

## تاثیر ویژگی‌های پستی و بلندی و خاک بر عملکرد گندم در منطقه سیساج، شمال شرق ایران

اسماء شعبانی<sup>۱\*</sup> - غلامحسین حق‌نیا<sup>۲</sup> - علیرضا کریمی<sup>۳</sup> - ملک مسعود احمدی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۰/۵/۱۵

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۷

### چکیده

ویژگی‌های پستی و بلندی اراضی به دلیل 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 این که استان خراسان شمالی، یکی از مناطق مهم دیم‌کاری گندم می‌باشد، اطلاعاتی درباره ارتباط ویژگی‌های خاک و پستی و بلندی با رشد گندم در این استان وجود ندارد. پژوهش حاضر به منظور بررسی تاثیر ویژگی‌های پستی و بلندی و خاک بر عملکرد گندم در منطقه سیساج استان خراسان شمالی انجام شد. داده‌های عملکرد گندم و نمونه‌های خاک سطحی از ۱۰۰ پلات ۱×۱ متر در منطقه‌ای به وسعت ۸۰۰ 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 خیس، 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 خیس وارد مدل‌ها گردیدند. به دلیل 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 سیساج در مرز اقلیمی خشک و نیمه‌خشک قرار دارد، ویژگی‌های توپوگرافی بر ویژگی‌های خاک و عملکرد گندم دیم موثر هستند.

**واژه‌های کلیدی:** برآورد عملکرد، مشتقات مدل رقومی ارتفاع، گندم دیم

### مقدمه

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 تلین (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

در مناطق نیمه‌خشک مانند بخش‌هایی از ایران، گیاهانی که بتوانند بدون آبیاری کشت شوند نسبتاً 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 متأسفانه به علت عدم رعایت اصول دیم‌کاری، کمبود و پراکنش نامناسب بارندگی، عملکرد کمی دارند. بنابراین، لازم است تلاش همه‌جانبه‌ای در جهت شناسایی

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

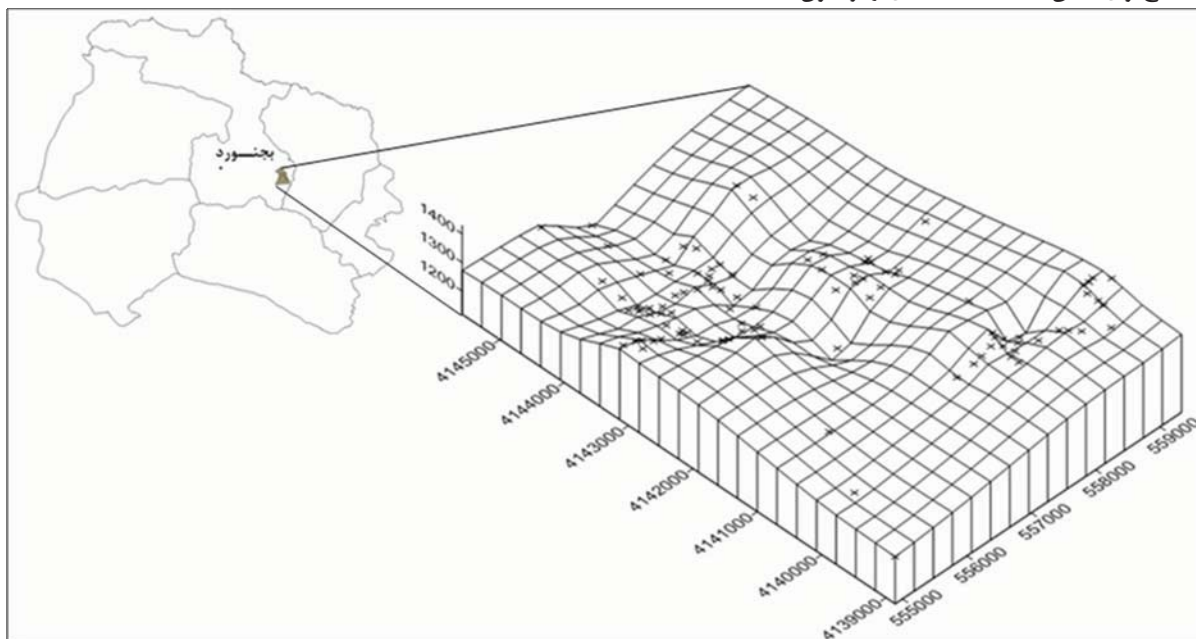
\*- نویسنده مسئول: (Email: shabani\_362@yahoo.com)

۴- مربی پژوهشی، مرکز تحقیقات دیم شیروان

مشاهده شده عملکرد را توجیه می کنند. مدل سازی، یکی از راههای درک بهتر روابط موجود بین ویژگی های خاک، اقلیم و پستی و بلندی با کمیت و کیفیت تولیدات کشاورزی است و به کمک آن می توان مدیریت گیاه و خاک و ریسک عملیات مدیریتی را ارزیابی کرد. برای ساخت یک مدل، روش های گوناگونی وجود دارد که پژوهشگر براساس نوع مساله و ویژگی های موضوع مورد مطالعه، به انتخاب یکی از آن ها می پردازد؛ یکی از رایج ترین و در عین حال ساده ترین آن ها، مدل های تجربی رگرسیونی است. کاکس و همکاران (۱۵) در مطالعه ای با انجام شیوه تجزیه به مؤلفه های اصلی، سه مؤلفه  $PC_1$ ،  $PC_2$  و  $PC_3$  را معنی دار تشخیص دادند که هر کدام از این مؤلفه ها از ترکیب متغیرهای خاک و پستی و بلندی دربرگیرنده ی کلسیم، منیزیم، پتاسیم، فسفر، pH، مقدار رس، ارتفاع و شیب زمین به دست آمده بودند. آن ها بین این ویژگی ها و عملکرد سویا با انجام رگرسیون چند متغیره، معادله ای با  $R^2=0/54$  بدست آوردند. اقبال و همکاران (۲۳) در مطالعه ای به کمک رگرسیون خطی گام به گام نشان دادند که ویژگی های خاک ۵۸ درصد، ویژگی های پستی و بلندی- هیدرولوژی ۲۱ درصد و همچنین اثر ترکیبی آن ها (خاک- پستی و بلندی- هیدرولوژی) ۷۲ درصد از تغییر پذیری عملکرد پنبه را می توانند توصیف نمایند. در مطالعه گفته شده، ارتفاع، جهت جریان، شاخص انتقال رسوب و درصد شن، بیانگر بیشتر تغییرات عملکرد بودند. نوروزی (۱۰) در مطالعه ای به بررسی رابطه رگرسیونی میان پارامترهای خاک و پستی و بلندی زمین با مؤلفه های عملکرد گندم در منطقه اردل استان چهارمحال و بختیاری پرداخت. نتایج وی نشان داد که معادله های رگرسیونی به دست آمده،

### مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه با مساحت حدود ۸۰۰ هکتار، بخشی از زمین های زیر کشت گندم دیم در منطقه سیسب استان خراسان شمالی می باشد که در محدوده  $36^{\circ} 57'$  تا  $40^{\circ} 57'$  طول شرقی و  $33^{\circ} 23'$  تا  $37^{\circ} 27'$  عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). میانگین ارتفاع از سطح دریا حدود ۱۲۸۰ متر، میانگین دمای سالانه منطقه  $12/2^{\circ}C$  و میانگین بارندگی سالانه حدود ۲۵۰ میلی متر است. بر اساس نقشه زمین شناسی (۹) و بازدید صحرایی، مواد مادری خاک های منطقه، از نوع سنگ های آهکی کرتاسه می باشند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه و پراکنش نقاط مورد مطالعه

## مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی

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<sup>۵</sup> به گرادیان شیب است، به عنوان شاخصی از توزیع مکانی رطوبت خاک در طول زمین نما می‌باشد. شاخص SPI، نمایشی از قدرت فرساینده‌گی جریان‌های سطحی است و به گونه‌ای تنگاتنگ با TWI ارتباط دارد. شاخص‌های TWI و SPI، به ترتیب با معادله‌های ۱ و ۲ محاسبه می‌شوند که در این معادله‌ها  $A_{\beta}$  سطح ویژه حوزه برحسب  $(m^2/m)$  و  $\beta$  درجه شیب می‌باشند.

$$TWI = \left( \frac{A_{\beta}}{\tan \beta} \right) \quad (1)$$

$$SPI = A_{\beta} \tan \beta \quad (2)$$

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،  $A_{\beta}$  و  $\beta$  همان پارامترهای قبلی و  $m = 0.6$  و  $n = 13$  پارامترهای ثابت هستند (۴۴).

$$STI = \left( \frac{A_{\beta}}{22.13} \right)^m \left( \frac{A_{\beta}}{0.0896} \right)^n \quad (3)$$

## مدل آماری و اعتبارسنجی

بعد از محاسبه شاخص‌های خاک و پستی و بلندی در نقاط مورد مطالعه، بین این پارامترها و مولفه‌های عملکرد گندم، 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 مولفه‌های 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 اعتبارسنجی گزینش شدند. در انجام فرآیند اعتبارسنجی مدل‌ها، از معیارهای میانگین خطا<sup>۶</sup> (ME) و ریشه میانگین مربع‌های خطا<sup>۷</sup> (RMSE) استفاده شد. این معیارها، دقت مدل را براساس تفاضل بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده ارزیابی می‌کنند. هر چه مقدار ME به صفر نزدیک‌تر و مقدار

برای انجام این پژوهش، نمونه برداری در تیرماه ۱۳۸۹ در ۱۰۰ نقطه به طریق تصادفی در پلات‌هایی به ابعاد  $1 \times 1$  متر به گونه‌ای انجام گردید که توزیع پستی و بلندی‌های مختلف را پوشش دهد. برای اندازه‌گیری مولفه‌های عملکرد گندم (رقم آذر۲)، بوته‌های واقع در هر 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 کلس 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 عصاره‌گیری 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<sup>۱</sup> منطقه با دقت ۳۰ متر استفاده شد. مشتقات اولیه شامل ارتفاع، درجه شیب، جهت شیب و انحنا<sup>۲</sup> 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 ننگشت، زوایای جهت شیب در بازه  $-1$  تا  $+1$  ارزش‌گذاری و به‌طور قراردادی  $+1$  جهت شمال و  $-1$  جهت جنوب در نظر گرفته شد و از آن پس نتایج بر این مبنا تفسیر گردید. مشتقات ثانویه شامل شاخص خیزی<sup>۳</sup> (TWI)، شاخص قدرت جریان<sup>۳</sup> (SPI) و شاخص انتقال رسوب<sup>۴</sup> (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 زمین نما را نشان می‌دهد. این شاخص، به صورت

5- Specific Catchment Area

6- Mean Error

7- Root Mean Square Error

1- Digital Elevation Model

2- Topographic Wetness Index

3- Stream Power Index

4- Sediment Transport Index

نگهداری آب و حاصلخیزی خاک همراه است. انحنای سطحی نیز با درصد رس ( $r = -0.27^{**}$ )، ماده آلی ( $r = -0.30^{**}$ )، EC ( $r = -0.45^{**}$ )، پتاسیم ( $r = -0.24^{**}$ ) و شاخص خیزی ( $r = -0.21^{**}$ ) همبستگی منفی معنی دار دارد که بیانگر تجمع رس، ماده آلی و املاح محلول در مکان های پست است. همچنین، بین جهت شیب با ماده آلی همبستگی مثبت معنی دار ( $r = 0.21^{**}$ ) 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 آن ها، شیب با CEC، ماده آلی، P و K، همبستگی منفی داشته است. سیبرت و همکاران (۳۳) اثر پستی و بلندی بر ویژگی های خاک را در خاک های جنگلی سوئد بررسی کردند و چند همبستگی معنی دار بین شاخص های پستی و بلندی و ویژگی های خاک یافتند. به عنوان نمونه، ضخامت لایه ماده آلی با شاخص خیزی (TWI) و ضخامت افق آلیک (E) با مساحت بالادست شیب، افزایش یافته است.

مؤلفه های عملکرد کل و دانه در منطقه مورد مطالعه، به ترتیب در محدوده ۲/۳۳ تا ۱۰/۵۵ و ۰/۴۳ تا ۳/۱۷ (تن در هکتار) متغیر بوده و در گروه متغیرهای متوسط، دسته بندی می شوند. عملکردهای زیاد، به تعداد نقاط کمی با تعقر بالا به دست 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 نماینده ای از عملکرد کل منطقه نیستند. عملکرد دانه گندم، دارای ضریب تغییرات بیشتری نسبت به عملکرد کل می باشد و مقادیر ضریب تغییرات، برای عملکرد دانه و کل به ترتیب برابر ۳۵ و ۲۹ درصد است (جدول ۳).

از دلایل تغییرپذیری عملکرد در این منطقه، می تواند تاثیر زیاد پستی و بلندی بر جابجایی و انتقال آب در موقعیت های مختلف زمین نما باشد که به دنبال این فرآیند، ویژگی های خاک در موقعیت های مختلف زمین نما متفاوت می شود.

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

$$ME = \sum_{i=1}^n (Z^* - Z) / n \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z^* - Z)^2} \quad (5)$$

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

## نتایج و بحث

توصیف آماری پارامترهای پستی و بلندی، خاک و مؤلفه های عملکرد گندم دیم به ترتیب در جدول های 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 از ۳۵، ۱۵ تا ۳۵ و کمتر از ۱۵ درصد، به ترتیب در سه کلاس زیاد، متوسط و کم، طبقه بندی می شوند. در بین متغیرهای اندازه گیری شده خاک، ضریب تغییرات درصد سنگریزه از همه بالاتر و برابر ۵۷ درصد است. در میان ویژگی های خاک مورد بررسی در این مطالعه ضریب تغییرات درصد سنگریزه، فسفر و پتاسیم فراهم در کلاس زیاد، pH در کلاس کم و بقیه ویژگی ها در کلاس متوسط گروه بندی می شوند.

تغییرات ویژگی های خاک در یک منطقه با اقلیم ثابت را ناشی از غیر یکنواختی پستی و بلندی می دانند (۱۴). در منطقه مورد مطالعه تغییرپذیری ویژگی های خاک تا حد زیادی متأثر از تغییرات پستی و بلندی است. از این جمله می توان به همبستگی منفی شیب با درصد رس ( $r = -0.20^{**}$ )، فسفر ( $r = -0.24^{**}$ )، ماده آلی ( $r = -0.21^{**}$ ) و شاخص خیزی ( $r = -0.21^{**}$ ) اشاره کرد. این همبستگی ها نشان از فرسایش بیشتر در موقعیت های تند شیب دارد که با کاهش ظرفیت

جدول ۱- توصیف آماری پارامترهای پستی و بلندی

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

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

جدول ۲- توصیف آماری پارامترهای خاک

حد اقل	حداکثر	میانگین	درصد ضریب تغییرات	
۹	۲۹	۱۸/۴۰	۵۷	سنگریزه (%)
۸	۲۱	۱۳	۲۰	رس (%)
۱۳	۴۹	۲۸	۲۲	کربنات کلسیم معادل (%)
۰/۶۷	۲/۷۰	۱/۲۷	۲۲	ماده آلی (%)
۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۰۶	۲۲	نیتروژن کل (%)
۲/۶	۲۲/۷	۶/۹	۲۴	فسفر فراهم ( $\text{mg kg}^{-1}$ )
۱۰/۸	۷۱۲	۲۰۳	۳۸	پتاسیم فراهم ( $\text{mg kg}^{-1}$ )
۰/۲	۰/۶	۰/۲۵	۲۴	هدایت الکتریکی ( $\text{dSm}^{-1}$ )
۷/۵	۸/۱	۷/۸	۲	pH

جدول ۳- توصیف آماری مولفه های عملکرد گندم دیم

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

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 مولفه های عملکرد منطقه همبستگی منفی دارد pH است. مهم ترین اثر pH خاک بر روی رشد گیاهان، تاثیر آن بر فراهمی عناصر غذایی می باشد و معمولاً با افزایش pH، حلالیت عناصر غذایی بجز مولبدین کاهش می یابد. افزون بر این، تاثیر بر فعالیت موجودات ذره بینی خاک نیز از اثرات مهم pH می باشد (۸). منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، دارای pH قلیایی (بیش از ۷) می باشد که احتمالاً ناشی از مقادیر نسبتاً بالای کربنات کلسیم در این منطقه است (جدول ۳). ایوبی و همکاران (۱۱) در بررسی تاثیر ویژگی های خاک بر عملکرد جو در شمال ایران بین pH و عملکرد جو همبستگی منفی گزارش کردند.

نیتروژن، مهم ترین 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، به منظور تولید گندم دیم از اهمیت ویژه ای برخوردار است (۲۰ و ۳۴). موداش و همکاران (۲۹) نیز با به کار بردن کود نیتروژنه، افزایش معنی داری در عملکرد دانه گندم مشاهده نمودند. شاید، دلیل عدم تطابق نتایج به دست آمده از این پژوهش با نتایج سایرین، بالا بودن نسبی مقدار ماده آلی خاک در منطقه مورد مطالعه (جدول ۲) و وابستگی نسبی نیتروژن کل خاک در این منطقه به میزان مواد آلی موجود در آن باشد ( $r=0/64^{**}$ ). به عبارتی، نیتروژن کل اندازه گیری شده بیشتر به شکل آلی است و شاخص خوبی از

همچنین، مقدار تغییر پذیری مولفه های عملکرد ممکن است به وسیله عملیات مدیریتی تحت تاثیر قرار گیرد. ولن و مک برتنی (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 (۲۹ درصد)، عملکرد دانه (۳۶ درصد)، وزن هزار دانه (۱۳ درصد) و پروتئین دانه گندم (۱۸ درصد) گزارش کرد.

ضرایب همبستگی بین مولفه های عملکرد گندم برداشت شده با ویژگی های خاک در جدول ۴ ارائه شده است. در میان ویژگی های خاک، درصد کربنات کلسیم معادل (آهک) و سنگریزه، به ترتیب، بالاترین میزان همبستگی منفی را با مولفه های عملکرد نشان دادند. اگرچه آهک از طریق تاثیر بر خاکدانه سازی و بهبود ساختمان خاک، می تواند بر نگهداری رطوبت در خاک، مؤثر باشد (۷)، لیکن افزایش کربنات ها در خاک، در روند جذب عناصر غذایی به ویژه عناصر کم مصرف، ایجاد اختلال می کند؛ زیرا این عناصر در مجاورت آهک، به صورت ترکیبات نامحلول در می آیند (۸). بنابراین، می توان همبستگی منفی آهک با مولفه های 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 می باشد (۲)؛ زیرا سنگریزه، حجمی از خاک را اشغال می کند 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



عملکرد را توجیه کند. از سوی دیگر، این همبستگی‌های کم و غیرمعنی دار 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 و همکاران (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 نسبتاً بالای این دو عنصر نسبت داده و این‌گونه بیان کردند که احتمالاً اثر این دو ماده، عامل محدودکننده رشد گیاه نبوده و به همین 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، در جدول 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 می‌شود (۶). کراوچنکو و بالوک (۲۵) دریافتند که ارتفاع، مهم‌ترین عامل پستی و بلندی در مطالعه آن‌هاست که یک رابطه منفی نسبتاً پایدار با عملکرد محصول دارد و در اکثر موارد، اثر ارتفاع بر عملکرد از طریق فراهمی آب نمود می‌یابد. جیانگ و تان (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.

وضعیت نیتروژن قابل استفاده برای گیاه نمی‌باشد. همبستگی مثبت ماده آلی با مولفه‌های عملکرد منطقه از یک سو به دلیل نقش مثبت ماده آلی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و از سوی دیگر، اثر آن به عنوان 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 معنی دار با مولفه‌های عملکرد منطقه می‌باشد. مقدار رس، به شدت 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، ۱۵۰-۲۰۰ 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 نمونه‌ها کمتر از حد بحرانی است. بنابراین، می‌توان این‌گونه استنباط کرد که یکنواختی نسبتاً زیاد نمونه‌ها از نظر مقدار پتاسیم و فسفر، دلیلی برای همبستگی‌های غیرمعنی دار این عناصر با مولفه‌های عملکرد است. به عبارت دیگر، دامنه تغییرات اندک این عناصر نمی‌تواند به‌طور معنی‌دار، تغییرات

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین مؤلفه‌های 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*	۰/۲۷*	۰/۰۹	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۲۴*	۰/۲۴*
عملکرد دانه	۰/۳۵**	۰/۲۴*	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

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین مؤلفه‌های عملکرد گندم دیم و شاخص‌های پستی و بلندی

ارتفاع	جهت شیب	میانگین انحنای	شیب	SPI	STI	TWI
عملکرد کل	۰/۱۰	۰/۲۶*	۰/۲۳*	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۳۳**
عملکرد دانه	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

کرده و آن را برای مدت زمان طولانی تری 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 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 خیزی 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 و ۴۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌کنند (شکل ۲). 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، ضعیف‌ترین نتایج را در مرحله صحت مدل‌سازی و پیش‌بینی نشان دادند که ممکن است بیانگر عدم توانایی مدل‌کردن روابط غیرخطی در برهمکنش‌های پیچیده خاک، گیاه و مدیریت باشد. به‌طور کلی، می‌توان گفت عملکرد، یک پدیده غیرخطی و پیچیده است زیرا، به عوامل مختلفی وابسته است و از سوی، این عوامل بر یکدیگر نیز تاثیر می‌گذارند. همبستگی و رگرسیون‌های چند متغیره، به‌طور عمومی برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند اما در اغلب موارد نتایج ضعیفی دارند (۱۸ و ۲۵).

انحنا، دیگر ویژگی پستی و بلندی است که همبستگی منفی معنی‌داری با مولفه‌های عملکرد نشان داد. در مناطقی 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. انحنا ی 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 حالی که در وضعیت‌های محدب، جریان آب پخشیده شده و نفوذ کاهش می‌یابد. به‌عبارت دیگر، انحنا ی 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 انحنا ی 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 انحنا ی سطحی، همبستگی بالایی دارد.

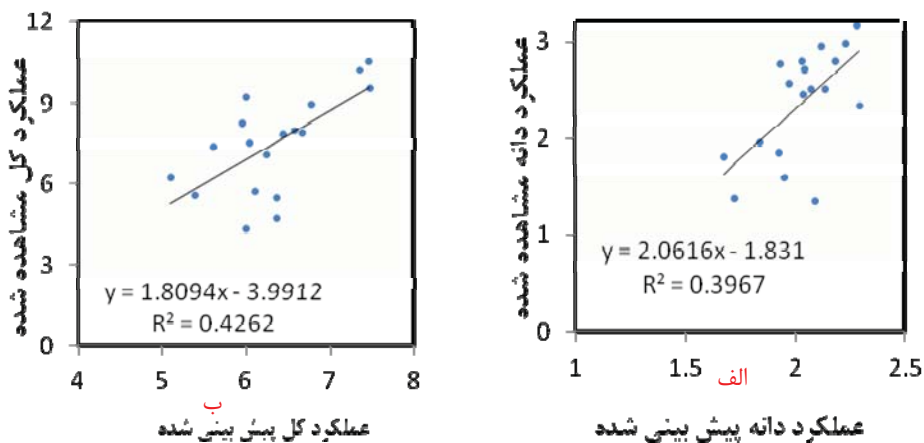
بین شاخص خیزی (TWI) و مولفه‌های عملکرد منطقه، همبستگی مثبت معنی‌دار وجود دارد. شاخص خیزی در یک نقطه بیان کننده تمایل زمین به انباشت آب در آن نقطه می‌باشد و برای مناطق با سطح ویژه حوزه مشابه، هر چه شیب منطقه کمتر باشد، این شاخص از مقدار بالاتری برخوردار است (۴۴). سی و فارل (۳۵) دریافتند که شاخص خیزی به‌تنهایی 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 خیزی 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

جدول ۶- مدل‌های رگرسیونی مؤلفه‌های عملکرد گندم دیم

مدل رگرسیون	R <sup>2</sup>	ME	RMSE
$(t/ha) = 18/0.33 - 0/0.70 (CCE) - 0/0.08 (elev) 3/557 + (OM) - 0/0.86 (slope)$	0/43**	1/14	1/84
$(t/ha) = 5/321 - 0/0.03 (elev) + 1/588(OM) + 0/0.86(TWI)$	0/4**	0/33	0/56

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



شکل ۲- مقادیر مشاهده و پیش بینی شده گندم دیم (الف) عملکرد کل، (ب) عملکرد دانه به روش رگرسیون چند متغیره

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. به عبارت 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 مؤلفه‌های عملکرد گندم در این منطقه را پیش‌بینی نماید نیاز به استفاده از روش‌های غیرخطی مدل‌سازی که قادر به در نظر گرفتن روابط پیچیده بین پدیده‌ها باشند احساس می‌شود. همچنین استفاده از دیگر ویژگی‌های مؤثر 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 سیسب، تشکر و قدردانی می‌گردد.

سودوت و همکاران (۳۸) از شیوه‌های خطی در یک مجموعه داده، شامل چندین سال اطلاعات پستی و بلندی، خاک و عملکرد استفاده کردند و دریافته‌اند که روش‌های خطی معمولاً در تقریب تغییرات مکانی عملکرد، حتی در مقیاس مزرعه که به نظر می‌رسد همگن باشد، دچار شکست می‌شوند. دروموند 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 مؤثر بر آن را بیان می‌کند. بنابراین، به دلیل وجود روابط غیرخطی و پیچیده بین عملکرد و عوامل زیاد تاثیرگذار بر آن، 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 ماده آلی در توجیه تغییرات بیش از سایرین است و این موضوع، نقش مثبت افزایش ماده آلی در بهبود عملکرد گندم منطقه را مشخص می‌کند. ضریب تبیین مناسب‌ترین مدل‌های رگرسیونی نشان می‌دهد که از ۱۰۰ درصد تغییرات مربوط به مؤلفه‌های عملکرد در منطقه مورد

### 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



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- طباطبایی فر ا.، ندرلو ل.، جوادی کیا 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 شبروان. 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*. 2<sup>nd</sup> 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., Bedhraf 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., Fiferová 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.

- 30- Park S.J., Hwang C.S., and Vlek P.L.G. 2005. Comparison of adaptive techniques to predict crop yield response under varying soil and 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 2<sup>nd</sup> 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 3<sup>rd</sup> 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.

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

A. Shabani<sup>1\*</sup> - Gh. Haghnia<sup>2</sup> - A. Karimi<sup>3</sup> - M.M. Ahmadi<sup>4</sup>

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<sup>2</sup> 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

---

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