نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۱، ص. ۹۳۲-۹۲۲

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No.4, Sept.-Oct. 2012, p. 922-932

تاثیر ویژگی‌های پستی و بلندی و خاک بر عملکرد گندم دیم در منطقه سیساب، شمال شرق ایران

اسماء شعبانی[1*]- غلامحسین حق‌نیا[2]- علیرضا کریمی[3]- ملک مسعود احمدی[4]

تاریخ دریافت:۹۰/۵/۱۵
تاریخ پذیرش:۹۰/۱۲/۷

چکیده

ویژگی‌های پستی و بلندی اراضی به‌دلیل تاثیر بر توزیع آب در بخش‌های گوناگون زمین‌نما و همچنین اثر بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، از عوامل مهم موثر بر رشد و عملکرد محصول در کشاورزی دیم هستند. با وجود این‌که استان خراسان شمالی، یکی از مناطق مهم دیم‌کاری گندم می‌باشد، اطلاعاتی درباره ارتباط ویژگی‌های خاک و پستی و بلندی با رشد گندم دیم در این استان وجود ندارد. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تاثیر ویژگی‌های پستی و بلندی و خاک بر عملکرد گندم دیم در منطقه سیساب استان خراسان شمالی انجام شد. داده‌های عملکرد گندم و نمونه‌های خاک سطحی از ۱۰۰ پلات ۱×۱ متر در منطقه‌ای به وسعت۸۰۰ هکتار به گونه‌ای جمع‌آوری شد که گوناگونی موقعیت‌های شیب را دربرگیرد. سنگریزه، رس، کربنات کلسیم معادل، ماده آلی، pH، EC، نیتروژن کل، پتاسیم و فسفر قابل دسترس اندازه‌گیری شدند. مشتقات اولیه و ثانوی پستی و بلندی دربرگیرنده ارتفاع، شیب، جهت شیب، انحنای سطح، شاخص خیسی، انتقال رسوب و قدرت جریان با استفاده از مدل رقومی ارتفاع به ابعاد ۳۰×۳۰ متر محاسبه شدند. بین ویژگی‌های خاک و پستی و بلندی با مولفه‌های عملکرد، مدل‌های رگرسیونی چند متغیره برقرار و سپس به وسیله نقاط کمکی (۲۰ نقطه از ۱۰۰ نقطه) پیش‌بینی مدل‌های بدست آمده اعتبارسنجی شد. ضرایب ماتریس همبستگی نشان دادند که ارتفاع و درصد کربنات کلسیم معادل، بیشترین میزان همبستگی را با مولفه‌های عملکرد گندم دارند. در میان فاکتورهای بررسی شده خاک در این مطالعه، درصد آهک و ماده آلی و از میان شاخص‌های پستی و بلندی، ارتفاع، شیب و شاخص خیسی وارد مدل‌ها گردیدند. به‌دلیل وجود رابطه‌های غیرخطی و پیچیده، مدل‌های رگرسیونی، فقط ۴۳ درصد از تغییرات عملکرد کل و ۴۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. نتایج این پژوهش نشان داد اگرچه سیساب در مرز اقلیمی خشک و نیمه‌خشک قرار دارد، ویژگی‌های توپوگرافی بر ویژگی‌های خاک و عملکرد گندم دیم موثر هستند.

واژه های کلیدی: برآورد عملکرد، مشتقات مدل رقومی ارتفاع، گندم دیم

مقدمه

در مناطق نیمه‌خشک مانند بخش‌هایی از ایران، گیاهانی که بتوانند بدون آبیاری کشت شوند نسبتا محدود بوده و هیچ کدام از این گیاهان نتوانسته‌اند بر گندم برتری پیدا کنند و این محصول از نظر مقدار تولید و سطح زیر کشت، مهم‌ترین محصول کشاورزی در ایران نیز می‌باشد (۴). بخش گسترده‌ای از زمین‌های زیر کشت گندم در کشور ما، به کشت دیم اختصاص دارد که متاسفانه به‌علت عدم رعایت اصول دیم‌کاری، کمبود و پراکنش نامناسب بارندگی، عملکرد کمی دارند. بنابراین، لازم است تلاش همه‌جانبه‌ای در جهت شناسایی محدودیت‌های موجود بر سر راه تولید در دیم‌زارها و افزایش عملکرد این محصول مهم و استراتژیک صورت گیرد.

در مقیاس محلی که تغییرات اقلیم اندک است، ویژگی‌های پستی و بلندی و خاک، عوامل تعیین‌کننده موفقیت دیم‌کاری هستند. پستی و بلندی به صورت مستقیم، از طریق تاثیر بر فراهمی آب در بخش‌های گوناگون زمین‌نما و به صورت غیرمستقیم، از طریق اثر بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند مقدار ماده آلی، درصد اشباع بازی، دمای خاک و توزیع اندازه ذرات، بر رشد و عملکرد محصول موثر است (۲۴). یانگ و همکاران (۴۶) در مطالعات خود دریافتند که بیش از ۶۰ درصد تغییرات عملکرد، متاثر از ترکیبی از ویژگی‌های خاک و مشخصه‌های پستی و بلندی است. جیانگ و تلن (۲۴) در مطالعه عملکرد ذرت و سویا در میشیگان، شیب و مقدار شن خیلی ریز را دو عامل عمده محدود کننده عملکرد شناختند. آن‌ها گزارش کردند که خاک و پستی و بلندی، ۲۸ تا ۸۵ درصد تغییرات

۱،۲و۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: shabani_362@yahoo.com)
۴- مربی پژوهشی، مرکز تحقیقات دیم شیروان

Archive of SID
www.SID.ir

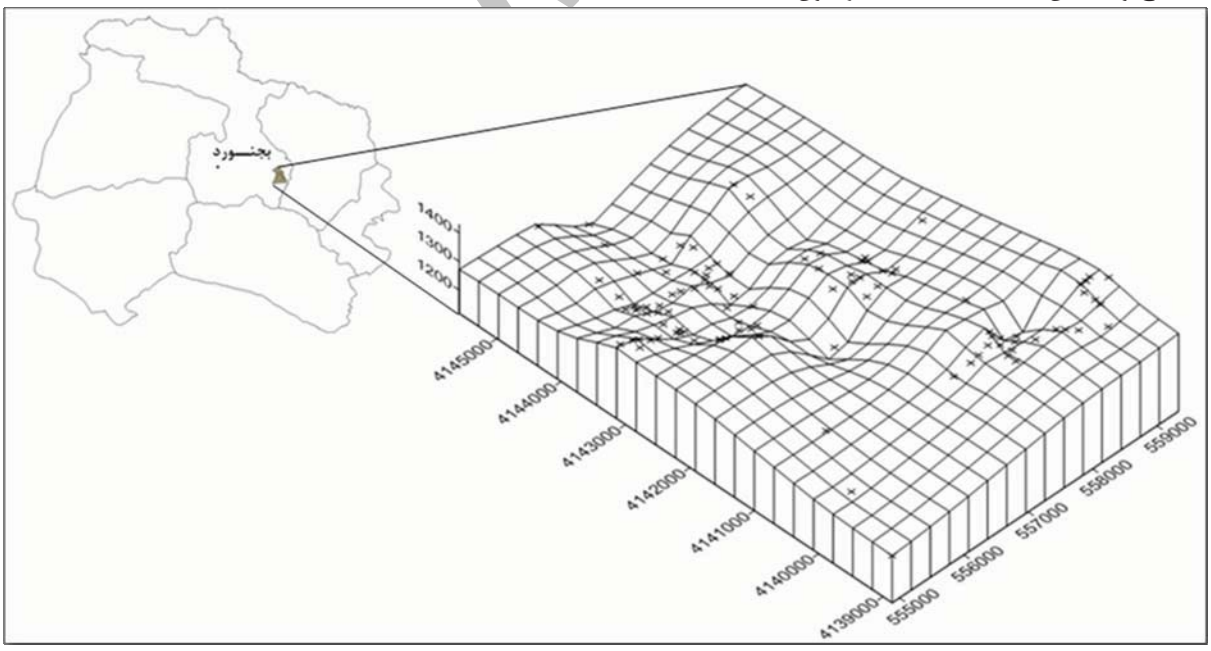
مشاهده شده عملکرد را توجیه می‌کنند.

مدل‌سازی، یکی از راههای درک بهتر روابط موجود بین ویژگی‌های خاک، اقلیم و پستی و بلندی با کمیت و کیفیت تولیدات کشاورزی است و به کمک آن می‌توان مدیریت گیاه و خاک و ریسک عملیات مدیریتی را ارزیابی کرد. برای ساخت یک مدل، روش‌های گوناگونی وجود دارد که پژوهشگر براساس نوع مساله و ویژگی‌های موضوع مورد مطالعه، به انتخاب یکی از آن‌ها می‌پردازد؛ یکی از رایج‌ترین و در عین حال ساده‌ترین آن‌ها، مدل‌های تجربی رگرسیونی است. کاکس و همکاران (۱۵) در مطالعه‌ای با انجام شیوه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، سه مؤلفه PC_1، PC_2 و PC_3 را معنی‌دار تشخیص دادند که هر کدام از این مؤلفه‌ها از ترکیب متغیرهای خاک و پستی و بلندی دربرگیرنده‌ی کلسیم، منیزیم، پتاسیم، فسفر، pH، مقدار رس، ارتفاع و شیب زمین به‌دست آمده بودند. آن‌ها بین این ویژگی‌ها و عملکرد سویا با انجام رگرسیون چند متغیره، معادله‌ای با R^2=۰/۵۴ بدست آوردند. اقبال و همکاران (۲۳) در مطالعه‌ای به کمک رگرسیون خطی گام به گام نشان دادند که ویژگی‌های خاک ۵۸ درصد، ویژگی‌های پستی و بلندی- هیدرولوژی ۲۱ درصد و همچنین اثر ترکیبی آن‌ها (خاک- پستی و بلندی- هیدرولوژی) ۷۲ درصد از تغییر پذیری عملکرد پنبه را می‌توانند توصیف نمایند. در مطالعه گفته شده، ارتفاع، جهت جریان، شاخص انتقال رسوب و درصد شن، بیانگر بیشتر تغییرات عملکرد بودند. نوروزی (۱۰) در مطالعه‌ای به بررسی رابطه رگرسیونی میان پارامترهای خاک و پستی و بلندی زمین با مولفه‌های عملکرد گندم دیم در منطقه اردل استان چهارمحال و بختیاری پرداخت. نتایج وی نشان داد که معادله‌های رگرسیون به‌دست آمده، می‌توانند ۲۱ تا ۵۳ درصد از تغییرات عملکرد در منطقه را توجیه کنند.

گندم یکی از محصولات مهم استان خراسان شمالی است. در این استان ۴۴ درصد اراضی آبی و ۵۶ درصد اراضی دیم، به کشت گندم اختصاص دارد که در مجموع نزدیک ۳۳ درصد از کل تولید محصولات زراعی استان را به خود اختصاص داده است که نشان دهنده میزان اهمیت تولید گندم در اقتصاد کشاورزی و نیز تناوب زراعی استان می‌باشد (۱). با وجود اهمیت گندم در این استان، تاکنون هیچ‌گونه پژوهشی در راستای شناسایی عوامل موثر بر میزان عملکرد گندم دیم و پیش‌بینی آن در این استان صورت نگرفته است. مطالعه حاضر به منظور بررسی تاثیر ویژگی‌های پستی و بلندی و خاک بر عملکرد گندم دیم و مدل‌سازی عملکرد با استفاده از روش‌های رگرسیونی در منطقه سیساب استان خراسان شمالی انجام شد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه با مساحت حدود ۸۰۰ هکتار، بخشی از زمین‌های زیر کشت گندم دیم در منطقه سیساب استان خراسان شمالی می‌باشد که در محدوده ' ۳۶ ° ۵۷ تا ' ۴۰ ° ۵۷ طول شرقی و ' ۲۳ ° ۳۷ تا ' ۲۷ ° ۳۷ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). میانگین ارتفاع از سطح دریا حدود۱۲۸۰ متر، میانگین دمای سالانه منطقه ۱۲/۲°C و میانگین بارندگی سالیانه حدود ۲۵۰ میلیمتر است. بر اساس نقشه زمین‌شناسی (۹) و بازدید صحرایی، مواد مادری خاک‌های منطقه، از نوع سنگ‌های آهکی کرتاسه می‌باشند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه و پراکنش نقاط مورد مطالعه

www.SID.ir

مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی

برای انجام این پژوهش، نمونه برداری در تیرماه ۱۳۸۹ در ۱۰۰ نقطه به طریق تصادفی در پلات‌هایی به ابعاد ۱×۱ متر به گونه ای انجام گردید که توزیع پستی و بلندی‌های مختلف را پوشش دهد. برای اندازه‌گیری مولفه‌های عملکرد گندم دیم (رقم آذر۲)، بوته‌های واقع درهر پلات برداشت شد. از هر پلات، یک نمونه ترکیبی خاک برای تجزیه‌های آزمایشگاهی تهیه گردید. عملکرد کل، با توزین همه آنچه از سطح پلات برداشت شده بود به دست آمد و عملکرد دانه پس از کوبیدن و جدا کردن کاه و کلش به کمک دستگاه بوجاری در مرکز تحقیقات دیم شیروان اندازه‌گیری شد.

به‌منظور تجزیه نمونه‌های خاک، ابتدا درصد سنگریزه در هر نمونه تعیین و سپس pH و هدایت الکتریکی نمونه‌ها در نسبت ۲ به ۱ آب به خاک اندازه‌گیری شد. کربن آلی به‌روش تیتراسیون با آمونیوم فرو سولفات نیم نرمال، نیتروژن کل به روش کجلدال، پتاسیم قابل دسترس از روش عصاره گیری با استات آمونیوم و قرائت با دستگاه فلیم فتومتر، فسفر فراهم خاک به روش اولسن، آهک به روش تیتراسیون اسید اضافی با سود و بافت نمونه‌های خاک به روش هیدرومتری تعیین گردید (۴۰).

محاسبه شاخص‌های پستی و بلندی

برای محاسبه شاخص‌های پستی و بلندی، از مدل رقومی ارتفاع[1] منطقه با دقت ۳۰ متر استفاده شد. مشتقات اولیه شامل ارتفاع، درجه شیب، جهت شیب و انحنای سطح زمین، با استفاده از نرم افزارهای ArcGIS و ILWIS از مدل رقومی ارتفاع محاسبه شدند. لازم به ذکر است که با استفاده از تابع مثلثاتی Sin به عنوان یک نگاشت، زوایای جهت شیب در بازه ۱- تا ۱+ ارزش‌گذاری و به‌طور قراردادی ۱+ جهت شمال و ۱- جهت جنوب در نظر گرفته شد و از آن پس نتایج بر این مبنا تفسیر گردید. مشتقات ثانویه شامل شاخص خیسی[2](TWI)، شاخص قدرت جریان[3] (SPI) و شاخص انتقال رسوب[4] (STI) از ترکیب شاخص‌های اولیه محاسبه شدند.

رطوبت یک ویژگی بسیار پویا و دینامیک خاک است که در طول فصل رشد و بعد از هر بارندگی، تغییرات زیادی دارد و اندازه‌گیری آن مشکل و وقت‌گیر است. به‌همین دلیل، تاثیر رطوبت خاک به صورت غیرمستقیم توسط شاخص TWI لحاظ شد که توزیع مکانی رطوبت خاک در سطح زمین‌نما را نشان می‌دهد. این شاخص، به صورت موفقیت آمیزی برای پیش‌بینی بخش‌های اشباع شده سطحی خاک و نیز بخش‌هایی که دچار کمبود آب هستند مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۲، ۲۱ و ۲۷). این شاخص که نسبت سطح ویژه حوزه[5] به گرادیان شیب است، به عنوان شاخصی از توزیع مکانی رطوبت خاک در طول زمین نما می‌باشد. شاخص SPI، نمایشی از قدرت فرسایندگی جریان‌های سطحی است و به گونه‌ای تنگاتنگ با TWI ارتباط دارد. شاخص‌های TWI و SPI، به‌ترتیب با معادله‌های ۱ و ۲ محاسبه می‌شوند که در این معادله‌ها A_s سطح ویژه حوزه برحسب (m^2/m) و β درجه شیب می‌باشند.

$$TWI = \left(\frac{A_s}{\tan\beta}\right) \quad (۱)$$

$$SPI = A_s \tan\beta \quad (۲)$$

شاخص STI که معادل فاکتور طول شیب در معادله جهانی فرسایش خاک می‌باشد و نشان‌دهنده فرآیندهای فرسایشی خاک است، به‌طور عمده، تاثیر شیب بر فرسایش را نشان می‌دهد و از معادله ۳ محاسبه می‌شود. در این معادله، A_s و β، همان پارامتر های قبلی و m=۰/۶ و n=۱۳ پارامترهای ثابت هستند (۴۴).

$$STI = \left(\frac{A_s}{22.13}\right)^m \left(\frac{A_s}{0.0896}\right)^n \quad (۳)$$

مدل آماری و اعتبارسنجی

بعد از محاسبه شاخص‌های خاک و پستی و بلندی در نقاط مورد مطالعه، بین این پارامترها و مولفه‌های عملکرد گندم دیم، ماتریس همبستگی پیرسون برقرار شد. سپس، به‌منظور تعیین ارتباط خطی صفات مورد مطالعه با مولفه‌های عملکرد، آنالیز رگرسیون خطی چندگانه به‌روش گام به گام، با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. ویژگی‌های خاک و پستی و بلندی به‌عنوان متغیرهای مستقل و مؤلفه‌های عملکرد گندم، به‌عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شدند. قبل از انجام مدل‌سازی رگرسیونی، آزمون نرمال بودن توزیع متغیرها به روش کولموگراف- اسمیرنوف انجام و پارامترهایی که دارای توزیع نرمال نبودند نرمال شده و سپس با مقادیر نرمال شده آن‌ها، مدل‌سازی انجام گردید. ۸۰ درصد داده‌ها به‌منظور مدل‌سازی و ۲۰ درصد، برای اعتبار سنجی گزینش شدند. در انجام فرآیند اعتبارسنجی مدل‌ها، از معیارهای میانگین خطا[6] (ME) و ریشه میانگین مربع‌های خطا[7] (RMSE) استفاده شد. این معیارها، دقت مدل را براساس تفاضل بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش بینی شده ارزیابی می‌کنند. هر چه مقدار ME به صفر نزدیک‌تر و مقدار

1- Digital Elevation Model
2- Topographic Wetness Index
3- Stream Power Index
4- Sediment Transport Index

5- Specific Catchment Area
6- Mean Error
7- Root Mean Square Error

Archive of SID

www.SID.ir

RMSE کوچکتر باشد، نمایانگر دقت بالاتر تخمین خواهند بود. بیان ریاضی این آماره‌ها بصورت زیر می‌باشند (۱۷):

$$ME = \sum_{i=1}^{n}(Z^* - Z)/n \quad (۴)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Z^* - Z)^2} \quad (۵)$$

Z^* و Z به ترتیب مقدار برآورد شده و مقدار واقعی مؤلفه‌های عملکرد گندم و n تعداد نقاط مطالعاتی است.

نتایج و بحث

توصیف آماری پارامترهای پستی و بلندی، خاک و مؤلفه‌های عملکرد گندم دیم به ترتیب در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ خلاصه شده است. ضریب تغییرات برای توصیف مقدار تغییرات هر یک از پارامترهای خاک و عملکرد مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس سیستم پیشنهادی ویلدینگ (۴۳)، ضریب تغییرات بیش از۳۵، ۱۵ تا ۳۵ و کمتر از ۱۵ درصد، به‌ترتیب در سه کلاس زیاد، متوسط و کم، طبقه‌بندی می‌شوند. در بین متغیرهای اندازه‌گیری شده خاک، ضریب تغییرات درصد سنگریزه از همه بالاتر و برابر ۵۷ درصد است. در میان ویژگی‌های خاک مورد بررسی در این مطالعه ضریب تغییرات درصد سنگریزه، فسفر و پتاسیم فراهم در کلاس زیاد، pH در کلاس کم و بقیه ویژگی‌ها در کلاس متوسط گروه بندی می‌شوند.

تغییرات ویژگی‌های خاک در یک منطقه با اقلیم ثابت را ناشی از غیر یکنواختی پستی و بلندی می‌دانند (۱۴). در منطقه مورد مطالعه تغییرپذیری ویژگی‌های خاک تا حد زیادی متاثر از تغییرات پستی و بلندی است. از این جمله می‌توان به همبستگی منفی شیب با درصد رس ($r= -۰/۲۰^*$)، فسفر ($r= -۰/۲۴^*$)، ماده آلی ($r= -۰/۲۱^*$) و شاخص خیسی ($r=-۰/۲۱^*$) اشاره کرد. این همبستگی‌ها نشان از فرسایش بیشتر در موقعیت‌های تند شیب دارد که با کاهش ظرفیت نگهداری آب و حاصلخیزی خاک همراه است. انحنای سطحی نیز با درصد رس ($r= -۰/۲۷^{**}$)، ماده آلی ($r= -۰/۳۰^{**}$)، EC ($r=-۰/۳۲^{**}$)، پتاسیم ($r= -۰/۲۴^*$) و شاخص خیسی ($r= -۰/۴۵^{**}$) همبستگی منفی معنی‌دار دارد که بیانگر تجمع رس، ماده آلی و املاح محلول در مکان‌های پست است. همچنین، بین جهت شیب با ماده آلی همبستگی مثبت معنی‌دار ($r= ۰/۲۱^*$) یافت شد، که بیانگر مقادیر بیشتر ماده آلی در شیب های شمالی است. کراوچنکو و بالوک (۲۵) گزارش کردند که در بیش از نیمی از منطقه مورد مطالعه آن‌ها، شیب با CEC، ماده آلی، P و K، همبستگی منفی داشته است. سیبرت و همکاران (۳۳) اثر پستی و بلندی بر ویژگی‌های خاک را در خاک‌های جنگلی سوئد بررسی کردند و چند همبستگی معنی‌دار بین شاخص‌های پستی و بلندی و ویژگی‌های خاک یافتند. به‌عنوان نمونه، ضخامت لایه ماده آلی با شاخص خیسی (TWI) و ضخامت افق آلبیک (E) با مساحت بالادست شیب، افزایش یافته است.

مولفه‌های عملکرد کل و دانه درمنطقه مورد مطالعه، به‌ترتیب درمحدوده ۲/۳۳ تا ۱۰/۵۵ و ۰/۴۳ تا ۳/۱۷ (تن در هکتار) متغیربوده و در گروه متغیرهای متوسط، دسته بندی می‌شوند. عملکردهای زیاد، به تعداد نقاط کمی با تعقر بالا به‌دست آمده است که فراهمی مطلوب رطوبت و املاح محلول در این مکان ها می تواند دلیل اصلی زیاد بودن عملکرد در این نقاط باشد و نماینده‌ای از عملکرد کل منطقه نیستند. عملکرد دانه گندم، دارای ضریب تغییرات بیشتری نسبت به عملکرد کل می‌باشد و مقادیر ضریب تغییرات، برای عملکرد دانه و کل به ترتیب برابر ۳۵ و ۲۹ درصد است (جدول۳).

از دلایل تغییرپذیری عملکرد در این منطقه، می‌تواند تاثیر زیاد پستی و بلندی بر جابجایی و انتقال آب در موقعیت های مختلف زمین‌نما باشد که به‌دنبال این فرآیند، ویژگی‌های خاک در موقعیت‌های مختلف زمین‌نما متفاوت می‌شود.

جدول ۱- توصیف آماری پارامترهای پستی و بلندی

	حداقل	حداکثر	میانگین
ارتفاع (m)	۱۱۱۴/۰۰	۱۴۲۹/۰۰	۱۲۸۹
راستای شیب (rad)	۰/۰۲	۶/۲۵	۲/۳۶
میانگین انحنا (1/m)	-۱/۳۳	۰/۶۷	-۰/۰۵
شیب (٪)	۲/۵	۲۶/۴	۱۰/۲
SPI	۱۸	۲۷۷۳	۱۹۴۰
STI	۱/۳	۴۹۳	۸۴
TWI	۶/۵	۱۷	۱۰/۳

SPI: شاخص قدرت جریان ، STI: شاخص انتقال رسوب و TWI: شاخص رطوبتی.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- توصیف آماری پارامترهای خاک

	حداقل	حداکثر	میانگین	درصد ضریب تغییرات
سنگریزه (٪)	۹	۲۹	۱۸/۴۰	۵۷
رس(٪)	۸	۲۱	۱۳	۲۰
کربنات کلسیم معادل(٪)	۱۳	۴۹	۲۸	۲۲
ماده آلی(٪)	۰/۶۷	۲/۷۰	۱/۲۷	۲۲
نیتروژن کل(٪)	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۰۶	۲۲
فسفر فراهم ($mg\ kg^{-1}$)	۲/۶	۲۲/۷	۶/۹	۲۴
پتاسیم فراهم ($mg\ kg^{-1}$)	۱۰۸	۷۱۲	۲۰۳	۳۸
هدایت الکتریکی (dSm^{-1})	۰/۲	۰/۶	۰/۲۵	۲۴
pH	۷/۵	۸/۱	۷/۸	۲

جدول ۳- توصیف آماری مولفه های عملکرد گندم دیم

	حداقل	حداکثر	میانگین	ضریب تغییرات
عملکرد کل(tha^{-1})	۲/۳۲	۱۰/۵۵	۵/۹۸	۲۹
عملکرد دانه (tha^{-1})	۰/۴۳	۳/۱۷	۱/۸۲	۳۵

همچنین، مقدار تغییرپذیری مؤلفه‌های عملکرد ممکن است به‌وسیله عملیات مدیریتی تحت تاثیر قرار گیرد. ولن و مک‌برتنی (۴۲) مشاهده نمودند که ضریب تغییرات عملکرد گندم تحت تاثیر مدیریت، از ۱۳ تا ۸۳ درصد تغییر نموده است. نوروزی (۱۰) ضریب تغییرات مولفه های عملکرد گندم را در رابطه با عملکرد کل (۲۹درصد)، عملکرد دانه (۳۶ درصد)، وزن هزار دانه (۱۳ درصد) و پروتئین دانه گندم (۱۸ درصد) گزارش کرد.

ضرایب همبستگی بین مؤلفه‌های عملکرد گندم برداشت شده با ویژگی‌های خاک در جدول ۴ ارائه شده است. در میان ویژگی‌های خاک، درصد کربنات کلسیم معادل (آهک) و سنگریزه، به‌ترتیب، بالاترین میزان همبستگی منفی را با مولفه‌های عملکرد نشان دادند. اگرچه آهک از طریق تاثیر بر خاکدانه‌سازی و بهبود ساختمان خاک، می‌تواند بر نگهداری رطوبت در خاک، موثر باشد (۷)، لیکن افزایش کربنات‌ها در خاک، در روند جذب عناصر غذایی به ویژه عناصر کم‌مصرف، ایجاد اختلال می‌کند؛ زیرا این عناصر در مجاورت آهک، به‌صورت ترکیبات نامحلول در می‌آیند (۸). بنابراین، می‌توان همبستگی منفی آهک با مولفه‌های عملکرد را به بالا بودن نسبی مقدار آهک در منطقه مورد مطالعه و اثرات منفی آن در فراهمی عناصر غذایی نسبت داد.

همبستگی منفی درصد سنگریزه با عملکرد، به دلیل اثرات منفی آن بر ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی در خاک می‌باشد (۲)؛ زیرا سنگریزه، حجمی از خاک را اشغال می‌کند بدون آن که در نگهداری آب و مواد غذایی، شرکت کند. گریوال و همکاران (۲۲) اثر منفی میزان سنگریزه خاک بر عملکرد گیاهان دیم در هندوستان را به رقیق شدن توده خاک با افزایش مقدار سنگریزه و به دنبال آن کاهش ظرفیت نگهداشت آب و مواد غذایی خاک، نسبت دادند. ماسونی و همکاران (۲۸) و بامری (۳) نیز نتایج مشابهی را ارائه کردند.

دیگر ویژگی خاک که با مولفه‌های عملکرد منطقه همبستگی منفی دارد pH است. مهم‌ترین اثر pH خاک بر روی رشد گیاهان، تاثیر آن برفراهمی عناصر غذایی می‌باشد و معمولا با افزایش pH، حلالیت عناصر غذایی بجز مولیبدن کاهش می‌یابد. افزون بر این، تاثیر بر فعالیت موجودات ذره‌بینی خاک نیز از اثرات مهم pH می‌باشد (۸). منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، دارای pH قلیایی (بیش از ۷) می‌باشد که احتمالا ناشی از مقادیر نسبتا بالای کربنات کلسیم در این منطقه است (جدول۳). ایوبی و همکاران (۱۱) در بررسی تاثیر ویژگی‌های خاک بر عملکرد جو در شمال ایران بین pH و عملکرد جو همبستگی منفی گزارش کردند.

نیتروژن، مهم‌ترین عنصر غذایی است که بر عملکرد دانه گندم و مقدار پروتئین آن مؤثر است. بسیاری از پژوهشگران بر این باورند که کاربرد کودهای نیتروژن و افزایش نیتروژن موجود در خاک در مناطق خشک و نیمه خشک، به‌منظور تولید گندم دیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۲۰ و ۳۴). مواداش و همکاران (۲۹) نیز با به‌کار بردن کود نیتروژنه، افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه گندم مشاهده نمودند. شاید، دلیل عدم تطابق نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با نتایج سایرین، بالابودن نسبی مقدار ماده آلی خاک در منطقه مورد مطالعه (جدول۲) و وابستگی نسبی نیتروژن کل خاک در این منطقه به میزان مواد آلی موجود در آن باشد ($r=0/64^{**}$). به‌عبارتی، نیتروژن کل اندازه‌گیری شده بیشتر به شکل آلی است و شاخص خوبی از

Archive of SID

www.SID.ir

وضعیت نیتروژن قابل استفاده برای گیاه نمی‌باشد.

همبستگی مثبت ماده آلی با مولفه‌های عملکرد منطقه از یک سو به‌دلیل نقش مثبت ماده آلی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و از سوی دیگر، اثر آن به‌عنوان منبع غذایی می‌باشد. از جمله برتری حضور ماده آلی در خاک، تجمع بهتر ذرات و ثبات و پایداری خاکدانه، چرخه طولانی‌تر مواد غذایی، افزایش فعالیت میکروبی، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، کاهش جرم مخصوص ظاهری و کاهش پتانسیل فرسایش خاک می‌باشد (۵). اورندلیک و همکاران (۱۹) اثر ماده آلی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که ماده آلی، اثری مثبت بر تخلخل خاک و ظرفیت آب قابل استفاده گیاه دارد.

درصد رس، دیگر شاخص خاک است که دارای همبستگی مثبت معنی‌دار با مولفه‌های عملکرد منطقه می‌باشد. مقدار رس، به‌شدت بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک اثرگذار است. در کشاورزی مناطق خشک، رس می‌تواند تغییرات عملکرد را با افزایش ظرفیت نگهداشت آب خاک، افزایش CEC و کاهش آبشویی مواد غذایی بهبود بخشد (۳۲). کاکس و همکاران (۱۵) دریافتند مناطقی از مزرعه که مقادیر بالاتری رس دارند می‌توانند آب بیشتری در طول دوره های خشک سال برای رشد گیاه نگه دارند.

از میان ویژگی‌های خاک، دو پارامتر فسفر و پتاسیم فراهم، کمترین همبستگی را با مؤلفه‌های عملکرد گندم نشان دادند (جدول ۴). در منابع مختلف، حد بحرانی پتاسیم در خاک، ۲۰۰-۱۵۰ و فسفر ۱۵-۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (۸). در ۸۵ درصد از نمونه‌های مورد مطالعه در این پژوهش، مقدار پتاسیم بیش از ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. در مورد فسفر نیز باید گفت که برخلاف پتاسیم، میزان فسفر ۹۰ درصد از نمونه ها کمتر از حد بحرانی است. بنابراین، می‌توان این‌گونه استنباط کرد که یکنواختی نسبتا زیاد نمونه‌ها از نظر مقدار پتاسیم و فسفر، دلیلی برای همبستگی‌های غیرمعنی‌دار این عناصر با مولفه‌های عملکرد است. به‌عبارت دیگر، دامنه تغییرات اندک این عناصر نمی‌تواند به‌طور معنی‌دار، تغییرات عملکرد را توجیه کند. از سوی دیگر، این همبستگی‌های کم و غیرمعنی‌دار می‌تواند حاکی از وجود روابط غیرخطی و پیچیده بین این پارامترها و مولفه‌های عملکرد باشد که ضریب همبستگی خطی قادر به تبیین آن نیست. پیرس وهمکاران (۳۱) و کراوچنکو و بالوک (۲۵) نیز در مطالعات خود همبستگی اندکی بین پارامترهای حاصلخیزی خاک و عملکرد محصول گزارش کرده‌اند. کراوچنکو و بالوک (۲۵) همبستگی اندک بین عملکرد و مقدار فسفر و پتاسیم را به مقادیر نسبتا بالای این دو عنصر نسبت داده و این‌گونه بیان کردند که احتمالا اثر این دو ماده، عامل محدودکننده رشد گیاه نبوده و به‌همین دلیل در تغییرات عملکرد نقش اندکی داشته‌اند. پیرس و همکاران (۳۱) در مطالعه‌ای که بر روی تغییرپذیری عملکرد ذرت و عناصر غذایی در سه نوع خاک در میشیگان انجام دادند، دریافتند که عملکرد ذرت، بسیار متغیر است ولی همبستگی کمی بین عملکرد و حاصلخیزی خاک دیده می‌شود که دلیل آن را تاثیر عوامل دیگر بر عملکرد دانستند.

ضرایب همبستگی خطی بین مؤلفه‌های عملکرد گندم برداشت شده با شاخص‌های پستی و بلندی، درجدول ۵ ارائه شده است. در میان شاخص‌های پستی و بلندی، ارتفاع، بیشترین میزان همبستگی را با مولفه‌های عملکرد منطقه دارد. اختلاف در ارتفاع سبب تفاوت در هیدرولوژی و رژیم حرارتی در مناطق کوهستانی شده که منجر به ایجاد تغییر در تشکیل خاک و میزان تجزیه ماده آلی می شود (۶). کراوچنکو و بالوک (۲۵) دریافتند که ارتفاع، مهم‌ترین عامل پستی و بلندی در مطالعه آن‌هاست که یک رابطه منفی نسبتا پایدار با عملکرد محصول دارد و در اکثر موارد، اثر ارتفاع بر عملکرد از طریق فراهمی آب نمود می‌یابد. جیانگ و تلن (۲۴) در مطالعه عملکرد ذرت و سویا در میشیگان در فاصله سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۱، بیان کردند که مناطق با ارتفاع کمتر، خاک حاصلخیزتر و در نتیجه عملکرد بیشتری دارند.کراوچنکو و بالوک (۲۵)، وندروس و همکاران (۴۱)، کومهالووا (۲۶) و سوزا و همکاران (۳۷) نیز بین ارتفاع و عملکرد محصول همبستگی منفی مشاهده نمودند.

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین مؤلفه های عملکرد گندم دیم و ویژگی‌های خاک

	سنگریزه	رس	کربنات کلسیم	ماده آلی	نیتروژن کل	فسفر	پتاسیم	هدایت الکتریکی	pH
عملکرد کل	-۰/۳۶**	۰/۲۸*	-۰/۴۵**	۰/۲۷*	-۰/۲۰*	۰/۰۹	۰/۱۷	۰/۱۲	-۰/۲۴*
عملکرد دانه	-۰/۳۵**	۰/۲۴*	-۰/۴۲**	۰/۲۰*	-۰/۲۱*	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۱۹	-۰/۲۶*

** : معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و * : معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول۵- ضرایب همبستگی بین مؤلفه های عملکرد گندم دیم و شاخص های پستی و بلندی

	ارتفاع	جهت شیب	میانگین انحنا	شیب	SPI	STI	TWI
عملکرد کل	-۰/۴۵**	۰/۱۰	-۰/۲۶*	-۰/۲۳*	۰/۱۵	-۰/۰۸	۰/۳۳**
عملکرد دانه	-۰/۴۳**	۰/۱۴	-۰/۲۴*	-۰/۱۹	۰/۱۸	-۰/۰۶	۰/۳۶**

**: معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و *: معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

Archive of SID

www.SID.ir

انحنا، دیگر ویژگی پستی و بلندی است که همبستگی منفی معنی‌داری با مولفه‌های عملکرد نشان داد. درمناطقی که زراعت دیم رایج است، رطوبت خاک یکی از مهم‌ترین فاکتورهای محدود کننده تولید محصول است و فرآیندهایی که توزیع رطوبت خاک را کنترل می‌کنند، تولید محصول را نیز تحت کنترل خود دارند. انحنای سطح زمین، تمرکز یا پخشیدگی جریان آب سطحی را تعیین می‌کند، به‌گونه‌ای که در سطوح مقعر، جریان آب، متمرکز شده و نفوذ افزایش می‌یابد در حالی‌که در وضعیت‌های محدب، جریان آب پخشیده شده و نفوذ کاهش می‌یابد. به‌عبارت دیگر، انحنای سطح زمین به‌طور غیرمستقیم ذخیره رطوبتی خاک برای رشد محصول را بیان می‌کند (۱۶). تیمیلین و همکاران (۳۹) بین انحنا و عملکرد ذرت، یک همبستگی مکانی قوی یافتند و عنوان نمودند که انحنای بیشتر (مثبت یا منفی) بیانگر مکان‌هایی است که خاک، تجمع یا فرسایش یافته است و عملکرد بیشتر یا کمتر در یک فصل خشک، با این مناطق در ارتباط است. سینایی و همکاران (۳۶) بیان کردند که در مناطق خشک، مقدار رطوبت با انحنای سطحی، همبستگی بالایی دارد.

بین شاخص خیسی (TWI) و مولفه‌های عملکرد منطقه، همبستگی مثبت معنی‌دار وجود دارد. شاخص خیسی در یک نقطه بیان کننده تمایل زمین به انباشت آب در آن نقطه می‌باشد و برای مناطق با سطح ویژه حوزه مشابه، هر چه شیب منطقه کمتر باشد، این شاخص از مقدار بالاتری برخوردار است (۴۴). سی و فارل (۳۵) دریافتند که شاخص خیسی به‌تنهایی ۴۶ درصد از تغییرات عملکرد دانه گندم را توجیه می‌کند. اقبال و همکاران (۲۳) در مطالعه‌ای در شرق می‌سی‌سی‌پی دریافتند که بین عملکرد پنبه و شاخص خیسی یک همبستگی مثبت وجود دارد.

شیب زمین یکی دیگر از عوامل تاثیرگذار در زراعت دیم و همچنین منطقه مورد مطالعه در این پژوهش می‌باشد که با عملکرد کل، همبستگی منفی معنی‌دار نشان داد. به‌طور کلی، موقعیت‌های تند شیب منجر به فرسایش شدید می‌شود، که با افق سطحی نازک‌تر، سرعت نفوذ کمتر و رواناب بیشتر، مشخص می‌گردد و به ذخیره رطوبتی و حاصلخیزی کمتر خاک می‌انجامد (۴۵). در زمین‌های با توپوگرافی گوناگون، خاک‌های پایین شیب رطوبت بیشتری دریافت کرده و آن را برای مدت زمان طولانی‌تری نسبت به خاک‌های بالای شیب نگاه می‌دارند. دلیل این امر وجود رس بیشتر در خاک‌های پایین شیب است که توسط فرسایش تامین شده است (۱۵). بسیاری از مطالعات گذشته، رابطه منفی بین شیب و عملکرد محصول را گزارش کرده‌اند (۱۳، ۲۵ و ۴۶).

معادله‌های آنالیز رگرسیون و نتایج اعتبارسنجی مدل‌های بدست آمده برای مولفه‌های عملکرد گندم و ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک و پستی و بلندی در جدول ۶ ارائه شده است. همچنین، مقادیر مؤلفه‌های عملکرد گندم دیم برای ۲۰ درصد از داده‌ها که به صورت تصادفی قبل از انجام تجزیه و تحلیل‌ها کنار گذاشته شده بودند، به وسیله مدل‌های رگرسیونی، پیش‌بینی شده و در مقابل مقادیر مشاهداتی ترسیم و بهترین خط عبوری از میان داده‌ها برازش گردید (شکل ۲).

همان‌گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود از میان فاکتورهای بررسی شده مربوط به خاک، درصد آهک و ماده آلی و از میان شاخص‌های پستی و بلندی، ارتفاع، شیب و شاخص خیسی وارد مدل‌ها گردیدند. بر این اساس، می‌توان گفت تغییرپذیری مولفه‌های عملکرد در این منطقه بیشتر در کنترل این پارامترها می‌باشد. معادله‌های رگرسیون بدست آمده در این پژوهش، ۴۳ درصد از تغییرات عملکرد کل و۴۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌کنند (شکل۲). پارک و همکاران (۳۰) در مطالعه‌ای در جنوب اوگاندا به ارزیابی پتانسیل پیش‌بینی عملکرد ذرت در شرایط مختلف خاک و مدیریت زمین پرداختند. بر اساس یافته‌های آن‌ها، مدل‌های خطی، ضعیف ترین نتایج را در مرحله صحت مدل‌سازی و پیش‌بینی نشان دادند که ممکن است بیانگر عدم توانایی مدل‌کردن روابط غیرخطی در برهمکنش‌های پیچیده خاک، گیاه ومدیریت باشد. به‌طور کلی، می‌توان گفت عملکرد، یک پدیده غیرخطی و پیچیده است زیرا، به عوامل مختلفی وابسته است و از سویی، این عوامل بر یکدیگر نیز تاثیر می‌گذارند. همبستگی و رگرسیون‌های چند متغیره، به طور عمومی برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند اما در اغلب موارد نتایج ضعیفی دارند (۱۸ و ۲۵).

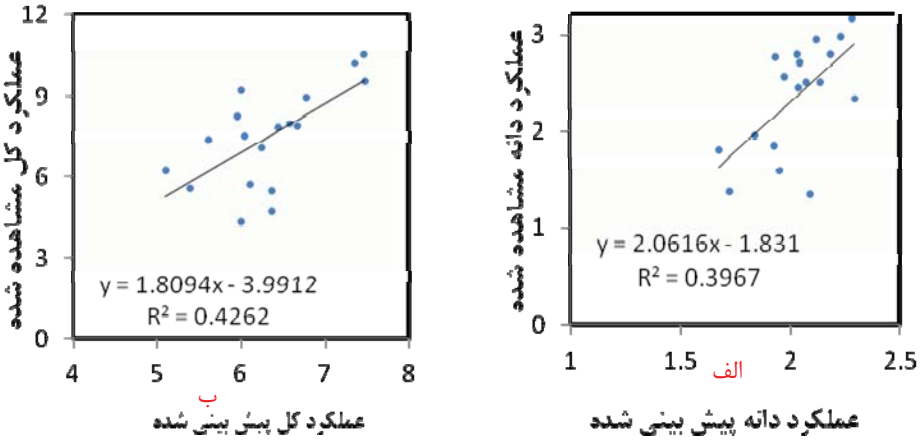
جدول ٦- مدل‌های رگرسیونی مؤلفه‌های عملکرد گندم دیم

مدل رگرسیون	R^2	ME	RMSE
عملکرد کل (t/ha) =۱۸/۰۳۳ -۰/۰۷۰ (CCE) − ۰/۰۰۸ (elev) ۳/۵۵۷+ (OM) − ۰/۰۸۶ (slope)	۰/۴۳**	۱/۱۴	۱/۸۴
عملکرد دانه (t/ha)=۵/۳۲۱ - ۰/۰۰۳ (elev)+۱/۵۸۸(OM)) + ۰/۰۸۶(TWI)	۰/۴**	۰/۳۳	۰/۵۶

CCE: کربنات کلسیم معادل، elev:ارتفاع، OM: ماده آلی، slope: شیب، SPI: شاخص قدرت جریان

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۲- مقادیر مشاهده و پیش بینی شده گندم دیم (الف) عملکرد کل، (ب) عملکرد دانه به روش رگرسیون چند متغیره

سودوت و همکاران (۳۸) از شیوه‌های خطی در یک مجموعه داده، شامل چندین سال اطلاعات پستی و بلندی، خاک و عملکرد استفاده کردند و دریافتند که روش‌های خطی معمولا در تقریب تغییرات مکانی عملکرد، حتی در مقیاس مزرعه که به نظر می‌رسد همگن باشد، دچار شکست می‌شوند. درومونـد و همکاران (۱۸) از چندین روش رگرسیون خطی چند متغیره برای مدل‌سازی رابطه بین عملکرد ذرت یا سویا و ویژگی‌های خاک بهره گرفتند و عنوان نمودند که ماتریس‌های همبستگی، رابطه خطی عملکرد و هر یک از عوامل موثر بر آن را بیان می‌کند. بنابراین، به‌دلیل وجود روابط غیرخطی و پیچیده بین عملکرد وعوامل زیاد تاثیرگذار برآن، همبستگی می‌تواند منجر به اطلاعات نادرست و حتی گمراه کننده درباره این روابط شود.

نتیجه‌گیری

مطابق نتایج بدست آمده در این پژوهش، از میان فاکتورهای خاک و شاخص‌های پستی و بلندی بررسی شده، درصد ماده آلی از اهمیت بیشتری در مدل‌های رگرسیونی انتخابی برخوردار است. به عبارت دیگر، در میان متغیرهای وارد شده به مدل‌ها، سهم ماده‌آلی در توجیه تغییرات بیش از سایرین است و این موضوع، نقش مثبت افزایش ماده‌آلی در بهبود عملکرد گندم منطقه را مشخص می‌کند. ضریب تبیین مناسب‌ترین مدل‌های رگرسیونی نشان می‌دهد که از ۱۰۰ درصد تغییرات مربوط به مولفه‌های عملکرد در منطقه مورد مطالعه، تنها ۴۳-۴۰ درصد آن توسط تغییرات مربوط به متغیرهای موجود در مدل‌ها توجیه می‌شود که این توجیه از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. به‌عبارت دیگر، ۶۰-۵۷ درصد از تغییرات عملکرد (ضریب عدم تبیین) مربوط به تغییرات عواملی بوده که در این پژوهش و انتخاب مدل‌های رگرسیون لحاظ نشده است. بخشی از این موضوع را نیز می‌توان به وجود روابط غیر خطی بین مؤلفه‌های عملکرد گندم و پارامترهای خاک و پستی و بلندی زمین نسبت داد که روش رگرسیون چند متغیره قادر به در نظر گرفتن این روابط نمی‌باشد. از این‌رو، در راستای ایجاد مدلی معتبرتر که تغییرپذیری بیشتری از مولفه‌های عملکرد گندم در این منطقه را پیش‌بینی نماید نیاز به استفاده از روش‌های غیرخطی مدل‌سازی که قادر به در نظر گرفتن روابط پیچیده بین پدیده ها باشند احساس می‌شود. همچنین استفاده از دیگر ویژگی‌های موثر بر عملکرد در مدل‌سازی، همانند عوامل مدیریتی برای رسیدن به نتیجه بهتر لازم به نظر می‌رسد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد، برای تامین بخشی از هزینه انجام این پژوهش و همکاری صمیمانه مدیریت و کارکنان ایستگاههای تحقیقات کشاورزی دیم شیروان و سیساب، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱- آمارنامه کشاورزی سال ۸۸-۱۳۸۷. سازمان جهاد کشاورزی و دفتر آمار و فناوری اطلاعات.
۲- ایوبی ش.، و جلالیان ا. ۱۳۸۵. ارزیابی اراضی (کاربری‌های کشاورزی و منابع طبیعی). انتشارات مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.
۳- بامری م.، بهرامی ح.، و مسیح آبادی م. ح. ۱۳۸۲. ارزیابی کیفی تناسب اراضی دشت چاه شور ایرانشهر برای کشت آبی گندم، جو و یونجه. مجله

Archive of SID
www.SID.ir

علوم خاک و آب. ۱۷: ۲۰۵-۱۹۴.
۴- صفی‌خانی س. ۱۳۸۶. بررسی روند ده ساله افزایش سطح تولید و عملکرد گندم در کشور. ماهنامه دام کشت و صنعت، ۵۸ تا ۹۴.
۵- طباطبایی‌فر ا.، ندرلو ل.، جوادی‌کیا پ.، و شیرکوند، ح. ۱۳۸۷. سیستم‌های خاکورزی حفاظتی و داشت محصول. جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.
۶- فقیه ا. ۱۳۸۸. بررسی تثبیت کربن در شرایط متفاوت فیزیوگرافی و اقلیم در حوزه شمالی رودخانه کرج با استفاده از RS و GIS. پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
۷- مطلبی ا.، همایی م.، زارعی ق.، و محمودی ش. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر آهک بر ویژگی‌های رطوبتی خاک‌های سری گرمسار با استفاده از توابع انتقالی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۳: ۴۳۹-۴۲۶.
۸- ملکوتی م. ج.، کشاورز پ.، و کریمیان ن. ۱۳۸۷. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. انتشارات دفتر نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۹- ندیم م.، هفت‌لنگ ه.، و جعفریان م.ب. ۱۳۸۳. نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ شیروان. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۱۰- نوروزی م. ۱۳۸۷. پیش‌بینی تولید گندم دیم به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی در منطقه اردل استان چهارمحال بختیاری پایان نامه دوره کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشگاه صنعتی اصفهان.
11- Ayoubi S., Khormali F., and Sahrawat K.L. 2009. Relationships of barley biomass and grain yields to soil properties within a field in the arid region: Use of factor analysis. Acta Agriculture Scandinavica, Section B- Soil and Plant Science, 59:107–117.
12- Bardossy A., and Lehmann W. 1998. Spatial distribution of soil moisture in a small catchment. Part 1: Geostatistical analysis. Journal of Hydrology, 206:1-15.
13- Changere A., and Lal R. 1997. Slope position and erosional effects on soil properties and corn production on a Miamian soils in central Ohio. Journal of Sustainable Agriculture, 11:5-21.
14- Chen Z.S., Hsieh C.F., Jiang F.Y., Hsieh T.H., and Sun I.F. 1997. Relations of soil properties to topography and vegetation in a subtropical rain forest in southern Taiwan. Plant Ecology, 132:229-241.
15- Cox M.S., Gerard P.D., Wardlaw M.C., and Abshire M.J. 2003. Variability of Selected Soil Properties and Their Relationships with Soybean Yield. Soil Science Society of America Journal, 67:1296-1302.
16- Daniels R.B., Gilliam J.W., Cassel D.K., and Nelson L.A. 1987. Quantifying the effect of past soil erosion on present soil productivity. Journal of Soil and Water Conservation, 42:183-187.
17- Degroot M. 1986. Probability and Statistics. 2nd Ed., Reading, Massachsette, Addison-Wesley Press.
18– Drummond S.T., Sudduth K.A., and Birrell S.J. 1995. Analysis and correlation methods from spatial data. ASAE paper 95-1335. ASAE, St. Joseph, MI, USA.
19- Evrendliek F., Celik I., and Kilic S. 2004. Changes in soil organic carbon and other physical soil properties along adjacent Mediterranean forests, grassland and cropland ecosystems. Journal of Arid Environments, 59:743-752.
20- Fatima M., Bedhiaf M., and Rhomari Y. 1992. Fertilization of cereals: Soil-nitrogen test calibration in Morocco's Gharb Area. P. 212-224. In: Ryan J. and Matar A. (Eds.), Fertilizer use efficiency under rain-fed agriculture in West Asia and North Africa. ICARDA, Aleppo, Syria.
21- Grayson R., and Bloschl G. 2000. Spatial Patterns in Catchment Hydrology: Observations and modeling. Cambridge University Press.Cambridge, UK.
22- Grewal S.S., Singh K., and Dyal S. 1984. Soil profile gravel concentration and its effect on rainfed crop yields. Plant and soil, 81:75-83.
23- Iqbal J., Read J.J., Thomasson A.J., and Jenkins J.N. 2005. Relationships between soil-landscape and dryland cotton lint yield. Soil Science Society of America Journal, 69:1-11.
24- Jiang P., and Thelen K.D. 2004. Effect of soil and topographic properties on crop yield in a North-central corn–soybean cropping system. Agronomy Journal, 96:252-258.
25- Kravchenko A.N., and Bullock D.G. 2000. Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil properties. Agronomy Journal, 92:75-83.
26- Kumhálová J., Matějková S., Fifernová M., Lipavský J., and Kumhála F. 2008. Topography impact on nutrition content in soil and yield. Plant, Soil and Environment, 54:255-261.
27- Marques da Silva J.R., and Silva L.L. 2008. Evaluation of the relationship between maize yield spatial land temporal variability and different topographic attributes. Biosystems Engineering, 101:183-190.
28- Masoni A., Ercoli L., Mariotti M., and Pampana S. 2008. Nitrogen and phosphorus accumulation and remobilization of durum wheat as affected by soil gravel content. Cereal Research Communications. 36:157-166.
29- Modaihsh A.S., Al-Romian F.M., and Mahjob M.O. 1996. Nitrogen management and nitrapyrin effects on yield and N recovery of wheat. Journal of King Saud University, 8:159-172.

Archive of SID

www.SID.ir

30- Park S.J., Hwang C.S., and Vlek P.L.G. 2005. Comparison of adaptive techniques to predict crop yield response under varying soiland land management conditions. Agricultural Systems, 85:59-81.
31- Pierce F.S., Warncke D.D., and Everett M.W. 1994. Yield and nutrient variability in glacial soils of Michigan. P. 133-150, In: Roberts P.C., Rust R.H., and Larson W.E. (Eds.), Proceeding of 2nd International Conference on Site-Specific Management for Agricultural Systems, Minneapolis, MN. March 27-30, ASA, SSSA, and CSSA, Madison, WI.
32- Plante A.F., Conant R.T., Stewart C.E., Paustian K., and Six J. 2006. Impact of soil texture on the distribution of soil organic matter in physical and chemical fractions. Soil Science Society of America Journal, 70:287-296.
33- Seibert J., Stendahl J., and Sorensen R. 2007. Topographical influences on soil properties in boreal forests. Geoderma, 141:139-148.
34- Shukla M.K., Lal R., and Ebinger M. 2004. Principal component analysis for predicting corn biomass and grain yields. Soil Science, 169:215-224.
35- Si B.C., and Farrell R.E. 2004. Scale-dependent relationship between wheat yield and topographic indices: A wavelet approach. Soil Science Society American Journal, 68:577-587.
36- Sinai G., Zaslavsky D., and Golany P. 1981. The effect of soil surface curvature on moisture and yield-beer Sheba Observation. Soil Science, 132:367-375.
37- Souza Z.M., Cerri D.G.P., Magalhães P.S.G., and Siqueira D.S. 2010. Spatial variability of soil attributes and sugarcane yield in relation to topographic location. Engenharia Agrícola e Ambiental, 14:1250-1256.
38- Sudduth K.A., Drummond S.T., Birrell S.J., and Kitchen N.R. 1996. Analysis of spatial factors influencing crop yield. P. 129-149, In: Robert P. C., Rust R.H. and Larson W.E., (Eds.), Proceeding of 3rd International Conference on Site-Specific Management for Agricultural Systems, June 23-26, Madison, WI., ASA-CSSA-SSSA.
39- Timlin D.Y., Pachepsky Y., Snyder V.A., and Bryant R.B. 1998. Spatial and temporal variability of corn yield on a hillslope. Soil Science Society America Journal, 62:746-773.
40-USDA-NRCS, 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report, No. 42.Version 3.0. Nebraska.
41- Wendroth O., Reuter H.I., and Kersebaum K.C. 2003. Predicting yield of barley across a landscape : a state-space modeling approach. Journal of Hydrology, 272:250-263.
42- Whelan B.M., and McBratney A.B. 2000. The 'null hypothesis' of precision agriculture management. Precision Agriculture, 2:265-279.
43-Wilding L.P. 1985. Spatial variability: Its documentation, accommodation, and implication to soil surveys. In: Nielsen, D.R., and Bouma J. (Eds.), Soil Spatial Variability. Pudoc, Wageningen, The Netherlands.
44- Wilson J.P., and Gallant J.C. 2000. Terrain Analysis. Wiley and Sons. New York.
45- Wright R.J., Boyer D.G., Winant W.M., and Perry H.D. 1990. The influence of soil factors on yield differences among landscape positions in an Appalachian corn field. Soil Science, 149:375-382.
46- Yang C., Peterson C.L., Shropshire G.J., and Otawa T. 1998. Spatial variability of field topography and wheat yield in the Palouse region of the Pacific Northwest. Transaction of the ASAE, 41:17-27.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No.4, Sept.-Oct. 2012, p. 922-932

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۱، ص. ۹۳۲-۹۲۲

Influence of Topography and Soil Characteristics on the Rainfed Wheat Yield in Sisab Region, Northeastern Iran

A. Shabani[1*]- Gh. Haghnia[2]- A. Karimi[3]- M.M. Ahmadi[4]

Received: 6-8-2011
Accepted: 25-2-2012

Abstract

Topographic characteristics are considered as important factors for growth and yield of rainfed crops because of the impact on the water distribution and consequently effects on soil physical and chemical properties. No information is available on this subject for North Khorasan province of Iran. The purpose of this study was to investigate the effect of soil and topographic characteristics on the rainfed wheat yield in Sisab region of North Khorasan province. Surface soil samples and wheat yield data were taken from 100, 1×1 m^2 plots on different slope positions from 800 ha of rainfed farms. Sand, silt, clay, gravel, calcium carbonate equivalent, soil organic matter, pH, EC, total nitrogen, available potassium and phosphorus were measured. Primary and secondary topographic derivatives including elevation, slope, aspect, plan curvature, topographic wetness index, sediment transport index and stream power index were calculated from a 30m grid cell size digital elevation model. Multiple regression models were developed between soil and topographic characteristics and yield components. 20 out of 100 samples were used to validate the model prediction. Coefficients of correlation matrix showed that elevation and calcium carbonate equivalent have the strongest correlation with wheat yield components. Soil factors including calcium carbonate percentage and organic matter and topographic indices such as elevation, slope and stream power index were entered into the regression models. Because of non-linear and complex interrelation, the regression models explained only 43% and 40% of total and grain yield variations, respectively. The results of this study showed that although Sisab is located on the border of arid and semiarid climate, the topographic characteristics could affect soil properties and wheat yield components.

Keywords: Yield prediction, Digital elevation model derivations, Rainfed wheat

Archive of SID

1,2,3- MSc Student, Professor and Assistant Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively
(*- Corresponding Author Email: shabani_362@yahoo.com
4- Lecture of Rainfed Research Center of Shirvan

www.SID.ir