

بررسی نقش پارامترهای اقلیمی بر عملکرد دانه گندم در مناطق دیم کوهدشت و پلدختر استان لرستان

علیرضا تسوکلی: استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی استان سمنان، شاهرود، ایران *
عبدالمجید لیاقت: استادیار مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
زینب اکبری: کارشناس سازمان هواشناسی استان لرستان، خرم آباد، ایران

وصول: ۱۳۹۰/۶/۳۰ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۲۰، صص ۱-۱۴

چکیده

تغییرات پارامترهای اقلیمی، رشد و نمو محصولات و تولید آنها در شرایط دیم را تحت تاثیر قرار می‌دهد بنابراین، شناخت پارامترهای موثر مدیریت آنها، منجر به بهبود شرایط تولید و پیش‌بینی تولید خواهد شد. بر این اساس ۲۵ پارامتر آمار هواشناسی دسته‌بندی شده همراه با آمار زراعی عملکرد گندم دیم در شهرستان‌های کوهدشت و پلدختر به عنوان نمونه مناطق گرم استان لرستان برای سال‌های زراعی ۸۵-۱۳۷۷ برای تخمین توابع تولید اقلیمی مورد ارزیابی قرار گرفت. رابطه هر یک از عوامل آب و هوایی به عنوان متغیر مستقل با عملکرد دانه گندم دیم به عنوان تابع از طریق رگرسیون‌های خطی و غیر خطی تعیین و در تخمین تابع تولید اقلیمی استفاده گردید. تجزیه علیت، ضریب همبستگی را به دو بخش اثرات مستقیم و غیر مستقیم تفکیک کرد. نتایج نشان داد که آنچه که در توابع تولید شهرستان‌های مناطق گرم استان و هم در مدل جامع قابل دریافت است نقش ساعات آفتابی است. مدل‌های محلی نیاز به داده‌های ورودی کم‌تری دارند ولی مدل منطقه‌ای نیازمند داده‌های اقلیمی بیشتری است (T_{min} , n , P_{Winter} , P_{Start} , P_{End} , $T_{min-abs}$, P_{Aban} , P_{Azar} , P_{Days} , P_{Far} , P_{Ord} , T_{max}) و دقت برآورد آن نیز بیشتر است. با تعیین میزان شاخص بهره‌وری بارش در این شهرستان‌ها طی ۸ سال زراعی مشخص شده است که بیش‌ترین، کم‌ترین و میانگین بهره‌وری بارش به ترتیب ۰/۴۱۱، ۰/۱۴۲ و ۰/۲۶۹ کیلوگرم بر متر مکعب بارش است که میانگین آن حدود ۸ درصد از میانگین کشوری (۰/۲۹۲ کیلوگرم بر متر مکعب بارش) کم‌تر است. نتایج نشان داد که توابع تولید اقلیمی ابزار مناسبی برای پیش‌بینی عملکرد گندم دیم بوده و می‌تواند به مدیران و کشاورزی در فرآیند تصمیم‌گیری برای انجام فعالیت‌های زراعی دیم تحت شرایط تغییر پارامترهای اقلیمی کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری بارش، مدل اقلیمی، تجزیه علیت، ساعات آفتابی، پارامترهای اقلیمی

مقدمه

زیرکشت گندم کشور دارا است. مطابق با آمار سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ وزارت جهادکشاورزی، از کل سطح زیر کشت گندم (حدود ۷/۲۲۲ میلیون هکتار) ۶۱/۵٪ دیم و ۳۸/۵٪ آبی، و از کل تولید آن (حدود

طبق اطلاعات سیمای کشاورزی، استان لرستان با تولید ۰/۲۷ میلیون تن گندم دیم از سطح ۰/۲۲ میلیون هکتار با متوسط عملکرد ۱۲۲۳ کیلوگرم در هکتار، سهم ۵/۷ و ۵/۵ درصدی را در تولید و سطح

گسترده امکان‌پذیر است. معمولاً گندم به هوای خنک و مرطوب در اوایل فصل رویش و گرم و خشک در مراحل آخر رشد، به ویژه در خلال دانه بستن نیاز دارد. در چنین شرایطی 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 فصل زراعی با شرایط مطلوب رشد گندم فاصله بسیار زیادی دارد (سجادی، ۱۳۶۱: ۳۳).

زراعت دیم در مقابل تغییرات آب و هوایی آسیب‌پذیر بوده و تولید آن علاوه بر میزان نیتروژن خاک به تغییرات عوامل اقلیمی بستگی دارد. برای توسعه سامانه زراعت دیم، سیاست دولت و برنامه‌های آن در این مناطق اندیشیدن راهکارهایی است تا فشارهای ناشی از تنش‌های آب و هوایی را در این دشت‌ها و یا در هر جای دیگر به حداقل رسانده و یا کاهش دهد. مشاهدات نشان می‌دهد که دشت‌های وسیع آمریکا به‌ویژه در قسمت‌های شمالی که از لحاظ اقتصادی نقش بسیار مهمی در تولیدات زراعت دیم دارد، بسیار حساس به نوسانات آب و هوایی بوده و از این طریق شدیداً زراعت دیم را در این مناطق تحت تأثیر قرار می‌دهد (ورستر^۲، ۱۹۷۹، پوپر و پوپر^۳، ۱۹۸۷: ۱۳۱۸). اگر چه اغلب مدل‌های مورد استفاده در تغییرات پارامترهای اقلیمی، مدعی هستند که کره زمین در حال گرم شدن بوده و در اثر فرآیند جهانی گرم شدن، خشکی اتفاق می‌افتد که اگر چنین باشد، بررسی این موضوع تأکید بیشتری بر فشارهای جدید بالقوه بر

۱۵/۸۸۷ میلیون تن در سال) حدود ۶۶/۶٪ از زراعت آبی و بقیه از دیم است. آسیب‌پذیری محصولات دیم در اثر تغییرات تمام یا برخی از عوامل آب و هوایی (به ویژه گروه دمایی و بارش‌ها) 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 علائم مربوط به عوامل اقلیمی است که از وضعیت ایده‌آل خود انحراف پیدا می‌کند. در عمل برای عوامل اقلیمی دامنه‌هایی (حد بالا و پائین) تعیین می‌شود که عوامل مختلف اقلیمی در آن قابل تغییر می‌باشند. محدودیت‌های دامنه اکولوژیک همان نقاط بحرانی هستند که برای محصولات زراعی قابل قبول می‌باشند. منظور از خطرپذیری آب و هوایی، آن دسته از عوامل اقلیمی هستند که مقدار آنها خارج از دامنه اکولوژیک قرار گرفته و کمیت و کیفیت فرایند رشد و نمو را تحت تأثیر قرار می‌دهد (کافی و همکاران، ۱۳۷۹: ۳۱).

غلات مهم‌ترین گروه مواد 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. ۵۸ درصد صادرات گندم جهان در انحصار چهار کشور آمریکا، آرژانتین، کانادا و استرالیا و ۶۹ درصد صادرات ذرت جهان در انحصار سه کشور آمریکا، آرژانتین و کانادا است (الدایا و همکاران^۱، ۲۰۱۰: ۸۸۷). گندم از جمله معدود نباتاتی است که کشت آن در شرایط اقلیمی بسیار متنوع و

^۲- Worster, 1979

^۳- Popper & Popper, 1987

^۱- Aldaya et al., 2010

نامطلوب آب و هوا و حصول سطح بهتری از پتانسیل عملکرد استفاده کرد (کافی و همکاران، ۱۳۷۹: ۳۱).

از آن جایی که عوامل اقلیمی یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در تولید گندم دیم است، بنابراین، شناسایی و معرفی عوامل مؤثر اقلیمی بر عملکرد دانه و بهره‌وری بارش گندم دیم، به منظور انجام مطالعات در جهت کاهش صدمات ناشی از این عوامل بر تولید گندم دیم در استان لرستان از جمله اهداف این بررسی است.

روش‌شناسی تحقیق

به منظور مطالعه اثرات عوامل و پارامترهای اقلیمی بر عملکرد دانه گندم دیم در مناطق گرم استان لرستان، آمار هواشناسی شهرستان‌های کوهدشت و پلدختر برای سال‌های زراعی ۸۵-۱۳۷۷ به همراه آمار عملکرد گندم دیم طی این سال‌ها جمع‌آوری شد. در این بررسی ۲۵ پارامتر آمار هواشناسی دسته‌بندی شدند که عبارت بودند از: x_1 : درجه حرارت حداکثر (T_{max})، x_2 : درجه حرارت حداقل (T_{min})، x_3 : درجه حرارت متوسط (T_{mean})، x_4 : رطوبت نسبی متوسط (RH_{mean})، x_5 : ساعات واقعی آفتابی (n)، x_6 : کل بارش سال زراعی (P_{rec})، x_7 : مجموع بارش پاییزه (P_{autumn})، x_8 : مجموع بارش زمستانه (P_{winter})، x_9 : مجموع بارش بهاره (P_{spring})، x_{10} : شماره روز از اول مهر ماه تا اولین بارش ۱۰ میلی‌متری (Start rain)، x_{11} : شماره روز از اول مهر ماه تا آخرین بارش ۱۰ میلی‌متری (End rain)، x_{12} : درجه حرارت حداقل مطلق ($T_{min-abs}$)، x_{13} : درجه حرارت حداکثر مطلق ($T_{max-abs}$)، x_{14} : بارش آبان ماه (P_{aban})، x_{15} : بارش آذر ماه (P_{azar})، x_{16} : بارش دی ماه (P_{day})، x_{17} : بارش فروردین ماه ($P_{farvardin}$)، x_{18} : بارش

زراعت دیم در اغلب نقاط دنیا دارد (روزنزیویگ و ریپسیم^۱، ۱۹۸۹: ۳۵۳).

تغییرات دمای هوا و بارش (مقدار و پراکنش) دو عامل بسیار مهم آب و هوایی هستند که با تحت تأثیر قرار دادن میزان رطوبت و دمای خاک می‌توانند در تولید عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم بسیار مؤثر واقع شوند (توکلی و همکاران^۲، ۲۰۱۰: ۱۲۳). 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 (کرویزانت و همکاران^۳، ۱۹۹۸: ۵۱۶). قابلیت و میزان دسترسی به آب باران، عامل مهمی در تعیین میزان عملکرد گندم دیم در اکثر نقاط جهان از جمله دیم‌زارهای ایران به شمار می‌رود. هنگامی که تقاضای تبخیری اتمسفر بالای برگ‌ها (تبخیر و تعرق بالقوه) از ظرفیت و توانایی ریشه‌ها برای استخراج آب از خاک تجاوز نموده و فراتر رود، پدیده تنش رطوبتی بروز می‌کند. هر چند که ارقام گندم دیم سازگاری نسبتاً خوبی نسبت به شرایط اقلیمی نشان می‌دهد، لیکن برودت زیاد و خشکی فیزیولوژیک به بافت‌های گندم پاییزه صدمه می‌زند. نتایج پژوهش‌های انجام گرفته، نشان می‌دهد که در دامنه‌های بهینه با افزایش میزان بارندگی و دما میزان عملکرد گندم دیم نیز افزایش نشان می‌دهد (سجادی، ۱۳۶۱: ۳۳، کافی و همکاران، ۱۳۷۹: ۳۱). با شناخت اجزای عملکرد در یک محصول خاص، می‌توان از روش‌های جبران‌کننده کاهش اجزای عملکرد، به منظور حذف بخشی از اثرات

^۱- Rosenzweig & Reibsame, 1989

^۲- Tavakoli et al., 2010

^۳- Croissant et al., 1998

(۲۲۳). برای انجام تجزیه علیت نیز از دو نرم‌افزار SPSS و Excel استفاده شد. از روش تحلیل حساسیت، برای تعیین میزان حساسیت پارمترهای ورودی و از مشخصه‌های آماره‌ای مختلف برای ارزیابی و صحت‌سنجی کارایی مدل‌های محلی و مدل جامع استفاده شد. با استفاده از رابطه زیر ضریب حساسیت پارمترها محاسبه شد.

$$(1) \bar{S}_\alpha^F = \frac{\% \text{ Change in } F}{\% \text{ Change in } \alpha} = \frac{\Delta F / F}{\Delta \alpha / \alpha}$$

\bar{S}_α^F : ضریب حساسیت ناشی از تغییرات پارامتر خروجی ناشی از تغییر یکی از پارامترهای ورودی، ΔF : اختلاف مقدار پارامتر خروجی قبل و بعد از تغییر پارامتر ورودی، F : متوسط پارامتر خروجی قبل و بعد از تغییر پارامتر ورودی، $\Delta \alpha$: اختلاف مقادیر ورودی پارامتر ورودی و α : متوسط مقادیر ورودی پارامتر به مدل می‌باشند.

هم‌چنین بر اساس داده‌های موجود، روابط بین آب مصرفی - عملکرد و آب مصرفی - بهره‌وری بارش برآورد گردید.

بحث اصلی

در جدول ۱ مقادیر میانگین و انحراف استاندارد پارامترهای به کار رفته در برآورد تابع تولید اقلیمی نشان داده شده است. مطابق با این جدول، میانگین عملکرد گندم در دو شهرستان طی ۸ سال منتهی به ۸۵-۱۳۸۴ برابر ۱۰۳۲ کیلوگرم در هکتار است. متوسط دمای سالانه ۱۹/۴ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارش ۳۸۱/۵ میلی‌متر است. سهم بارش پاییزه، زمستانه و بهاره به ترتیب ۳۲/۶، ۶۶/۱ و ۲۱/۳ درصد است. اولین بارش پاییزه عموماً در دهه دوم ماه دوم پاییز (حدود ۴۵ پس روز پس از شروع سال زراعی)

اردیبهشت ماه (Pordibehesht)، x_{19} : درجه حرارت حداکثر آبان (Tmax-aban)، x_{20} : درجه حرارت حداکثر آذر (Tmax-azar)، x_{21} : درجه حرارت حداکثر فروردین (Tmax-farvardin)، x_{22} : درجه حرارت حداکثر اردیبهشت (Tmax-ordibehesht)، x_{23} : درجه حرارت حداکثر خرداد (Tmax-khordad)، x_{24} : کمبود فشار بخار سال زراعی (VPD)، x_{25} : کمبود فشار بخار دوره رشد محصول (اول آبان تا آخر تیر) (VPD-crop season).

برای تخمین تابع تولید اقلیمی برای هر منطقه به طور مجزا و نیز برای هر دو منطقه به صورت توامان، از نرم‌افزار SPSS استفاده شد که حاوی مدل‌های مختلفی است. رابطه هرکدام از عوامل آب و هوایی به عنوان متغیر مستقل با عملکرد دانه گندم دیم به عنوان تابع از طریق رگرسیون‌های گام به گام خطی و غیر خطی و با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و Curve expert مورد مطالعه قرار گرفت. در مدل Backward پس از وارد کردن تمام پارامترها، به تدریج و در گام‌های مختلف، اقدام به حذف پارامترهای فاقد اثر معنی‌دار شد و نهایتاً مدلی برازش داده شد که دارای بیشترین کارایی بوده است. پس از جمع‌آوری داده‌ها، با استفاده از تجزیه علیت^۱، ضریب همبستگی^۲ به دو بخش اثرات مستقیم و غیر مستقیم تفکیک شد که اثر مستقیم نشان‌دهنده اثر مستقیم عامل آب و هوایی مورد مطالعه و اثر غیر مستقیم نشان‌دهنده اثرات غیر مستقیم سایر عوامل آب و هوایی از طریق عامل آب و هوایی مورد نظر بر روی عملکرد بوده است (فیضی‌اصل و ولیزاده، ۱۳۸۳:

1- Path analysis

2- Correlation coefficient

ترتیب برابر ۷۱/۱ و ۲۷/۵ درصد بوده است. شناخت این پارامترها و مقادیر انحراف معیار هر یک تحلیل معادلات مربوط به توابع تولید اقلیمی را آسان خواهد کرد.

اتفاق می‌افتد. سهم بارش آبان و آذر ماه از کل بارش پاییزه به ترتیب برابر ۳۸ و ۵۶/۵ درصد، سهم بارش دی ماه از کل بارش زمستانه برابر ۳۴/۷ درصد و سهم بارش فروردین و اردیبهشت از کل بارش بهار به

جدول ۱- مقادیر میانگین و انحراف استاندارد پارامترها در برآورد مدل تولید گندم در مناطق گرم لرستان

پارامتر	میانگین	انحراف معیار (SD)	پارامتر	میانگین	انحراف معیار (SD)
Yield	۱۰۳۲	۳۸۴/۹	T _{max-abs}	۴۴/۵	۲/۵۴
T _{max}	۲۶/۹	۲/۲۷	P _{Aban}	۴۷/۳	۲۵/۴
T _{min}	۱۱/۸	۵	P _{Azar}	۷۰/۲	۴۳/۵
T _{mean}	۱۹/۴	۳/۶۳	P _{Day}	۶۱/۱	۲۵/۷
Rh _{mean}	۴۳/۲	۶/۹	P _{Far.}	۵۷/۲	۲۸/۶
n	۲۶۸/۶	۸/۳	P _{Ord.}	۲۲/۱	۱۹/۹
Preci.	۳۸۱/۵	۹۰/۵	T _{max-Aban}	۲۲/۸	۲/۳۲
P _{Autumn}	۱۲۴/۲	۵۷/۲	T _{max-Azar}	۱۶/۲	۳/۵۷
P _{Winter}	۱۷۵/۹	۴۵/۴	T _{max-Far.}	۲۲/۴	۲/۹
P _{Spring}	۸۰/۵	۳۷/۶	T _{max-Ord.}	۲۹/۱	۳/۱۵
P _{Start}	۴۴/۶	۱۲/۱	T _{max-Khor.}	۳۶/۷	۲/۹
P _{End}	۲۰۲/۷	۲۳/۹	VPD	۲	۰/۵۴
T _{min-abs}	-۳/۱۹	۴	VPDcs (crop season)	۱/۵۳	۰/۴۳

نشان‌دهنده نتیجه تجزیه واریانس رگرسیون چند متغیره مدل Backward است که حاکی از معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد است.

برای تعیین میزان ارتباط واقعی بین عوامل ۲۵ گانه آب و هوایی فوق و عملکرد گندم دیم در دو شهرستان و ۸ سال داده (جمعاً ۱۶) از نرم‌افزار SPSS و رگرسیون چند متغیره استفاده شد. جدول ۲

جدول ۲- تجزیه واریانس رگرسیون چند متغیره برای مدل تولید گندم در مناطق گرم لرستان

منابع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F
رگرسیون	۲۲۱۷۱۹۳/۷	۱۲	۱۸۴۷۶۶/۱	**۱۲۴/۸
باقیمانده	۴۴۴۱/۳	۳	۱۴۸۰/۴	
کل	۲۲۲۱۶۳۵	۱۵		
R ² = ۰/۹۹ R ² adj= ۰/۹۹		: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد **		

پارامترهای اقلیمی موثر در تخمین عملکرد گندم دیم در شهرستان‌های پلدختر و کوهدشت در معادلات ۳ و ۴ نشان داده شده است.

$$(۳) Y_{Poldokhtar} = 10508.1 - 26.7X_5 + 6X_{16} - 111.4X_{21} \quad R^2 = 0.92 \quad R_{adj}^2 = 0.85$$

یک درصد و ضرایب متغیرهای مستقل بارش دی ماه و دمای حداکثر فروردین ماه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. بر اساس مقادیر ضرایب همبستگی، بین آخرین بارش مؤثر (**۰/۸۷۱) با عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی‌دار و بین تعداد ساعات آفتابی (**۰/۷۱۵) و دمای ماکزیمم اردیبهشت (**۰/۷۹۹) با عملکرد دانه، رابطه منفی و معنی‌دار وجود دارد. بین بقیه عوامل مورد بررسی با عملکرد دانه رابطه معنی‌داری مشاهده نشد.

$$(۴) Y_{Kohdash} = 121262 - 42.5X_5 + 7.7X_{17} \quad R^2 = 0.88 \quad R_{adj}^2 = 0.83$$

آنچه که از توابع تولید این مناطق برمی‌آید این است که ساعات آفتابی دارای نقش موثری است که با اثر منفی و معنی‌دار، خودنمایی می‌کند. نتیجه افزایش ساعات آفتابی، افزایش دما و افزایش تبخیر است. در شرایط تامین رطوبت کافی ممکن است این شرایط، قابل تعدیل باشد اما در شرایط دیم، سبب فشار بر محصول و در نتیجه کاهش کمبود فشار بخار و عملکرد محصول و به تبع آن افت بهره‌وری آب می‌شود.

ضرایب تابع اقلیمی تولید، تحلیل معنی‌دار بودن ضرایب همبستگی فاکتورها، سهم اثر مستقیم پارامترهای مدخل در توابع تولید (Beta) و نیز نتیجه آزمون آماری t برای تعیین سطح معنی‌دار بودن پارامترهای مؤثر در تابع تولید اقلیمی جامع مناطق گرم در جدول ۳ نشان داده شده است.

مطابق با جدول ۳ ضرایب همبستگی بین پارامترهای اقلیمی و عملکرد نشان می‌دهد که بین کل بارش سال زراعی (**۰/۵۴۵)، بارش بهاره (**۰/۵۹۳)، روز تا

برای شهرستان پلدختر، ضریب تبیین تصحیح شده معادله رگرسیونی، نشان می‌دهد که تغییرات پارامترهای هواشناسی موجود در معادله می‌تواند ۸۵ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد دانه را توجیه نمایند که از لحاظ آماری کاملاً معنی‌دار است. با بررسی ضریب ثابت معادله رگرسیونی و ضرایب پارامترهای هواشناسی از طریق آزمون آماری t، نتایج نشان داد که ضریب ثابت معادله رگرسیونی و ضریب متغیر مستقل تعداد ساعات آفتابی در سطح احتمال

برای شرایط شهرستان کوه‌دشت، ضریب تبیین تصحیح شده معادله رگرسیونی نشان می‌دهد که تغییرات پارامترهای هواشناسی موجود در معادله می‌تواند ۸۳ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد دانه را توجیه نمایند که از لحاظ آماری کاملاً معنی‌دار است. با بررسی ضریب ثابت معادله رگرسیونی و ضرایب پارامترهای هواشناسی از طریق آزمون آماری t، نتایج نشان داد که ضریب ثابت معادله رگرسیونی و ضرایب متغیرهای مستقل تعداد ساعات آفتابی و بارش فروردین ماه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. با توجه به مقادیر ضرایب همبستگی، بین متوسط رطوبت نسبی هوا (**۰/۷۴۴) با عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی‌دار و بین دمای حداکثر (**۰/۷۱۹)، دمای ماکزیمم اردیبهشت (**۰/۸۵۷)، کمبود فشار بخار (**۰/۷۹) و کمبود فشار بخار دوره رشد محصول (**۰/۸۱۹) با عملکرد دانه، رابطه منفی و معنی‌دار وجود دارد. بین بقیه عوامل مورد بررسی با عملکرد دانه رابطه معنی‌داری مشاهده نشد.

آخرین بارش مؤثر (**۰/۶۳۹) و بارش فروردین (**۰/۵۳۵) با عملکرد دانه رابطه مثبت و معنی دار و بین تعداد ساعات آفتابی (*۰/۶۱۳-) با عملکرد دانه، رابطه منفی و معنی دار وجود دارد. بین بقیه عوامل مورد بررسی با عملکرد دانه رابطه معنی داری مشاهده نشد.

جدول ۳- ضرایب تابع اقلیمی تولید گندم، همبستگی و اثر مستقیم و آزمون آماری t برای مناطق گرم لرستان

Correlations R ²	Sig.	t	Standardized Coefficients	Unstandardized Coefficients		
			Beta	Std. Error	B	
	۰/۰۹۸	۲/۴	-	۸۰۰/۲۴	۱۸۹۶/۶	(Constant)
ns -۰/۱۱۹	۰/۰۰۶	۶/۸	۲/۰۷	۲۳/۱۳	۱۵۸/۲	T _{min}
* -۰/۶۱۳	۰/۰۱۶	-۴/۹	-۰/۲۴	۲/۳	-۱۱/۴	n
ns ۰/۴۵۹	۰/۰۰۷	۶/۵	۰/۴	۰/۵۳	۳/۴	P _{winter}
ns ۰/۱۶۶	۰/۰۰۳	۸/۵	۰/۵۹	۲/۲	۱۸/۸	P _{first}
** ۰/۶۳۹	۰/۰۵۲	-۳/۱	-۰/۲۳	۱/۱۶	-۳/۶	P _{late}
ns -۰/۱۶۳	۰/۰۰۸	-۶/۳	-۱/۴۶	۲۲/۱۵	-۱۴۰/۲	T _{min-abs}
ns ۰/۲۸۵	۰/۰۰۲	۱۰/۱	۰/۶۷	۰/۹۹	۱۰/۱	P _{aban}
ns ۰/۱۲۳	۰/۰۲۱	۴/۵	۰/۲۸	۰/۵۵	۲/۵	P _{azar}
ns ۰/۳۰۲	۰/۰۱۸	-۴/۷	-۰/۳۶	۱/۱۴	-۵/۴	P _{day}
* ۰/۳۵۵	۰/۰۰۳	۸/۸	۰/۴۲	۰/۶۵	۵/۷	P _{far}
ns ۰/۳۱۶	۰/۰۰۹	۶	۰/۵۵	۱/۷۶	۱۰/۶	P _{ord}
ns -۰/۳۵۶	۰/۰۰۷	-۶/۶	-۰/۵۷	۱۱/۶۴	-۷۶/۵	T _{max-far}

مطابق با جدول ۳، شکل ریاضی تابع تولید حاکم بر این منطقه به صورت زیر است:

$$Y_{Warm-area} = 1896.6 + 158.2X_2 - 11.4X_5 + 3.3X_8 + 18.8X_{10} - 3.6X_{11} - 140.2X_{12} + 10.1X_{14} + 2.5X_{15} - 5.4X_{16} + 5.7X_{17} + 10.6X_{18} - 76.5X_{21} \quad R^2 = 0.99 \quad R_{adj}^2 = 0.99 \quad (5)$$

بارش زمستانه، روز تا اولین بارش مؤثر، دمای حداکثر مطلق، بارش آبان ماه، بارش فروردین ماه، بارش اردیبهشت و دمای حداکثر فروردین در سطح احتمال یک درصد و ضرایب متغیرهای مستقل تعداد ساعات آفتابی، روز تا پایان آخرین بارش مؤثر، بارش آذر ماه و بارش دی ماه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار است.

در رگرسیون گام به گام، عوامل تأثیرگذار به صورت مستقیم در عملکرد دانه لحاظ گردیده است، در حالی که در تجزیه علیت عوامل تأثیرگذار، هم به صورت

با توجه به ضرایب پارامترهای هواشناسی در تابع تولید، مقدار ضریب تبیین تصحیح شده^۱ معادله رگرسیونی به دست آمده نشان می‌دهد که تغییرات پارامترهای هواشناسی موجود در معادله می‌تواند ۹۹ درصد تغییرات مربوط به عملکرد دانه را توجیه نمایند که از لحاظ آماری کاملاً معنی دار است.

با بررسی ضریب ثابت معادله رگرسیونی و ضرایب پارامترهای هواشناسی از طریق آزمون آماری t، نتایج نشان داد که ضریب ثابت معادله رگرسیونی غیر معنی دار و ضرایب متغیرهای مستقل دمای حداقل،

¹- adjusted coefficient of determination

۴۰۳). در بررسی فاکتورهای مختلف بر عملکرد گندم نشان داده شد که پارامترهای رطوبت خاک در زمان کاشت، تبخیر و تعرق فصلی، بارش ماه می و بارش ماه ژوئن دارای اثر معنی‌داری بر عملکرد بوده‌اند (هوآنگ و همکاران، ۶، ۲۰۰۴: ۴۷). هم‌چنین بر اساس داده‌های بارش ماه‌های آوریل، مه و ژوئن و بیلان آب (رطوبت خاک قابل دسترس ناشی از آیش تابستانه)، مشخص شد که برای هر سانتی‌متر آب افزوده شده از طریق بیلان آب (معادل ۱ متر مکعب) ۱۷۶ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه افزایش یافت (اسچلینگر و همکاران، ۷، ۲۰۰۸: ۴۵).

بارندگی از طریق تحت تأثیر قرار دادن میزان رطوبت و دمای خاک می‌تواند در تولید عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم بسیار مؤثر واقع شود (کرویسانت و همکاران، ۱۹۹۸: ۵۱۶). نتایج پژوهش‌های انجام گرفته بر روی محصولات مختلف در 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 (کافی و همکاران، ۱۳۷۹: ۳۱) و با افزایش میزان بارندگی و دما، میزان عملکرد گندم دیم نیز افزایش نشان خواهد داد (سجادی، ۱۳۶۱: ۳۳، کافی و همکاران، ۱۳۷۹: ۳۱). طلوعی (۱۳۷۸: ۷۰) به نقش بارش و درجه حرارت در شرایط دیم کرمانشاه و تاثیر آن بر عملکرد محصولات دیم با توجه به الگوی احتمال وقوع بارش پرداخت. مقادیر بارش و ارتفاع از شاخص‌های مؤثر در فرایند کشت گندم دیم محسوب می‌شوند. با انجام عملیات میدانی نشان داده شد که کشت گندم دیم تا ارتفاع ۲۲۰۰

مستقیم و هم از طریق سایر عوامل بر روی عملکرد دانه شناسایی و معرفی می‌گردد.

از طریق ضرایب همبستگی خطی می‌توان تأثیر عوامل محدود کننده آب و هوایی را در تغییر عملکرد دانه از طریق تغییر عمومی این عوامل مورد مطالعه و شناسایی قرار داد (بلک^۱، ۱۹۹۳، کومار داس^۲، ۱۹۹۷). در مناطق خشک و نیمه خشک و از جمله در زراعت دیم، آب (بارش) به عنوان مهم‌ترین و اثرگذارترین عامل محدود کننده رشد محصولات کشاورزی به شمار می‌رود (توکلی و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۱۲، سارادون و گیانبلی^۳، ۱۹۹۲: ۷۹). 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، بارش و اجزای آن جزو مهم‌ترین عوامل مؤثر در افزایش عملکرد دانه گندم دیم به شمار می‌رود. وجود گزارشات مبنی بر اثر مثبت میزان بارندگی در افزایش عملکرد دانه گندم دیم در دامنه‌های بهینه، نتیجه این تحقیق را تأیید می‌کند (سجادی، ۱۳۶۱: ۳۳، کافی و همکاران، ۱۳۷۹: ۳۱، کرویسانت و همکاران^۴، ۱۹۹۸: ۵۱۶). هم‌چنین رن و همکاران روند تابع تولید گندم با عوامل اقلیمی را برای منطقه شان دونگ چین تخمین زدند و تابع تولید اقلیمی برای گندم زمستانه به دست آوردند که تابعی از متوسط درجه حرارت هوا، کل بارش سال زراعی و ساعات آفتابی، برای دوره زمانی فروردین تا خرداد بوده است (رن و همکاران، ۲۰۰۸: ۵).

¹- Black, 1993

²- Kumar Das, 1997

³- Saradon & Gianbelli, 1992

⁴- Croissant et al., 1998

⁵- Ren et al., 2008

⁶- Huang et al., 2004

7- Schillinger et al., 2008

ورودی در سه حالت تغییر داده‌های ورودی به میزان ± 10 ، ± 15 و ± 25 و ثابت نگه‌داشتن بقیه پارامترها، میزان پارامتر خروجی (عملکرد) برآورد شد. مقادیر ضریب حساسیت محاسبه شده برای تعدادی از پارامترهای ورودی مدل تابع تولید اقلیمی مناطق گرم استان لرستان در تولید گندم دیم، در جدول ۴ ارائه شده است.

متری استان اردبیل امکان‌پذیر می‌باشد و مناسب‌ترین محدوده کشت دیم، در ارتفاع ۱۵۰۰ الی ۱۷۰۰ متری می‌باشد (رسولی و همکاران، ۱۳۸۴: ۱۸۳).

تحلیل حساسیت مدل جامع

تحلیل حساسیت مدل بیانگر تاثیر تغییرات داده‌های ورودی بر داده‌های خروجی است. برای تعیین میزان حساسیت خروجی‌های مدل نسبت به داده‌های

جدول ۴- میزان ضریب حساسیت پارامترهای ورودی

-/۲۵	+/۲۵	-/۱۵	+/۱۵	-/۱۰	+/۱۰	
۲/۰۵	۱/۶۶	۱/۹۴	۰/۷۱	۱/۸۹	۱/۷۴	T _{min}
-۰/۵۴	۱/۱۷	-۰/۳۶	۰/۵۷	-۰/۲۶	۰/۳۵	n
۰/۱۶	-۰/۱۴	۰/۰۹	-۰/۰۸	۰/۰۶	-۰/۰۶	P _{Winter}
۰/۲۳	-۰/۱۸	۰/۱۳	-۰/۱۱	۰/۰۸	-۰/۰۸	P _{First}
-۰/۱۶	۰/۲	-۰/۱	۰/۱۱	-۰/۰۷	۰/۰۷	P _{Late}
۰/۱۱	-۰/۱	۰/۰۷	-۰/۰۶	۰/۰۴	-۰/۰۴	T _{min-abs}
۰/۱۲	-۰/۱۱	۰/۰۷	-۰/۰۷	۰/۰۵	-۰/۰۵	P _{Aban}
۰/۰۴	-۰/۰۴	۰/۰۳	-۰/۰۲	۰/۰۲	-۰/۰۲	P _{Azar}
-۰/۰۸	-۰/۰۸	-۰/۰۵	۰/۰۵	-۰/۰۳	۰/۰۳	P _{Day}
۰/۰۸	-۰/۰۸	۰/۰۵	-۰/۰۵	۰/۰۳	-۰/۰۳	P _{Far}
۰/۰۶	-۰/۰۶	۰/۰۳	-۰/۰۳	۰/۰۲	-۰/۰۲	P _{Ord}
-۰/۳۴	۰/۵۳	-۰/۲۲	۰/۲۹	-۰/۱۵	۰/۱۸	T _{max-far}

برای بررسی کارایی توابع تولید محلی و منطقه‌ای (اقلیمی) نتیجه عملکرد واقعی و عملکرد پیش‌بینی شده با مدل‌ها، میزان و درصد اختلاف مقادیر پیش‌بینی شده با مقادیر واقعی در جدول ۵ نشان داده شده است.

هر دو سری مدل‌ها از قابلیت بالایی در تخمین عملکرد برخوردار بوده و می‌توانند به کار گرفته شوند، اما کارایی و پیش‌بینی عملکرد مدل جامع به مراتب بیشتر و به واقعیت نزدیک‌تر است. مدل‌های محلی نیاز به داده‌های ورودی کم‌تری داشته ولی مدل منطقه‌ای نیازمند داده‌های اقلیمی بیشتری است. خط ۱:۱ برای مقادیر واقعی عملکرد و مقادیر برآورد شده با مدل اقلیمی تابع تولید در شکل ۱ نشان داده شده است.

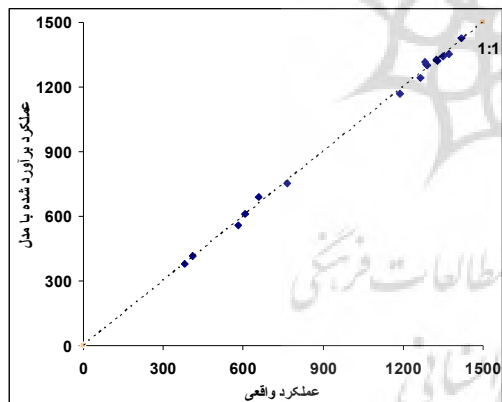
دامنه تغییرات ضریب حساسیت بدین صورت است که معادل صفر نشان دهنده عدم حساسیت، بین صفر و ۰/۳ حساسیت کم، بین ۰/۳ و ۱/۵ حساسیت متوسط و بیشتر از ۱/۵ حساسیت زیاد را بیان می‌کند (لیو و همکاران^۱، ۲۰۰۷: ۳۵۶۷). بنابراین، با توجه به جدول ۴، نتایج نشان می‌دهد که حساس‌ترین پارامتر اقلیمی درجه حرارت حداقل است و پارامترهای ساعات آفتابی و دمای حداکثر فروردین دارای حساسیت متوسط هستند و بقیه پارامترها دارای حساسیت کم هستند.

کارایی مدل تابع تولید اقلیمی

¹- Liu et al., 2007

جدول ۵- نتیجه کاربرد مدل محلی و مدل جامع تولید گندم برای شهرستان‌های مناطق گرم لرستان

بر مبنای مدل مناطق گرم استان			بر مبنای مدل محلی			بهره‌وری بارش (kg/m ³)	عملکرد واقعی (kg/ha)	بارش (میلی‌متر)	شهرستان	سال زراعی
درصد خطای نسبی	اختلاف عملکرد برآورد شده از واقعی (kg/ha)	عملکرد برآورد شده (kg/ha)	درصد خطای نسبی	اختلاف عملکرد برآورد شده از واقعی (kg/ha)	عملکرد برآورد شده (kg/ha)					
-۱/۹	-۸	۴۱۸	-۱۴	-۵۸	۴۶۸	۰/۱۶	۴۱۰	۲۵۵	کوهدشت	۱۳۷۷-۷۸
-۰/۸	-۵	۶۱۰	-۳	-۱۷	۶۲۲	۰/۲۳	۶۰۵	۲۶۵	کوهدشت	۱۳۷۸-۷۹
۱/۷	۱۳	۷۵۲	-۱۶	-۱۲۰	۸۸۵	۰/۱۴	۷۶۵	۵۳۶	کوهدشت	۱۳۷۸-۸۰
-۱/۶	-۲۰	۱۳۰۵	۰	۵	۱۲۸۰	۰/۳۳	۱۲۸۵	۳۹۳	کوهدشت	۱۳۸۰-۸۱
۱/۱	۱۶	۱۳۵۴	-۱۲	-۱۶۸	۱۵۳۸	۰/۴۱	۱۳۷۰	۳۳۴	کوهدشت	۱۳۸۱-۸۲
۰/۸	۱۰	۱۳۲۰	۱۹	۲۵۱	۱۰۷۹	۰/۲۸	۱۳۳۰	۴۷۲	کوهدشت	۱۳۸۲-۸۳
-۰/۶	-۹	۱۴۲۹	۱۲	۱۶۶	۱۲۵۴	۰/۳۱	۱۴۲۰	۴۵۹	کوهدشت	۱۳۸۳-۸۴
۰/۶	۸	۱۳۴۲	-۴	-۵۹	۱۴۰۹	۰/۳۰	۱۳۵۰	۴۴۵	کوهدشت	۱۳۸۴-۸۵
۰/۴	۱	۳۷۹	-۵/۴	-۲۱	۴۰۱	۰/۱۶	۳۸۰	۲۳۳	پلدختر	۱۳۷۷-۷۸
۳/۴	۲۰	۵۶۰	-۱۹/۸	-۱۱۵	۶۹۵	۰/۲۲	۵۸۰	۲۶۸	پلدختر	۱۳۷۸-۷۹
-۱/۴	-۲۷	۶۸۷	۲/۹	۱۹	۶۴۱	۰/۱۴	۶۶۰	۴۶۵	پلدختر	۱۳۷۸-۸۰
۱/۷	۲۰	۱۱۷۰	-۷	-۸۳	۱۲۷۳	۰/۲۹	۱۱۹۰	۴۱۴	پلدختر	۱۳۸۰-۸۱
-۲/۶	-۳۳	۱۳۱۵	-۰/۸	-۱۰	۱۲۹۲	۰/۳۷	۱۲۸۲	۳۴۶	پلدختر	۱۳۸۱-۸۲
-۰/۸	-۱۰	۱۳۰۲	۰/۷	۹	۱۲۸۳	۰/۲۹	۱۲۹۲	۴۴۹	پلدختر	۱۳۸۲-۸۳
-۰/۱	-۱	۱۳۲۵	-۴	-۵۳	۱۳۷۷	۰/۳۴	۱۳۲۴	۳۹۵	پلدختر	۱۳۸۳-۸۴
۲	۲۵	۱۲۴۰	۲۰	۲۵۳	۱۰۱۲	۰/۳۴	۱۲۶۵	۳۷۶	پلدختر	۱۳۸۴-۸۵



شکل ۱- خط ۱:۱ عملکرد واقعی گندم و عملکرد پیش‌بینی شده با مدل جامع مناطق گرم لرستان

برای این مشخص شود که آیا مدل برای دوره آماری خارج از دوره آماری استفاده شده برای استخراج تابع نیز قادر به برآورد مطلوب عملکرد است یا خیر؟ از داده‌های آماری سال زراعی ۸۶-۸۵ استفاده شد، نتیجه نشان داد که عملکرد برآورد شده با مدل به ترتیب ۱۲۵۵ و ۱۲۵۸ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، در

نکته قابل تاملی که در جدول ۵ وجود دارد میزان بهره‌وری بارش در این شهرستان‌ها طی ۸ سال زراعی است. بالاترین، کم‌ترین و میانگین بهره‌وری بارش به ترتیب ۰/۴۱۱، ۰/۱۴۲ و ۰/۲۶۹ کیلوگرم بر متر مکعب بارش است که میانگین آن حدود ۸ درصد از میانگین کشوری (۰/۲۹۲ کیلوگرم بر متر مکعب بارش) کم‌تر است. حداکثر، حداقل و میانگین عملکرد گندم به ترتیب ۱۴۲۰، ۳۸۰ و ۱۰۳۲ کیلوگرم در هکتار و بیشترین، کم‌ترین و متوسط بارش در این مدت و در این مناطق به ترتیب برابر ۵۳۶، ۲۳۳ و ۳۸۱ میلی متر گزارش گردید.

می‌باشد. هرچه RMSE به صفر نزدیک‌تر باشد، عملکرد شبیه‌سازی مدل بهتر است. مشخصه d یک پارامتر توصیفی است که مقدار آن از $-\infty$ تا $+1$ تغییر می‌کند (ایتزینگر و همکاران^۸، ۲۰۰۴: ۲۲۳، سینگ و همکاران^۹، ۲۰۰۸: ۷۷۶). مقدار زیاد MAXE نشانگر بدترین حالت کارکرد مدل است. آنالیز شاخص‌های آماری در جدول ۶ ارائه شده است. مقدار شاخص سازگاری (d) نزدیک ۱ است که نشان از سازگاری مدل در عملکرد پیش‌بینی شده با عملکرد واقعی دارد. ماکزیمم خطا (MAXE) نشان می‌دهد که مدل‌های جامع از قابلیت بالایی در برآورد عملکرد دارد و با توجه به مقدار RMSE، حاکی از سازگاری بالای تابع تولید ایجاد شده است. در حالی که ماکزیمم خطا در تابع تولید تولید شده برای کوهدشت و پلدختر به ترتیب ۲۵۱ و ۲۵۳ کیلوگرم در هکتار است، ماکزیمم خطا در تابع تولید تولید شده برای مناطق گرم فقط ۳۳ کیلوگرم است و میزان خطای آن فقط در حد ۱/۶ درصد است که برآورد بسیار مناسب به شما می‌رود. رابطه حاصل از رابطه بارش - عملکرد گندم و بارش - بهره‌وری بارش در مناطق گرم استان لرستان غیرخطی است و نشان‌دهنده این واقعیت است که با افزایش بارش، عملکرد تا حدی افزایش خواهد یافت و با افزایش بارش با کاهش عملکرد و به تبع آن کاهش بهره‌وری بارش مواجه خواهد شد (شکل ۲). نکته‌ای که در این تحلیل وجود دارد این است که مقدار بارش به پراکنش آن نیز مرتبط خواهد بود و ممکن است وقوع بارش در زمان رشد کامل سبزینه‌ای منجر به ورس (خوابیدگی) محصول و در نتیجه افت عملکرد شود. بارش زیاد هم‌چنین ممکن است با شستشوی مواد مغذی سبب فقر غذایی و مواد کودی

حالی که عملکرد واقعی در کوهدشت و پلدختر در این سال زراعی به ترتیب ۱۲۸۰ و ۱۳۵۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده بود، که اختلافی در حد ۲ تا ۷ درصد را نشان می‌دهد.

صحت‌سنجی کارایی مدل‌های محلی و مدل جامع

برای ارزیابی و صحت‌سنجی کارایی مدل‌های محلی و مدل مناطق گرم استان از مشخصه‌های آماره‌ای مختلفی استفاده شد. مشخصه‌های آماره‌ای به کار رفته برای برازش مدل با مقادیر واقعی عبارت بود از: میانگین خطای مطلق^۱، حداکثر خطای مطلق^۲، ریشه دوم خطای میانگین مربعات^۳، شاخص ویل‌موت^۴ یا شاخص سازگاری (ویل‌موت^۵، ۱۹۸۲: ۱۳۰۹) و کارایی مدل^۶ (لوآگو و گرین^۷، ۱۹۹۱).

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (6)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |O_i - P_i| \quad (7)$$

$$MAXE = \max (|O_i - P_i|)_{i=1}^n \quad (8)$$

$$RMSE (\%) = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n} \right]^{1/2} * 100 / \bar{O} \quad (9)$$

$$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|O_i - \bar{O}| + |P_i - \bar{O}|)^2} \quad (10)$$

مشخصه RMSE مقادیر کلی یا میانگین انحراف مقادیر شبیه‌سازی شده از مقادیر اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد که نشان دهنده عدم اطمینان مطلق مدل

1- Mean absolute error=MAE

2- Maximum absolute error=MAXE

3- Root mean square error=RMSE

4- Index of agreement=d

5- Willmot, 1982

6- Efficiency=EF

7- Loague & Green, 1991

^۸- Eitzinger et al., 2004

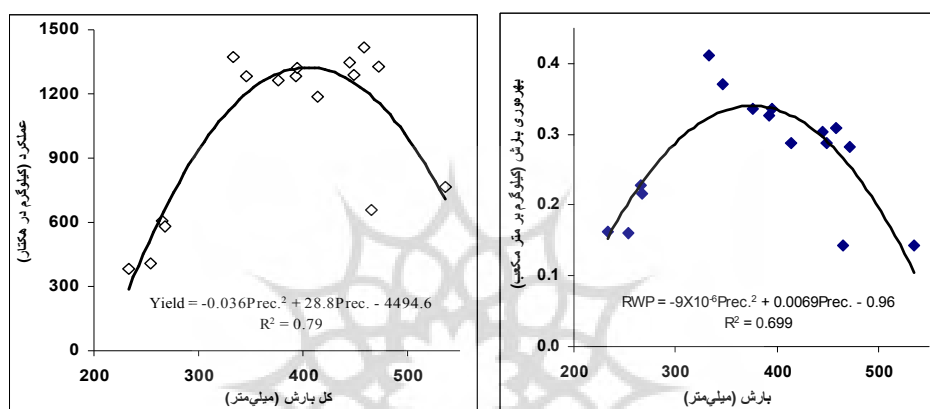
^۹- Singh et al., 2008

زراعی متناسب با آن می‌تواند در بهبود عملکرد موثر باشد.

در خاک شده و رشد گیاه را علیرغم مهیا بودن رطوبت محدود کند. بنابراین، توجه به مقدار و پراکنش بارش به صورت توامان و تنظیم مدیریت

جدول ۶- مقدار شاخص‌های آماری برای تعیین درجه اعتماد مدل‌های محلی و مدل مناطق گرم استان

سال	D	EF	MAE	MAXE	RMSE (%)
کوهدشت	۰/۹۶۶	۰/۸۶۱	۱۰۵/۴	۲۵۱	۱۲/۴
پلدختر	۰/۹۷۸	۰/۹۰۹	۷۰/۴	۲۵۳	۱۰/۵
مدل جامع	۰/۹۹۹	۰/۹۹۸	۱۴	۳۳	۱/۶



شکل ۲- رابطه بین بارش سالیانه با عملکرد بهره‌وری بارش گندم در مناطق گرم استان لرستان

باعث کاهش رشد اندام‌های هوایی و ریشه گندم و در نهایت افت عملکرد دانه آن خواهد شد (کافی و همکاران، ۱۳۷۹: ۳۱). اثرات تلفیقی هم‌سو و اثرات تلفیقی ناهم‌سو تعدادی از عوامل آب و هوایی از طریق یکدیگر بر روی عملکرد دانه مشخص گردیده است. 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 است (کافی و همکاران، ۱۳۷۹: ۳۱).

خاک‌های با ظرفیت نگهداری آب بیشتر، در کاهش اثرات خشکی و حفظ سطح مطلوب عملکرد محصولات، مفیدتر و مؤثرتر خواهند بود. با افزایش دمای هوا و تغییرات بارش، آب قابل دسترس و

در توابع محلی تولید اقلیمی گندم در مناطق گرم، پارامتر ساعات آفتابی با اثر منفی و معنی‌دار خودنمایی می‌کند که حائز اهمیت و توجه است. با توجه به مقادیر بهره‌وری بارش در مناطق گرم نشان داده می‌شود که در این مناطق، بهره‌وری بارش از متوسط کشوری کم‌تر است علت آن ضعف مدیریت بارش است که سبب شده تولید متناسب با بارش صورت نپذیرد. وجود رابطه درجه دوم غیر خطی بین بهره‌وری بارش - بارش در تولید گندم در مناطق سرد و نیمه سرد استان لرستان نیز مشاهده شد (توکلی و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۱۲).

کمبود یا تنش رطوبتی برای گیاه زمانی اتفاق می‌افتد که تبخیر تفرق واقعی از ظرفیت و توانایی ریشه‌ها برای استخراج آب از خاک بیشتر شود و این عامل

برای انجام فعالیت‌های زراعی دیم تحت شرایط تغییر پارامترهای اقلیمی کمک نماید.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج پروژه تحقیقاتی شماره ۸۹۰۰۶-۱۵-۴۹-۴ است که با اعتبارات و امکانات موسسه تحقیقات کشاورزی دیم و مرکز تحقیقات کشاورزی استان سمنان (شاهرود) اجرا گردید، بدین وسیله تشکر و قدردانی می شود.

منابع

توکلی، علیرضا، لیاقت، عبدالمجید، علیزاده، امین، اویس، طیب، پارسى نژاد، مسعود، (۱۳۸۹)، "بهبود بهره‌وری آب با بکارگیری مدیریت تلفیقی آبیاری محدود و عملیات زراعی برتر در زراعت غلات دیم"، رساله دکتری گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران، ۲۱۲ص.

رسولی، علی‌اکبر، قاسمی گلعدانی، کاظم، سبحانی، بهروز، (۱۳۸۴)، "نقش بارش و ارتفاع در تعیین مناطق مساعد برای کشت گندم دیم با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی مورد مطالعه: استان اردبیل". مجله جغرافیا و توسعه: ۲۰۰-۱۸۳.

سجادی، اشرف‌السادات، (۱۳۶۱)، "فیزیولوژی رشد و نمو گندم"، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره ۶۲۲. ۳۳ ص.

طلیعی، علی‌اشرف، (۱۳۷۸)، "گزارش نهایی الگو و احتمالات ریزش بارندگی و تأثیر آن بر عملکرد دیمزارها"، انتشارات مرکز تحقیقات کشاورزی کرمانشاه، ۷۰ص.

فیضی اصل، ولی، و ولیزاده، غلامرضا، (۱۳۸۳)، "اثر کاربرد توأم فسفر و روی در غلظت عناصر غذایی و عملکرد گندم دیم رقم سرداری، "Triticum"

عملکرد محصول کاهش خواهند یافت (کنگ و همکاران^۱، ۲۰۰۹: ۱۰۵). فیضی اصل و همکاران (۱۳۸۹: ۱) نشان دادند که در رگرسیون ساده، از بین 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. بارندگی و درجه حرارت از جمله دو عامل بسیار مهم آب و هوایی هستند که به طور مستقیم یا غیر مستقیم، 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 (کرویزانت و همکاران^۲، ۱۹۹۸: ۵۱۶).

نتیجه‌گیری

در توابع تولید ایجاد شده نقش ساعات آفتابی حائز اهمیت است. اگرچه مدل‌های محلی نیاز به داده‌های ورودی کم‌تری دارند و مدل منطقه‌ای نیازمند داده‌های اقلیمی بیشتری است (T_{min} , n , P_{Winter} , P_{Start} , P_{End} , $T_{min-abs}$, P_{Aban} , P_{Azar} , P_{Day} , P_{Far} , P_{Ord} , $T_{max-far}$) اما دقت برآورد مدل اخیر بیش‌تر است. بیش‌ترین و میانگین بهره‌وری بارش به ترتیب ۰/۴۱۱، ۰/۱۴۲ و ۰/۲۶۹ کیلوگرم بر متر مکعب بارش به دست آمد که میانگین آن حدود ۸ درصد از میانگین کشوری (۰/۲۹۲ کیلوگرم بر متر مکعب بارش) کم‌تر است. نتایج نشان داد که توابع تولید اقلیمی ابزار مناسبی برای پیش‌بینی عملکرد گندم دیم بوده و می‌تواند به مدیران و کشاورزی در فرآیند تصمیم‌گیری

¹- Kang et al., 2009

² - Croissant et al., 1998

- fluxes. *Journal of Experimental Botany* 58(13): 3567-3580.
- Loague, K. and Green, RE. (1991), Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: Overview and application. J. Contam.
- Popper, D. E. and Popper, F. J. (1987), The Great Plains: from dust to dust. *Planning* (December): 1318.
- Ren, J. Chen, Z. Zhou, Q. and Tang, H. (2008), Regional yield estimation for winter wheat with MODIS-NDVI data in Shandong, China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 10: 403-413
- Rosenzweig, C. and Reibsame, WE. (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.
- Saradon, SJ. and Gianibelli, MC. (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
- Schillinger, WF, Schofstoll, SE, and Alldredge, JR. (2008), Available water and wheat grain yield relations in a Mediterranean climate. *Field Crops Research*, 109: 45-49
- Singh, AK. Tripathy, R. and Chopra, UK. and Wheat (2008), Evaluation of CERES CropSyst models for water—Nitrogen crop. *Agric. Water Manage.* 95:776-786.
- Tavakoli, AR. Oweis, T. Ashrafi, Sh. Asadi, H. Siadat, H. and Liaghat, A. (2010), Improving rainwater productivity with supplemental irrigation in upper Karkheh river basin of Iran. *International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA)*, Aleppo, Syria, 123pp.
- Willmott, CJ. (1982), Some comments on the evaluation of model performance. *Bull. Meteorol. Soc.* 63:1309-1313.
- Worster, D. (1979), *Dust Bowl: The Southern Great Plains in the 1930*. New York: Oxford University Press.
- aestivum* L. مجله علوم زراعی. جلد ۶، شماره ۳. (۲۲۳-۲۳۸).
- فیضی اصل، ولی، جعفرزاده، جعفر، عبدالرحمنی، بهمن، موسوی، سید بهمن، کریمی، اسماعیل، (۱۳۸۹)، "مطالعه اثرات عوامل اقلیمی بر روی عملکرد گندم دیم رقم سرداری در منطقه مراغه": پژوهش‌های زراعی ایران، ۸(۱): (۱-۱۱).
- کافی، محمد، گنجعلی، علی، نظامی، احمد، شریعتمداری، فرهاد، (۱۳۷۹)، "آب و هوا و عملکرد گیاهان زراعی"، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۳۱ صفحه.
- Aldaya, MM, Allan, JA. and Hoekstr, AY. (2010), Strategic importance of green water in international crop trade. *Ecological Economics*, 69: 887-894
- Black, CA. (1993), *Soil fertility evaluation and control*. Lewis Publishers. USA.
- Croissant, R.L., Peterson, GA., and Westfall, DG. 1998. *Dryland Cropping Systems*. Colorado State University, Cooperative Extension. Bulletin No. 0.516
- Eitzinger, J. Trnka, M. Hösch, J. Žalud, Z. and of Dubrovský. M. (2004), Comparison CERES, WOFOST and SWAP models in water content during simulating soil growing season under different soil Ecol. Modell. 171:223-246. conditions.
- Huang, M. Gallichand, J. and Zhong, L. (2004), Water-yield relationships and optimal water management for winter wheat in the Loess Plateau of China. *Irrig Sci*, 23: 47-54
- Kang, Y, Khan, Sh, and Ma, X. (2009), Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security – A review. *Progress in Natural Science*, 19: 1665-1674
- Kumar Das, D. 1997. *Introductory Soil Science*. Kalyani Publishers, India.
- Liu HF, Genard, M. Guichard, S. and Bertin, N. (2007), Model-assisted analysis of tomato fruit growth in relation to carbon and water

The role of Climate Parameters on Wheat Yield at Rainfed Regions of Kohdasht and Poldokhtar of Lorestan Province

A.R., Tavakoli, A., Liaghat, Z., Akbari

Received: September 21, 2011/ Accepted: June 9, 2012, 1-4 P

Extended Abstract

1- Introduction

Crop growth and production at rainfed systems is related to climate parameters changes. Climate parameters changes influenced Crop growth and its production at rainfed systems. Assessing the effective parameters and planning for their managing and or arranging agronomic activity with those trend changes, which result to improving production baseline and prediction for future. Precipitation and temperature are more important climate factors, which influence crop growth and production. Assessment the components of these factors, lead to improving grain yield and rain water productivity.

2- Methodology

In order to estimation of climate-yield production functions, analyzed eight crop seasons data (1998-2006) of 25 climate parameters and rainfed wheat grain yields of two warm regions of Lorestan province including Kohdasht and Poldokhtar. By path analysis method separated correlation coefficient to direct and indirect effects. Statistical indicators such as mean absolute error, maximum absolute error, root mean square error, index of agreement and efficiency were used for evaluation climate models. Relationship between precipitation – yield and precipitation – water productivity, determined for this area.

3- Discussion

Results showed that in local and common models of production functions, the role of sunshine is very important. Sunshine influenced relative humidity and air temperature, and then affected on yield and rain water productivity. The local models

Author(s)

A.R. Tavakoli (✉)

Assistant professor of Agricultural Engineering Research section, Agricultural Research Center of Semnan Province (Shahrood), Shahrood, Iran, Corresponding author. E-mail address: art.tavakoli@gmail.com

A. Liaghat

Professor of Irrigation and Reclamation Engineering Department, University of Tehran, Karaj, Iran

Z. Akbari

Meteorological Organization in Lorestan Province, Khoram Abad, Lorestan, Iran

necessary small input data but common model need more input data (T_{\min} , n , P_{Winter} , P_{Start} , P_{End} , $T_{\min\text{-abs}}$, P_{Aban} , P_{Azar} , P_{Day} , P_{Far} , P_{Ord} , $T_{\max\text{-far}}$). Statistical indicators amounts, showed that, the climate models were suitable to yield predict at these regions. Rain water productivity of all regions determined for eight crop seasons, and amounts of maximum, minimum and average of rain water productivity were 0.411, 0.142 and 0.269 kg per cubic precipitation, which its average was 8 percent lower than national average ($0.292 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$).

4- Conclusion

We conducted the climate-yield models are useful tools to predict rainfed wheat yield and so to assist managers and farmers for making decisions in rainfed agronomic activity under climate parameters changes.

Key words: Rain water productivity, climate model, Path analysis, sunshine, Climate parameters

References

- Aldaya, MM, Allan, JA, and Hoekstr, AY. (2010), Strategic importance of green water in international crop trade. *Ecological Economics*, 69: 887–894.
- Black, CA. (1993), Soil fertility evaluation and control. Lewis Publishers. USA.
- Croissant, RL, Peterson, GA, and Westfall, DG. 1998. Dryland Cropping Systems. Colorado State University, Cooperative Extension. Bulletin No. 0.516
- Eitzinger, J, Trnka, M, Hösch, J, Žalud, Z, and Dubrovský, M. (2004), Comparison of CERES, WOFOST and SWAP models in simulating soil water content during growing season under different soil conditions. *Ecol. Modell.* 171:223–246.
- Feiziasl, V, and Valizadeh, Gh. (2004), Effects of phosphorous and zinc fertilizer application on nutrient concentrations in plant and grain yield in CV. Sardari “Triticum Aestivum” under dryland conditions. *Iranian J. of Crop Sciences*, 6(3): 223-238. (in Farsi)
- Feiziasl, V, Jafarzadeh, J, Abdolrahmani, B, Mousavi, SB, and Karimi, E. (2010), Study effects of climate parameters on grain yield of rainfed wheat (Sardari cultivar) at Maragheh region. *Iranian J. of Field Crops Research*, 8(1): 1-11. (in Farsi)
- Huang, M, Gallichand, J, and Zhong, L. (2004), Water–yield relationships and optimal water management for winter wheat in the Loess Plateau of China. *Irrig Sci*, 23: 47–54
- Kafi, M, Ganj-Ali, A, Nezami, A, and Shariatmadari, F, (2000), Climate and crop yield. *Jahad e Daneshgahi Mashhad press*, 31pp. (in Farsi)
- Kang, Y, Khan, Sh, and Ma, X. (2009), Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security – A review. *Progress in Natural Science*, 19: 1665–1674
- Kumar Das, D. (1997), *Introductory Soil Science*. Kalyani Publishers, India.
- Liu HF, Genard, M. Guichard, S. and Bertin, N. (2007), Model-assisted analysis of tomato fruit growth in relation to carbon and water fluxes. *Journal of Experimental Botany* 58(13): 3567-3580.
- Loague, K, and Green, RE. (1991), Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: Overview and application. *J. Contam.*

- Popper, DE, and Popper, FJ. (1987), The Great Plains: from dust to dust. *Planning* (December): 1318.
- Rasouli, AA, Ghasemi Golozani, K, and Sobhani, B. (2005), The role of rainfall and elevation on determining suitable areas for rainfed wheat using Geographic Information Systems, case study: Ardabil province. *Joghrafi va Tosee*, 3(5): 183-199. (in Farsi)
- Ren, J, Chen, Z, Zhou, Q, and Tang, H. (2008), Regional yield estimation for winter wheat with MODIS-NDVI data in Shandong, China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 10: 403–413
- Rosenzweig, C, and Reibsame, WE. (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.
- Sajadi, A. (1982), Growth physiologic of wheat. *Soil and Water Research Institute*, paper No 622, 33p. (in Farsi)
- Saradon, SJ. and Gianibelli, MC. (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
- Schillinger, WF, Schofstoll, SE, and Alldredge, JR. (2008), Available water and wheat grain yield relations in a Mediterranean climate. *Field Crops Research*, 109: 45–49
- Singh, AK. Tripathy, R. and Chopra, UK. (2008), Evaluation of CERES Wheat and CropSyst models for water—Nitrogen interactions in wheat crop. *Agric. Water Manage.* 95:776–786.
- Taliei, AA. (1999), Final report of pattern and probability of rainfall and its effects on rainfed crops yields. Kermanshah Agricultural Research Center, 70p. (in Farsi)
- Tavakoli, AR, Liaghat, A, Alizadeh, A, Oweis, T, and Parsinejad, M. (2010), Improvement of Water Productivity by Conjunctive Management of limited Irrigation and Advanced Agronomic Practices in Rainfed Cereals Farming Areas. PhD thesis, Irrigation and Reclamation Engineering Department, University of Tehran, 212pp. (in Farsi)
- Tavakoli, AR. Oweis, T, Ashrafi, Sh. Asadi, H, Siadat, H, and Liaghat, A. (2010), Improving rainwater productivity with supplemental irrigation in upper Karkheh river basin of Iran. *International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA)*, Aleppo, Syria, 123pp.
- Willmott, CJ. (1982), Some comments on the evaluation of model performance. *Bull. Meteorol. Soc.* 63:1309–1313.
- Worster, D. (1979), *Dust Bowl: The Southern Great Plains in the 1930*. New York: Oxford University Press.