analysis were performed for seven sites between wheat performance (WP) (Kg. per hectare) and various agroclimatic indices namely: annual rainfall (P_a), seasonal rainfall (P_s), monthly rainfall (P_m), 10-day rainfall (P_d), reference precipitation deficit (RPD), crop precipitation deficit (CPD), monthly growing degree-day (GDD_m) and 10-day growing degree-day (temperature thresholds of 5, 10, 15 and 20 degrees centigrade). To evaluate the degree of correlations, correlation coefficients and coefficients of determination (R^2) were determined for all steps using two-variable and multi-variable (Pearson) approaches. For two-variable correlations, 462 scenarios were constructed. For mulit-variable Pearson correlations, 55 scenarios were defined at statistical significant levels of $p<0.01$ and $p<0.05$ respectively. The results showed that crop precipitation deficit index (CPD) is the most effective factor affecting wheat performance in Hamedan ($R^2=0.36$). It was found that the rainfall events in March and April are more effective than other months. On average, the rainfed wheat was more sensitive to agroclimatic variables than irrigated wheat. The analysis of two-variable correlations (WP-GDD) revealed that the spring time GDD at 5^0C (GDD_5) is more effective than other temperature thresholds. In general, the results of two–variable correlation analysis and multi-variable analysis both showed that the RPD and CPD are the most effective agroclimatic indices governing WP. By contrast, the multi–variable analysis of GDD showed insignificant correlation coefficients. For multi-variable method, more than 90درصد of the correlation coefficients were positive ($0.67< r <0.97$) and statistically significant ($P<0.05$). On average, the western areas of the province were more susceptible for wheat production (rainfed and irrigated) than the other areas.

Keywords: Wheat performance, Agroclimatic indices, Crop precipitation deficit, Growing degree-day, Hamedan province.

1- Associate Professor, Department of Water Engineering Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University Hamedan
(* - Corresponding Author Email: swsabzi@basu.ac.ir)
2,3- Resaerch Staffs of Agrometeorological Research Centre, Airport Road, Hamedan