پیش بینی عملکرد گندم دیم در استان خراسان با استفاده از داده های بارندگی و خاک با به کارگیری انواع مدلهای رگرسیونی

مریم تاتاری[۱]، علیرضا کوچکی[۲]، مهدی نصیری محلاتی[۲]

چکیده

تولید گندم دیم، به علت وابستگی به عوامل اقلیمی، نوسانات زیادی نشان می دهد. از آنجایی که گندم نقش اساسی را در امنیت غذایی کشور ایفا می‌کند، تخمین پیش از موعد میزان عملکرد گندم، کمک مؤثری در تصمیم گیریهای کلان خواهد بود. در مطالعه‌ای امکان پیش بینی عملکرد گندم دیم در استان خراسان به وسیله داده های بارندگی و خاکشناسی و با استفاده از مدل تجربی رگرسیونی مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور اطلاعات عملکرد گندم دیم مناطق عمده دیمکاری در استان خراسان (بجنورد، شیروان، فاروج، اسفراین، قوچان، درگز، مانه–سملقان و راز–جرگلان) در طی سالهای ۱۳۶۲ تا ۱۳۸۳ از سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان دریافت شد. از آمار بارندگی به صورت سالیانه (از مهر تا مهر)، ماهیانه فصل رشد گیاه (بارندگی ماهیانه از آبان تا خرداد) و مجموع بارندگی در فصل رشد گندم (مجموع بارندگی ۸ ماهه از آبان تا خرداد) استفاده گردید. برای تعیین بافت خاک، از خاک مزارع دیم در مناطق یاد شده ۵۹ نمونه برداشت گردید. برای محاسبه مقدار رطوبت خاک در نقاط ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم از توابع انتقالی استاندارد استفاده گردید. مقدار آب در دسترس خاک از تفاضل مقدار آب در نقطه ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم به دست آمد. نتایج بررسی ۱۰ مدل مختلف رگرسیونی بدست آمده نشان داد که بارندگی در ماههای فروردین، خرداد، آبان و اسفند، مقدار رطوبت خاک در نقاط FC و PWP و درصد رس خاک مهمترین متغیرهای تعیین کننده عملکرد گندم دیم بودند. بهترین معادلات بدست آمده بر اساس مقدار شاخصهای آماری عبارت بودند از ۱– مدل رگرسیونی مبتنی بر بارندگی ماههای فروردین، خرداد، آبان، میزان رطوبت در نقطه FC و PWP (RMSE =۲۷/۳، R2 =۰/۷۸) و ۲– مدل رگرسیونی پیش بینی عملکرد بر اساس مجموع بارندگی در فصل رشد گندم، درصد رس خاک و میزان رطوبت در نقطه FC و PWP (RMSE =۳۳/۹، R2 =۰/۷۱) در این مطالعه مشخص شد که در صورت نیاز، می توان عملکرد گندم دیم را تنها براساس مقادیر بارندگی در ماههای فروردین و آبان نیز با دقت قابل قبولی تخمین زد.

واژه‌های کلیدی: پیش بینی عملکرد، رگرسیون چند گانه خطی، گندم دیم، آب قابل دسترس.

مقدمه

تولید گندم، خصوصاً گندم دیم، به علت نوسانات در عوامل اقلیمی (عمدتاً میزان و پراکنش نزولات)، تغییرات زیادی دارد. از آنجایی که گندم نقش اساسی را در امنیت غذایی کشور ایفا می کند، پیش‌بینی میزان تولید گندم قبل از برداشت و در اواسط فصل، زمان کافی را برای مقابله با کمبود فراهم می‌کند.

برای پیش‌بینی موثر عملکرد گیاهان زراعی، ابتدا باید عوامل تعیین کننده یا محدود کننده عملکرد را شناخت. بر اساس یک نظریه، عملکرد دانه در زمانی که آب محدود کننده عملکرد است، تابعی از مقدار آب در دسترس گیاه، کارآیی مصرف آب و شاخص برداشت می‌باشد (۲۱). از این میان آنچه مهمترین عامل محدود کننده عملکرد، خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد، میزان آب قابل دسترس گیاه است. بنابراین مدلهای مختلف، عمدتاً از این متغیر برای پیش‌بینی عملکرد در شرایط دیم استفاده می کنند.

مدلها نمادهایی از واقعیت هستند و مهمترین ویژگیهای

۱و۲– به ترتیب عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیروان و اعضای هیات علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

دنیای واقعی را به صورتی ساده و کلی بیان می‌کنند. مدلها ابزارهایی عملی هستند که به کمک آنها می‌توان به درکی از واقعیت، البته نه کل آن، بلکه بخش مفید و قابل فهم آن دست یافت. امروزه، مدلهای شبیه سازی گیاهی به عنوان ابزاری چندمنظوره در تحقیقات و مدیریت زراعی مطرح هستند. انواع مختلفی از مدلهای پیش‌بینی عملکرد وجود دارد که یکی از رایج ترین و در عین حال ساده ترین آنها مدلهای تجربی رگرسیونی است. در مدلهای جعبه سیاه تنها ورودی و خروجی‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند. به عبارت دیگر این گونه مدلها بدون اینکه روابطی ریاضی بین متغیرهای ورودی و خروجی را مورد توجه قرار دهند، تنها مقدار خروجی مطلوب را برآورد می‌کنند که این امر امکان تفسیر و بررسی میزان تاثیر هریک از متغیرهای ورودی و خروجی را برای کاربر مشکل می‌سازد ولی با این حال عمل پیش‌بینی را نسبت به سایر روشهای مدلسازی گیاهی تا حد زیادی ساده می‌سازد (۳).

شیپانشی و همکاران (۱۱) با بررسی عوامل محدود کننده رشد گندم دیم نشان دادند که مقدار رطوبت خاک در زمان رشد رویشی و رشد خوشه، مهمترین عوامل تعیین کننده عملکرد گندم بهاره دیم می‌باشد.

فرج زاده (۴) با استفاده از مدلهای رگرسیونی، عملکرد گندم دیم را در استان آذربایجان غربی پیش‌بینی نموده و گزارش کرد که مهمترین عوامل تعیین کننده تولید گندم دیم در این منطقه، بارندگی در طی فصل رشد و مجموع روزهای یخبندان است.

آرورا و پریهار (۱۰) با استفاده از اطلاعات هفت ساله عملکرد گندم دیم و داده‌های خاک، عملکرد دانه را به وسیله معادلات رگرسیونی پیش‌بینی و گزارش کردند مقدار مصرف آب توسط گیاه در طول فصل رشد ۶۲ تا ۶۷٪ از تغییرات عملکرد در مناطق مختلف کشت گندم دیم در ایالت پنجاب هند را توصیف می‌کند. در این مطالعه نشان داده شد که با استفاده از مقدار کل آب موجود در خاک (مقدار رطوبت قابل دسترس در زمان کشت + کل بارندگی در طول فصل رشد) می‌توان با دقت بالایی (R^2=۰/۷۷)، عملکرد گندم دیم را پیش‌بینی کرد. در این مطالعه، زمانی که مقدار بارندگی به دوره‌های ۲۵ روزه تا یک ماهه تقسیم‌بندی شد، قدرت پیش‌بینی مدلهای رگرسیونی افزایش یافت.

مارلتو و همکاران (۱۶) در مطالعه ای عملکرد گندم دیم را با استفاده از مدلهای تجربی پیش‌بینی نمودند. متغیرهایی که در این مدل استفاده شد شامل داده‌های هواشناسی و خاک شناسی بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از این داده‌ها می‌توان، عملکرد گندم دیم را دو ماه پیش از برداشت، به خوبی (R^2 =۰/۶۵) پیش‌بینی نمود. پارک و هوانگ (۲۰) در آزمایشی برای مطالعه امکان پیش‌بینی عملکرد گیاهان زراعی در دشتهای آمریکا، در شرایط مختلف خاک و مدیریت زراعی، از سه روش مختلف شامل مدلهای خطی عمومی، درخت رگرسیون و شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند. در این مطالعه مشخص شد که درخت رگرسیون مناسبترین روش برای پیش‌بینی عملکرد گیاه زراعی در این منطقه است.

با توجه به اینکه مدلهای رگرسیونی مکان مرجع بوده و در استان خراسان نیز مطالعه مشابهی صورت نگرفته است، هدف از این مطالعه امکان پیش‌بینی گندم دیم بر اساس متغیرهای اقلیمی و خاکشناسی، با استفاده از مدلهای مختلف رگرسیونی در استان خراسان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

اطلاعات عملکرد گندم دیم مناطق مختلف دیمکاری در استان خراسان در طی سالهای ۶۲ تا ۸۳ از سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جمع آوری شد. با توجه به سطح زیر کشت مناطق و میانگین عملکرد گندم دیم در شهرستانهای مختلف، تعداد ۸ شهرستان شامل بجنورد، شیروان، فاروج، اسفراین، قوچان، درگز، مانه - سملقان و راز- جرگلان که میانگین عملکرد و سطح زیر کشت گندم دیم بیشتری داشتند، انتخاب گردیدند. با توجه به این که در آمار وزارت جهاد کشاورزی آمار مربوط به برخی از مناطق در برخی سالها وجود ندارد، در مجموع ۱۰۷ داده ورودی (عملکرد) برای اجرای مدل رگرسیونی جمع آوری گردید.

آمار بارندگی مناطق مذکور در طی سالهای ۱۳۶۲ تا ۱۳۸۳ نیز از سازمان هواشناسی کشور و همچنین سازمان هواشناسی خراسان شمالی دریافت شد. از آمار بارندگی به صورت سالیانه (مبداء از مهر)، ماهیانه فصل رشد گیاه (شامل میزان بارندگی ماهانه در ماههای آبان تا خرداد) و مجموع

بارندگی در فصل رشد گندم (مجموع بارندگی ۸ ماهه از آبان تا خرداد) در مدلهای رگرسیونی استفاده گردید.

برای اندازه گیری متغیرهای خاکشناسی شامل بافت خاک، مقدار رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی و مقدار آب قابل دسترس از مزارع دیم در مناطق یاد شده نمونه برداری خاک انجام شد. بدین منظور پیش از شروع فصل کشت، بازدید از مناطق انجام گرفته و با انطباق آن با نقشه‌های خاکشناسی دیجیتالی اخذ شده از مرکز مطالعات خاکشناسی ایستگاه تحقیقات خراسان، مناطق نمونه برداری بافت خاک تعیین گردید. در مجموع ۵۹ نمونه خاک از سطح منطقه برداشت شد.

پس از تعیین درصد شن، سیلت و رس، بافت خاک هر منطقه مشخص شد. برای محاسبه مقدار رطوبت در نقاط ظرفیت زراعی (FC) و مقدار آب قابل دسترس از توابع انتقالی دوریدر و وان کیولن (۱۲) استفاده گردید. بر اساس این معادله مقدار رطوبت خاک در نقطه ظرفیت زراعی ($\theta pF_{2.5}$) به صورت حجمی(cm^3/cm^3)، از طریق درصد شن بافت خاک (Sa_p) و وزن مخصوص ظاهری خاک[1] ($Bd\ ,g/cm^3$) و بر اساس معادله ۱ محاسبه شد.

$$FC = \theta_{pF\ 2.5} = \{(0.37 - 0.0035\ Sa_p)\ *Bd\}/\ 100 \quad (۱)$$

برای محاسبه مقدار آب قابل دسترس (AW) ، مقدار رطوبت خاک درنقطه پژمردگی دائم ($\theta pF_{4.2}$) تعیین گردید. بر اساس معادله پیشنهادی توسط دوریدر و وان کیولن (۱۲) مقدار رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم[1] (PWP) به صورت حجمی (cm^3/cm^3)، با داشتن درصد رس خاک (Cl_p) و وزن مخصوص ظاهری خاک ($Bd\ ,g/cm^3$) و بر اساس معادله ۲ محاسبه گردید.

$$PWP = \theta_{pF4.2} = \{(0.007 + 0.0039\ Cl_p)\ *Bd\}/\ 100 \quad (۲)$$

تفاوت میزان رطوبت در زمان رسیدن به حد ظرفیت زراعی و مقدار رطوبت در زمان پژمردگی دائم، مقدار آب قابل دسترس را به صورت حجمی (cm^3/cm^3)، نشان می‌دهد (معادله ۳).

$$AW = \theta_{pF\ 2.5} - \theta_{pF4.2} \quad (۳)$$

با توجه به اطلاعات به دست آمده، پیش‌بینی عملکرد گندم دیم بر اساس ترکیب مختلف متغیرهای هواشناسی و خاکشناسی انجام گرفت. برای پیش‌بینی عملکرد از رگرسیون ساده خطی، رگرسیون چندگانه استفاده شد (معادله ۴).

$$Y = \beta_0 + \beta_{x1}(X_1) + \beta_{x2}(X_2) + \beta_{xn}(X_n) \quad (۴)$$

که در آن Y، عملکرد، X_1 تا X_n متغیرهای مدل و β_{x1} تا β_{xn} ضرایب رگرسیونی می‌باشند. مدل نهایی پیش‌بینی عملکرد پس از حذف متغیرها به روش گام به گام[1] انتخاب گردید.

ارزیابی و مقایسه مدلها، بر اساس ضریب تبیین (R^2) با استفاده از جذر مجموع مربعات خطا[1] (RMSE) انجام گرفت. این شاخص را می‌توان از معادله ۵ محاسبه کرد (۲۲):

$$RMSE\ (\%) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{n}} \cdot \frac{100}{\bar{O}} \quad (۵)$$

در این معادله P_i و O_i به ترتیب مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهده شده و $\bar{O}$ میانگین مقادیر مشاهده شده می‌باشد. RMSE به صورت درصد اختلاف نسبی مقادیر پیش‌بینی شده در برابر مقادیرواقعی بیان می‌شود و بر اساس تعریف، قدرت پیش‌بینی مدل در صورتی که مقدار RMSE کمتر از ۱۰٪ باشد، عالی، اگر بین ۱۰ تا ۲۰٪ باشد، خوب، اگر بین ۲۰ تا ۳۰٪ باشد، متوسط و اگر بالاتر از ۳۰٪ باشد، ضعیف برآورد می‌شود (۲۲).

همچنین برای ارزیابی مدل می‌توان از نمودار مقادیر واقعی (O) در برابر مقادیر پیش‌بینی شده (P) استفاده کرد. بر این اساس معادله خط راست برای دو مدلی که بالاترین ضرایب رگرسیونی را به خود اختصاص داده بودند، رسم گردید:

$$O = \beta_0 + \beta_P(P) \quad (۶)$$

سپس اختلاف عرض از مبداء و ضریب متغیرP به ترتیب با صفر و یک (ضرایب خط ۱:۱) مورد مقایسه قرار گرفتند. مدل در صورتی قادر به پیش‌بینی با دقت بالا می‌باشد که پس از برازش معادله ۶ عرض از مبداء خط رگرسیونی مقادیر مشاهده شده در برابر مقادیر پیش‌بینی شده آن با صفر

اختلاف معنی دار نداشته و علاوه بر این اختلاف ضریب متغیر P نیز با یک از نظر آماری بی معنی باشد. مقایسه ضرایب رگرسیونی بین مقادیر O و P با ضرایب خط ۱:۱ از طریق آزمون t انجام شد.

برای برازش معادلات و انجام محاسبات آماری، از نرم افزارهای Sigma Stat Ver. 1.0، Minitab Ver. 13.0و Excelاستفاده گردید.

نتایج و بحث

بیش از ۲۰ مدل رگرسیونی که از ترکیب داده‌های مختلف به دست آمده بود در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. این مدلها به لحاظ معنی‌داری ضرایب رگرسیونی، نرمال بودن[1] و همراستایی[1] و هم خطی[1] مورد آزمون قرار گرفتند. با توجه به این که این آزمونها صحت مدل رگرسیونی را نشان می‌دهند، در صورت عدم احراز هر یک از فرضیات فوق، مدل مذکور از فهرست مدلها حذف گردید. در نتیجه مدلهای شماره ۱، ۲، ۴، ۵، ۶ و ۹ حذف گردیدند. فهرست مدلهای باقیمانده در جدول ۱ دیده می‌شود.

بنابراین، ده مدل رگرسیونی مختلف با داده‌های متفاوت مقایسه گردید. جدول ۲ ضرایب رگرسیون ساده و تصحیح شده[1] (R^2_{adj}) ، عرض از مبداء و ضرایب هر یک از متغیرهای این مدلهای رگرسیونی را نشان می‌دهد.

مدل ۱ عملکرد گندم دیم را بر اساس مجموع بارندگی هشت ماهه (S8) و مقادیر رطوبت در نقاط FC و PWP و با استفاده از رگرسیون گام به گام پیش رونده پیش‌بینی می کند (جدول ۲). بر اساس این مدل، رابطه عملکرد گندم دیم با مقدار رطوبت در نقطه FC، مثبت و با مقدار رطوبت در نقطه PWP منفی است. از آنجا که مقدار آب قابل دسترس در خاک (AW)، حاصل تفاضل مقدار رطوبت در نقطه FC و نقطه PWP می‌باشد (۲، ۸)، هر چه مقدار رطوبت در نقطه FC بالاتر و یا مقدار رطوبت در نقطه PWP کمتر باشد، ظرفیت نگهداری آب خاک نیز بیشتر خواهد بود (۱۸). همانطور که گفته شد، بر اساس اظهارات پاسیورا (۲۱) عملکرد در شرایط دیم، تابعی از مقدار آب قابل دسترس گیاه می‌باشد. استون و اسکلگل (۲۴)، گزارش کردند که ۷۰٪ تغییرات عملکرد گندم، در قسمتی از دشتهای آمریکا که آب عامل محدود کننده تولید است، مربوط به ظرفیت نگهداری آب خاک می‌باشد.

مدل ۲، عملکرد گندم دیم را بر اساس مجموع بارندگی هشت ماهه و درصد اجزای مختلف بافت خاک پیش‌بینی می کند (جدول ۲). در صد رس (Cl_p) تنها جزء از

جدول۱: فهرست مدلهای باقیمانده پس از حذف بوسیله آزمونهای مختلف (علامت * نشان دهنده آن است متغیرهایی است که در معادله از آنها استفاده شده است.)

مدل	S8	Sa_p	Si_p	Cl_p	FC	PWP	AW	M1	M2	M3	M8	M9	M10	M11	M12
۱	*				*	*									
۲	*	*	*	*											
۳	*	*	*	*	*	*									
۴	*	*	*	*			*								
۵								*	*	*	*	*	*	*	*
۶					*	*		*	*	*	*	*	*	*	*
۷		*	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*
۸							*	*	*	*	*	*	*	*	*
۹		*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*
۱۰		*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*

S8 : به ترتیب مجموع بارندگی ۸ ماهه بر حسب میلی متر

M1، M2، M3، M8، M9، M10، M11 و M12: به ترتیب بارندگی ماههای فروردین، اردیبهشت، خرداد، آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند

Sa_p ،Si_p وCl_p : به ترتیب در صدهای مربوط به شن، سیلت و رس

PWP، FC و AW: به ترتیب مقدار رطوبت خاک در نقاط ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم و مقدار رطوبت در دسترس

جدول ۲: جدول ضرایب رگرسیون و ضرایب متغیرهای مدلهای تحت بررسی

مدل	R^2_{adj}	R^2	β_0	β_{S8}	β_{Clp}	β_{FC}	β_{PWP}	β_{M1}	β_{M3}	β_{M8}	β_{M12}
۱	۰/۳۳۲	۰/۵۹۴	۴۲۰/۹۵	۱۹/۳۱۸	-	۲۴۸۰/۲	-۶۱۹۵/۳۳	-	-	-	-
۲	۰/۲۸	۰/۵۴۸	۵۵۶/۴۲۶	۲۱/۴۱۱	۱۲/۸۸	-	-	-	-	-	-
۳	۰/۴۸	۰/۷۱	۸۴۷/۷۵۵	۱۷/۷۳۱	۲۲۰/۰۷۵	۲۴۶۰/۷۳	-۴۷۸۲۶/۱۶	-	-	-	-
۴	۰/۲۸	۰/۵۴۸	۵۵۶/۴۲۶	۲۱/۴۱۱	۱۲/۸۸	-	-	-	-	-	-
۵	۰/۴	۰/۶۵	۲۷۷/۳۵	-	-	-	-	۵/۹۸۷	۴/۲۹	۵/۱۱	-۲/۳۷
۶	۰/۵۹	۰/۶۷	۳۶۱	-	-	۲۴۱۱/۳۰۸	-۵۳۶۰/۷۶	۵/۰۵	۳/۰۹	۴/۴۳	-
۷	۰/۴	۰/۶۵	۲۷۷/۳۵	-	-	-	-	۵/۹۸۷	۴/۲۹	۵/۱۱	-۲/۳۷
۸	۰/۴	۰/۶۵	۲۷۷/۳۵	-	-	-	-	۵/۹۸۷	۴/۲۹	۵/۱۱	-۲/۳۷
۹	۰/۵۹۴	۰/۷۸	۷۶۶/۹	-	۲۲۵/۰۳	۲۴۲۳/۶	-۴۷۹۳۷/۲	۵/۱	۲/۳۲	۴/۰۳	-
۱۰	۰/۴	۰/۶۵	۲۷۷/۳۵	-	-	-	-	۵/۹۸۷	۴/۲۹	۵/۱۱	-۲/۳۷

β_0: ضریب ثابت، اسامی سایر متغیرها در جدول ۱ ذکر شده است.

اجزای بافت خاک می‌باشد که در مدل، باقی مانده است. برخی تحقیقات نشان داده است که بافت خاک بر مقدار آب قابل دسترس گیاه موثر است (۶، ۸ و ۹). به این معنی که ظرفیت کل نگهداری آب در خاک بستگی به بافت آن داشته و در خاکهای درشت بافت ظرفیت نگهداری آب کمتر از خاکهایی با بافت ریز است. گوپتا و لارسون (۱۴) گزارش کردند که مقدار آب قابل دسترس به اندازه ذرات، وزن مخصوص ظاهری و درصد مواد آلی خاک بستگی دارد. با توجه به اینکه درصد ماده آلی در خاکهای ایران ناچیز است و اندازه ذرات و وزن مخصوص ظاهری نیز تابعی از بافت خاک تعریف می‌شود (۲ و ۷)، رابطه مثبت درصد رس با عملکرد گندم دیم امری قابل قبول به نظر می‌رسد. مطالعات وریندتس و همکاران (۲۵) نیز نشان داد که عملکرد گندم دیم به درصد رس و وزن مخصوص ظاهری خاک بستگی دارد.

مدل ۳، پیش‌بینی عملکرد را بر اساس داده‌های مجموع بارندگی هشت ماهه، درصد اجزای مختلف بافت خاک و مقادیر رطوبت در نقاط FC و PWP با استفاده از روش رگرسیون گام به گام پیش رونده انجام می‌دهد (جدول ۲). همانگونه که در این مدل مشاهده می‌شود، حضور کلیه متغیرهایی که تاکنون اثرات آنها به صورت جداگانه در معادلات قبلی مورد بررسی قرار گرفته بودند، می‌تواند تأییدی بر اثرات هریک ازآنها بر عملکرد گندم دیم باشد.

نتیجه مدل ۴ که عملکرد گندم دیم را بر اساس مجموع بارندگی هشت ماهه، در صد اجزای بافت خاک و مقدار آب قابل دسترس (AW) و با استفاده از روش رگرسیون گام به گام پیش رونده پیش‌بینی می‌کند، همانند مدل ۲ حاصل شده و متغیرهایی که در این مدل باقی مانده اند دارای ضرایب رگرسیونی مشابه با ضرایب رگرسیونی متغیرها در مدل ۲ می‌باشند (جدول ۲).

مدل ۵، عملکرد گندم دیم را بر اساس داده‌های بارندگی ماهیانه و با استفاده از روش رگرسیون گام به گام پیش رونده، پیش‌بینی می‌کند (جدول ۲). بر اساس این مدل عملکرد گندم دیم با بارندگی در ماههای فروردین (M_1)، خرداد (M3) و آبان (M8) رابطه مثبت و با بارندگی در اسفند (M12) رابطه منفی دارد.

از آنجا که گندم دیم در اکثر مناطق دیم خیز کشور و از جمله خراسان شمالی، در آبان کشت می‌شود و عملاً در بسیاری از مناطق، کشاورزان تا پیش شروع بارندگی در آبان، اقدام به کشت دیم نمی‌کنند، اثر بارندگی در این ماه بر جوانه زنی گیاه بسیار مهم می‌باشد. آرورا و پریهار (۱۰) نیز نتیجه مشابهی را از آزمایش خود گزارش نمودند. بر اساس مطالعه آنها مقدار بارندگی در زمان کشت یکی از عواملی است که بر روی عملکرد نهایی گندم در شرایط دیم تاثیرگذار می‌باشد. بر اساس این تحقیق رطوبت خاک در زمان کشت به تنهایی ۳۶ تا ۵۲٪ تغییرات عملکرد دانه را در خاکهای مختلف توصیف می‌کند. نتایج تحقیقات طلیعی و بهرامی (۱) نیز نشان داد که مقدار رطوبت خاک در زمان

کشت از عوامل تعیین کننده عملکرد گندم دیم می‌باشد.

بارندگی در فروردین ماه نیز همزمان با اواخر ساقه دهی گیاه و اوایل ظهور سنبله می‌باشد که احتمالاً بر روی تعداد دانه در گیاه تاثیر دارد. کافی و همکاران (۵) گزارش دادند که تعداد گلچه هایی که در گیاه پس از شروع رشد سریع سنبله و ساقه باقی مانده و سرعت رشد طبیعی دارند با قابلیت دسترسی به مواد پرورده متناسب است. از سوی دیگر هونگ بو و همکاران (۱۵) نیز نشان داد که مقدار فتوسنتز در مرحله پنجه زنی به طور قابل ملاحظه ای به مقدار آب خاک وابسته است. فردریک و کامبرتوا (۱۳) نیز با تأکید بر اثر معنی دار آب قابل دسترس گیاه بر عملکرد گندم گزارش دادند که تنش خشکی در زمان رشد سریع گیاه پس از ساقه رفتن در بهار، فتوسنتز برگ و تعداد دانه در گیاه را کاهش می‌دهد. در عین حال نونامی و بویر (۱۹) گزارش کردند که ممکن است دلیل اصلی کاهش رشد سنبله تحت تنش خشکی به جای کاهش عرضه مواد فتوسنتزی، افت پتانسیل آب در بافتهای در حال رشد سنبله باشد. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گیری نمود که تنش خشکی با کاهش فتوسنتز برگ، قابلیت دسترسی به مواد پرورده را کاهش داده و به این ترتیب سبب کاهش تعداد گلچه در گیاه می‌شوند.

علاوه بر این همانطور که مشاهده می‌شود، عملکرد گندم دیم با مقدار بارندگی در خرداد ماه نیز ارتباط مستقیم دارد (جدول ۲). در اکثر مناطق کشور، از جمله منطقه مورد بررسی در این تحقیق، در این زمان بارندگی به ندرت صورت می‌گیرد و دمای هوا نیز افزایش قابل ملاحظه ای دارد. این مساله اغلب سبب تشدید تنش خشکی در انتهای فصل و چروکیدگی دانه می‌شود. بنابراین بارندگی در این زمان احتمالاً از بروز تنش خشکی و کاهش دوره رشدی گیاه در اثر تنش جلوگیری کرده ، قابلیت دسترسی به آب و به تبع آن وزن هزار دانه را افزایش خواهد داد (۱۷و ۲۳).

بر اساس مدل ۵، عملکرد گندم دیم با مقدار بارندگی در اسفند ماه رابطه معکوس دارد. علی رغم این که در منابع مختلف تفسیری در مورد علت بروز چنین نتیجه ای یافت نشد، به نظر می‌رسد از آنجا که اسفند ماه مقارن با گرم شدن هوا و آب شدن برف زمستانه و یخ خاک است، بارندگی در این ماه احتمالاً خطر غرقاب را افزایش داده و به این ترتیب به گیاه صدمه خواهد زد.

مدل۶، عملکرد گندم دیم را بر اساس داده‌های بارندگی ماهیانه و مقدار رطوبت در نقاط FC و PWP پیش‌بینی می‌کند (جدول ۲). اگر بین این مدل و مدل پیش‌بینی عملکرد بوسیله بارندگی ماهیانه (مدل ۵) مقایسه ای صورت گیرد، مشاهده می‌شود که ماههایی که در این مدل به عنوان ماههای مهم در پیش‌بینی مشخص شده اند همان ماههای مدل ۵ می‌باشند، با این تفاوت که بارندگی در اسفند ماه در این مدل وجود ندارد.

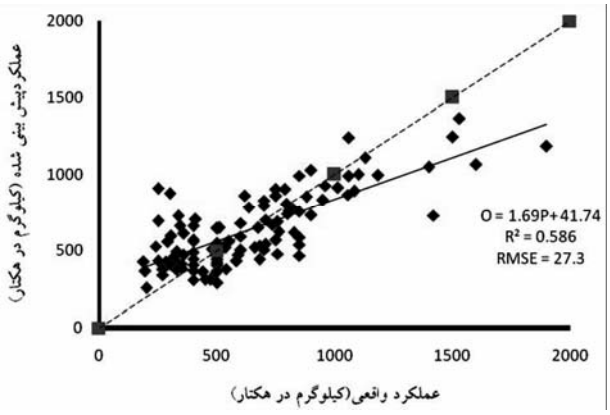
نتایج مدل ۷ که با استفاده از داده‌های بارندگی ماهیانه و درصد اجزای تشکیل دهنده بافت خاک و نیز مدل ۸ که بر اساس بارندگی ماهیانه و آب قابل دسترس (AW) عملکرد گندم دیم را پیش‌بینی می‌کنند، مشابه مدل ۵ به دست آمد (جدول ۲).

مدل ۹ ، عملکرد گندم دیم را بر مبنای بارندگی ماهیانه، درصد اجزای مختلف خاک و مقادیر رطوبت در نقاط FC، PWP پیش‌بینی می‌کند (جدول ۲) که اثرات متغیرهای آن قبلاً مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

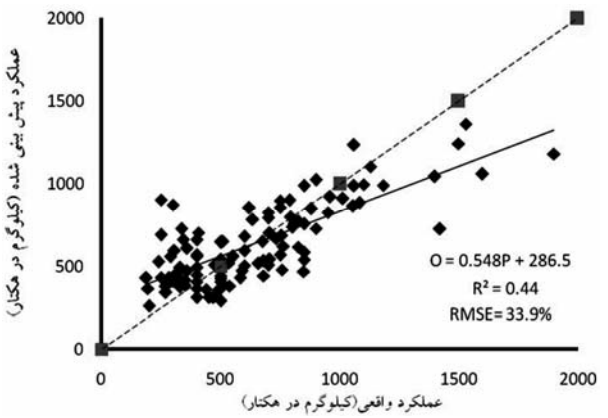
نتیجه مدل ۱۰ که پیش‌بینی عملکرد گندم دیم را براساس بارندگی ماهیانه، درصد اجزای مختلف خاک و آب قابل دسترس (AW) می‌دهد نیز مشابه مدل ۵ به دست آمد (جدول ۲).

با توجه به ضرایب تبیین به دست آمده (جدول ۲)، به نظر می‌رسد که مدلهای ۹ و ۳ به ترتیب با داشتن ضرایب تبیین ۰/۷۸ و ۰/۷۱ بهترین معادلات پیش‌بینی کننده عملکرد گندم دیم را ارائه می‌دهند. بر اساس نتیجه به دست آمده، عملکرد گندم دیم در مدل ۹ با استفاده از بارندگی ماههای فروردین، خرداد، آبان، میزان رطوبت در نقطه FC و PWP و در مدل ۳ با استفاده از مجموع بارندگی هشت ماهه، درصد رس خاک و میزان رطوبت در نقطه FC و PWP پیش‌بینی می‌شود.

همان گونه که پیش از این نیز توضیح داده شد برای آزمون قدرت پیش‌بینی این دو مدل، از شاخص RMSE استفاده شد. علاوه بر این معنی‌داری عرض از مبداء و ضریب رگرسیون متغیر P (مقادیر پیش‌بینی شده) خط ۱:۱ مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده هر دو مدلها با به ترتیب صفر و یک مورد آزمون قرار گرفت. نمودارهای ۱ و ۲، به ترتیب معادله خط ۱:۱ و RMSE مدلهای ۹ و ۳ را نشان می‌دهد.



شکل۱: نمودار و معادله خط رگرسیونی مقادیر پیش بینی شده و واقعی و مقدار RMSE مدل ۹ (جدول ۱)



شکل ۲: نمودار و معادله خط رگرسیونی مقادیر پیش بینی شده و واقعی و مقدار RMSE مدل ۳ (جدول ۱)

بر اساس مقدار RMSE به دست آمده، قدرت پیش‌بینی مدل ۹ متوسط و مدل ۳ ضعیف برآورد می‌گردد (۲۲). با این وجود بررسی‌ها نشان داد که عرض از مبداء هر دو مدلها با صفر اختلاف معنی‌دار نداشته و اختلاف ضریب متغیرP نیز با ۱ معنی دار نیست. بنابراین استفاده از مدل ۹ با توجه به مقدار RMSE کمتر، بهتر می‌باشد.

از آنجا که در کشور ما اطلاعات خاکشناسی مناطق مختلف به طور جامع در اختیار نیست، احتمالاً استفاده از دو مدل فوق در بسیاری از مناطق با مشکل مواجه خواهد شد، ولی با توجه به پراکنش نسبتاً خوب ایستگاههای باران سنجی در سطح کشور و سهولت دسترسی به اطلاعات آنها ممکن است، کاربرد مدلی که با استفاده از داده‌های بارندگی در ماههای مختلف بدست می‌آید، ساده تر و عملی تر باشد. همانگونه که مشاهده شد، مدل ۵ (جدول ۲) نشان داد که پیش‌بینی عملکرد گندم دیم با استفاده از مقدار بارندگی در ماههای فروردین، خرداد، آبان و اسفند امکان پذیر می‌باشد. با استفاده از بارندگی ماههای فروردین، آبان و اسفند می‌توان در مناطق مختلف پیش از برداشت، عملکرد را پیش‌بینی نمود. بر همین اساس، معادله ۶ براساس بارندگی در ماههای فروردین، آبان و اسفند و معادله ۷ بر اساس بارندگی فروردین و آبان عملکرد را پیش‌بینی می‌کنند، مورد بررسی قرار گرفت.

$$Yield = 262.52 + (6.052*M1) + (5.833*M8) - (1.39*M12)\ (R^2 = 0.608) \quad (۶)$$

$$Yield = 199.733 + (6.055*M1) + (5.835*M8)\ (R^2 = 0.600) \quad (۷)$$

با توجه به اینکه تفاوت قابل توجهی بین ضرایب این دو معادله دیده نمی‌شود، استفاده از معادله ۶ به دلیل تعداد متغیرهای کمتر ساده تر می‌باشد. با این وجود بالا بودن مقدار RMSE این دو مدل نشان دهنده ضعف این مدلها در پیش‌بینی عملکرد گندم دیم در سطح وسیع می‌باشد.

به طور کلی می‌توان چنین عنوان نمود که با وجود آن که امکان پیش‌بینی دقیق عملکرد گندم دیم در سطح استان خراسان به وسیله داده‌های اقلیمی و خاکشناسی از طریق مدلهای رگرسیونی وجود ندارد. این امر را می‌توان با به کارگیری روشهای دقیقتر و یا استفاده از داده‌های اقلیمی و خاکشناسی متنوعتر برطرف ساخت.

منابع

۱- طلیعی. ع. و ن. بهرامی. ۱۳۸۲. بررسی تاثیر بارندگی و درجه حرارت بر عملکرد گندم دیم در استان کرمانشاه .علوم خاک و آب. ۱: ۱۰۶- ۱۱۱.

۲- علیزاده، الف. ۱۳۸۴. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی.

۳- گودرزی نژاد، الف. ۱۳۷۹. هوش مصنوعی و مدلسازی. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

۴- فرج زاده، م.۱۳۸۱. مدلسازی میزان عملکرد محصول گندم دیم با توجه به معیارهای اقلیم شناسی کشاورزی در استان آذربایجان غربی. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه تهران.

۵- کافی، م.، الف. جعفرنژاد و م. جامی الاحمدی. ۱۳۸۴. گندم: اکولوژی، فیزیولوژی و برآورد عملکرد. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۶- کوچکی، ع. ۱۳۶۶. تجزیه و تحلیل باران موثر و بررسی آن در منطقه مشهد برای استفاده در برنامه های دیمکاری. علوم و صنایع کشاورزی. ۲: ۱۹- ۲۹.

۷- کوچکی، ع. و غ. کمالی. ۱۳۶۶. باران موثر در مشهد. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. ۱: ۳۳- ۴۹.

۸- کوچکی، ع. و الف. علیزاده. ۱۳۷۰. اصول زراعت در مناطق خشک. انتشارات آستان قدس رضوی.

۹- میرخانی، ر. ۱۳۸۲. تعیین توابع انتقالی برای برآورد منحنی رطوبتی خاکهای لومی. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی.

10-Arora, A. K. and S. S. Prihar. 1983. Regression models of dryland wheat yields from water supplies in Ustifluvent in Punjab, India. Field crop research. 6: 41- 50.

11-Chipanshi, A. C., E. A. Ripley and R. G. Lawford. 1999. Large-scale simulation of wheat yield in a semi-arid environment using a crop-growth model. Agricultural systems. 59: 57-66.

12-De Ridder, N. and H. van Keulen. 1995. Estimating biomass through transfer functions based on simulation model results: a case study for Sahel. Agricultural water management. 28: 57- 71.

13-Fredrich, J. R. and J. J. Combertoa. 1995. Water and nitrogen effects on winter wheat in south-eastern Coastal plain: II physiological response. Agronomy journal. 87: 527-533.

14-Gupta, S. C., and W. J. Larson. 1979. Estimation soil water retention characteristics from particle size distribution, organic matter percent and bulk density. Water research report. 15: 1633-1635.

15-HongBo, S., L. ZongSon, S. MingAn, S. ShiMeng and H. ZanMin. 2005. Investigation on dynamic changes of photosynthetic characteristics of 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes during two vegetative-growth stages at water deficits. Colloids and surface B: Biointerfaces. 43: 221-227.

16-Marletto, V., F. Ventura, G. Fontana and F. Tomei. 2007. Wheat growth simulation and yield prediction with seasonal forecasts and numerical model. Agricultural and forest meteorology. 146: 85-99.

17-Musick. T. J., R. Jones, B. A. Stewart and D. A. Dusek. 1994. Water-yield relationships for irrigated and dryland wheat in the U.S. southern plains. Agronomy journal. 86:980-986.

18-Nicholas, M. E. 1989. Effect of drought and high temperature on grain and growth of wheat. Australian journal of plant physiology. 11: 553-556.

19-Nonami, H., and J. S. Boyer. 1989. Turgor and growth of low water potentials. Plant physiology. 89: 798-804.

20-Park, S. J. and C. S. Hwang. 2005. Comparison of adaptive techniques to predict crop yield response under varying soil and land management condition. Agricultural systems. 85: 59-81.

21-Richards, R.A., A.G. Condon, and G.J. Rebetzke. 2001. Traits to improve yield in dry environments. *In:* Reynolds, M.P., J.I. Oritz-Monasterio, and A. McNab, (eds). Application of Physiology in Wheat Breeding. 240 pages. Mexico, D.F. CIMMYT.

22-Rinaldy, M., N. Losavio and Z. Flagella. 2003. Evaluation of OILCROP-SUN model for sunflower in southern Italy. Agricultural systems. 78: 17-30.

23-Savin, R., P. J. Stone, and M. E. Nicholas. 1996. Response of grain growth of wheat to short period of high temperature in field studies. Australian journal of agricultural research. 47: 456- 477.

24-Stone. L. R. and A. J. Schlegel. 2006. Yield–water supply relationships of grain sorghum and winter wheat. Agronomy journal. 98:1359-1366.

25-Vrindits, E., M. R. Mouazen, M. Reyniers, K. Maertenes, M. R. Maleki, H. Ramon and J. De Baerdemaeker. 2005. Management zones based on correlation between soil compaction, yield and crop data. Biosystems engineering. 92: 419- 428.

Dryland wheat yield prediction using precipitation and edaphic data by applying of regression models

M. Tatari[1], A. Koocheki[2], M. Nassiri Mahallati[2]

Abstract

Dryland wheat is highly dependent on climatic factors and therefore yield is fluctuating accordingly. Since wheat plays an important role in food security, beforehand wheat yield prediction can help government decision-making. Possibility of predicting dryland wheat yield by precipitation and edaphic data was studied using regression models. Dryland wheat yield data during 1362-83 were collected from Jahad-e-agriculture of Khorasan. Eight major wheat growing areas (Bojnourd, Shirvan, Farouj, Esfarayen, Dargaz, Quchan, Mane-Semelghan and Raz-Jargalan) which have maximum average yield and cultivated area were selected. The precipitation data was used in the forms of annual (beginning from Mehr), monthly during growing season (Aban to Khordad) and total growing season precipitation (8 months from Aban to Khordad). In order to evaluate edaphic data such as soil texture, moisture content at field capacity (FC) and permanent wilting point (PWP) and also soil available water, soil samples were taken. To calculate the moisture content at FC and PWP, standard transfer functions were adopted. To obtain the regression models, some Excel, Minitab and Sigma stat software were used. The regression methods included simple regression, multiple linear regression followed forward stepwise regression. The results obtained from 10 different regression models showed that the most important parameters for dryland wheat prediction were precipitation in Farvardin, Khordad, Aban and Esfand, soil moisture content at FC and PWP and soil clay percentage. According to regression coefficient of models, the best equations were those models which used 1) precipitation in Farvardin, khordad and Aban and soil moisture content at FC and PWP (R^2 = 0.78, RMSE= 27.3) and 2) total precipitation during growing season, soil clay percentage and soil moisture content at FC and PWP (R^2 = 0.71, RMSE= 33.9).

Keywords: Yield prediction, multiple linear regression, dryland wheat, soil available water.

1, 2- Contribution from Islamic Azad University, Shirvan Branch and College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, repectively.