

بررسی حاصلخیزی خاک‌های تحت کشت گندم دشت قزوین و ارائه راهکارهای ترویجی

جعفر شهابی^۱

استادیار پژوهش بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران. Shahabifar1@yahoo.com

دریافت: شهریور ۱۳۹۷ و پذیرش: خرداد ۱۳۹۸

چکیده

افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی به استفاده منطقی از کودهای شیمیایی وابسته است. شناخت جامع و دقیق حاصلخیزی خاک‌های تحت کشت از جمله ابزارهای مهم در این زمینه است. در این مقاله مروری به وضعیت حاصلخیزی خاک‌های تحت کشت گندم دشت قزوین پرداخته و برخی راهکارهای ترویجی برای بررسی چالش‌ها و محدودیت‌های مرتبط با تولید گندم ارائه می‌دهد. بدین منظور از ۴۳۱۲۰ داده‌های آزمایشگاهی مربوط به ۲۶۹۵ نمونه خاک استفاده شد. ۱۲ ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاک شامل: بافت، pH، آهک، هدایت الکتریکی، کربن آلی، فسفر، پتاسیم آهن، روی، مس، منگنز و بور قابل جذب مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که خاک‌های تحت کشت گندم دشت قزوین دارای محدودیت‌های کمی از نظر شوری، پتاسیم قابل جذب، منگنز، مس و بور بوده، اما دارای محدودیت‌های شدید از نظر کربن آلی، روی و آهن هستند؛ به طوری که ۹۳/۵ درصد خاک‌های دشت کمتر از یک درصد کربن آلی دارند. حدود ۷۴ درصد اراضی تحت مطالعه دچار کمبود آهن و ۶۴ درصد کمبود روی می‌باشند. این نتایج نشان داد که وضعیت عناصر غذایی در گندمزارهای استان از نظر توزیع جغرافیایی یکسان نمی‌باشد. بنابراین لازم است جهت جلوگیری از افزایش هزینه تولید و دستیابی به عملکرد مطلوب توصیه بر اساس نیاز گیاه انجام و از مصرف یکسان کودهای شیمیایی در اراضی با کمبودهای متفاوت خودداری شود.

واژه‌های کلیدی: آهک، حاصلخیزی خاک، عناصر غذایی، عناصر کم مصرف

^۱ آدرس نویسنده: بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران.

شارما و همکاران (۱۹۹۳) و تاکار و والکر (۱۹۹۳) در بررسی پراکنش عنصر روی در خاک‌های هند گزارش دادند که کمبود این عنصر در بیش از ۵۰ درصد خاک‌های ایالت پنجاب هند و ۳۸ درصد خاک‌های راجستان وجود دارد. ضیائیان (۱۳۷۸) اعلام کرد که در ایران گزارش کامل و مستندی از وضعیت و پراکندگی کمبود آهن در نباتات وجود ندارد؛ اما شواهد موجود حاکی از کمبود شدید آهن (بخصوص در درختان میوه) در اغلب استان‌های کشور است. زردی برگ ناشی از آهک شکل خاصی از کمبود این عنصر در گیاهان بوده که بخش وسیعی از کشور را فراگرفته است. استان‌های تهران، قزوین، خوزستان، خراسان، فارس، اصفهان و آذربایجان شرقی بیش از سایر مناطق دچار این مشکل هستند.

تاندون (۱۹۹۵) در بررسی وضعیت مس در خاک‌های مختلف زراعی نشان داد که کمبود این عنصر عمدتاً در خاک‌های شنی و خاک‌های شدیداً آهکی متداول است. همچنین ۳۰ درصد خاک‌های ایالت آکرا در هند با کمبود این عنصر مواجه شدند و با انجام بیش از ۲۵ آزمایش در ایالت بیهار دریافتند که پاسخ گیاهان به مس در ۶۰ درصد موارد مثبت بودند. چاخماق و همکاران (۱۹۹۶) بر اساس نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام‌یافته بر روی ۷۶ نمونه خاک، ۱۲۰ نمونه گندم و ۱۶ نمونه جو در ترکیه به این نتیجه رسیدند که ۹۲ درصد خاک‌ها و ۸۶ درصد نمونه‌های گیاهی که بین ماه‌های اردیبهشت تا خرداد برداشت شده بود دچار کمبود روی بودند. مورت و ت (۱۹۹۱) بر اساس مطالعات انجام‌یافته تخمین زده می‌شود که بیش از ۴/۸ میلیون هکتار و یا حدود پنج درصد اراضی تحت کشت در ۲۲ ایالت غرب رودخانه می‌سی‌سی‌پی گیاهان با کمبود آهن مواجه هستند. ۳۰ درصد از اراضی تحت کشت سویا در این ایالت با کمبود این عنصر مواجه هستند.

حاصلخیزی خاک‌های ایران توسط تعدادی از محققان مورد بررسی قرار گرفته (خادمی، ۱۳۸۴؛ شهبازی، ۱۳۸۶؛ طهرانی و همکاران، ۱۳۹۱) و نقشه‌های

حاصلخیزی خاک بیان‌کننده میزان توانایی و قابلیت خاک برای تأمین شرایط رشد پایا، بهینه و مطلوب گیاه است. در گذشته حاصلخیزی خاک، صرفاً برای تأمین نیاز عنصری نیتروژن، فسفر و پتاسیم بوده است. پس‌از آن اهمیت ماده آلی مورد توجه قرار گرفت و سرانجام بحث ریزمغذی‌ها مطرح شد (اسمیت، ۲۰۰۵).

بر اساس آمارهای موجود در بیش از ۶۰ درصد اراضی کشاورزی کشور میزان کربن آلی خاک کمتر از یک درصد می‌باشد درحالی که حد مطلوب کربن آلی خاک برای دستیابی به تولید پایدار بایستی ۳-۲ درصد باشد (طهرانی و همکاران، ۱۳۹۱). میزان ماده آلی خاک ارتباط مستقیمی با میزان عملکرد گیاه دارد به طوری که با افزایش هر یک درصد کربن آلی خاک، میزان افزایش تولید در کشورهای درحال توسعه می‌تواند ۵۰-۳۰ میلیون تن در سال افزایش یابد. وضعیت ماده آلی خاک در اکثر اراضی کشاورزی در حد بحرانی می‌باشد و توجه به این امر می‌تواند در افزایش پتانسیل تولید در اراضی کشاورزی سهم به‌سزایی داشته باشد. با توجه به اینکه اهمیت مواد آلی در کشاورزی بر هیچ‌کس پوشیده نیست ولی جهت دستیابی به مدیریت بهینه مواد آلی مشکلات مختلفی بر سر راه آن وجود دارد (سماوات، ۱۳۸۹).

ملکوتی (۲۰۰۶) در بررسی و تعیین درصد میزان عناصر غذایی بر اساس مطالعات انجام‌شده در ۳۰ کشور جهان گزارش داد که ۳۰ درصد خاک‌های کشورهای مورد مطالعه به نوعی به کمبود یک یا چند عنصر کم‌مصرف مبتلا هستند. در جمع‌بندی و میانگین‌گیری از درصد کمبود عناصر در خاک‌های کشورهای مذکور عدد ۳۱/۱ به دست آمد. کمترین حد منگنز در این خاک‌ها ۰/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. درحالی که در بسیاری از کشورهای جهان کمبود این عنصر رشد گیاهانی نظیر گندم، برنج، ذرت و بادام‌زمینی را دچار مشکل ساخته است. با اعلام حد بحرانی یک میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک برای منگنز به نظر می‌رسد این مقدار تا ۳-۲ برابر قابل‌افزایش باشد.

نقشه‌های پهنه‌بندی عناصر ذکر شده را GIS در محیط تهیه کردند.

بهیرو و همکاران (۲۰۱۸) برای مدیریت پایدار عناصر خاک، تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های pH، EC، کربن آلی خاک، فسفر و پتاسیم قابل دسترس، کلسیم و منیزیم تبدلی، سولفور و بور را در بخشی از اراضی منطقه اندهره پرادش هندوستان به کمک روش زمین‌آماری کریجینگ معمولی بررسی کرده و نقشه‌های پراکنش مکانی این ویژگی‌ها را در محیط GIS به دست آوردند. رویسنون و مترنیچت (۲۰۰۶) دقت روش کریجینگ را برای درون-یابی تأثیر خصوصیات فصلی پایدار خاک شامل: pH هدایت الکتریکی و درصد ماده آلی خاک بر روی تولید محصول مورد ارزیابی قرار داده و نتایج آن را با روش‌های وزن دهی، فاصله معکوس و نوارهای باریک مقایسه نمودند. در این تحقیق، روش کریجینگ بهترین نتایج را در مورد pH و هدایت الکتریکی نسبت به روش‌های دیگر نشان داده است.

کراوچنکو و بولاک (۱۹۹۹) نیز در تحقیق مشابهی در مورد فسفر و پتاسیم خاک در ۳۰ مزرعه بزرگ، گزارش نمودند که هرچند هر دو روش کریجینگ و وزن دهی فاصله معکوس نتایج قابل قبولی دارد؛ اما روش کریجینگ از برتری محسوسی نسبت به روش دیگر برخوردار است. نتایج مشابهی نیز با کربن آلی خاک، (کومار و لال، ۲۰۱۱) هدایت الکتریکی، اسیدیته و درصد کربنات کلسیم (عمران ۲۰۱۲) گزارش شده است. هدف از انجام این پژوهش بررسی وضعیت حاصلخیزی خاک‌های تحت کشت گندم اراضی استان قزوین با ارائه راهکارهای کاربردی و ترویجی برای گندم‌کاران استان است.

مواد و روش‌ها

استان قزوین با مساحتی معادل ۱۵۶۲۳ کیلومترمربع در حوزه مرکزی ایران بین ۴۸ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۵ درجه ۲۴ دقیقه تا ۳۶ دقیقه تا ۳۶ درجه و

حاصلخیزی برای بعضی از مناطق تهیه گردیده است (علی احيائي، ۱۳۸۰ و طهرانی و همکاران، ۱۳۹۰).

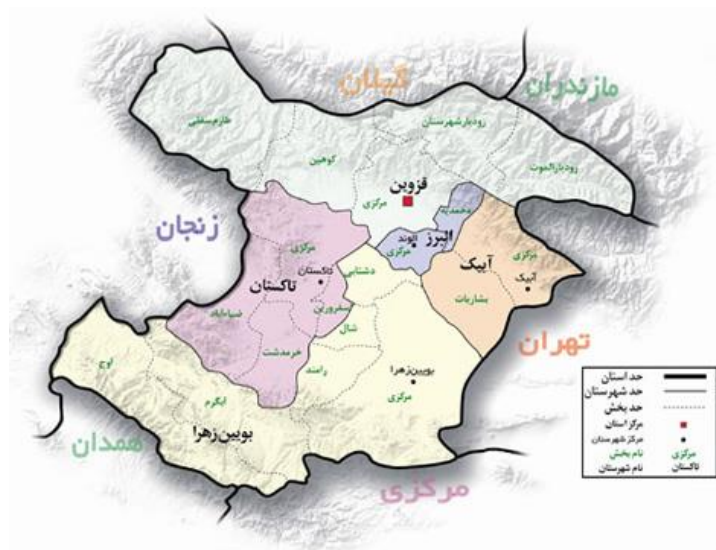
کریجینگ یک تخمین‌گر زمین‌آماری است که به دلیل واریانس نااریب و حداقل، در اغلب موارد به‌عنوان بهترین تخمین‌گر خطی نااریب شناخته شده است. بررسی‌های انجام‌شده نشان داده‌اند که روش کریجینگ با در نظر گرفتن ساختار و تغییرپذیری مکانی متغیرها از طریق نیم تغییرنما، نسبت به روش‌هایی همانند عکس فاصله وزن‌دار و اسپلین‌ها در اکثر شرایط برتری دارد. همچنین علاوه بر درون‌یابی و تخمین متغیر هدف، مقدار خطا را نیز برآورد می‌کند (روزماری و همکاران، ۲۰۱۷). اسمایل و جونوزی (۲۰۰۹) تغییرات مکانی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در مالزی با استفاده از روش‌های زمین‌آماری مورد بررسی قرار دادند. نقشه‌های تخمین این خاک‌ها نشان دادند که مناطقی که دارای کمبود نیتروژن می‌باشد در حالی که مقادیر فسفر و پتاسیم در حد کفایت است. آی‌شاه و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی خصوصیات شیمیایی خاک شالیزار در مالزی پرداختند. نقشه‌های حاصل از روش کریجینگ نشان داد که بخش وسیعی از منطقه دارای نیتروژن اضافی است.

بوگانویک و همکاران (۲۰۱۷) ویژگی‌های pH، ماده آلی، فسفر و پتاسیم قابل دسترس را در اراضی شرق کرواسی با استفاده از روش زمین‌آماری کریجینگ معمولی پهنه‌بندی کردند. واسو و همکاران (۲۰۱۷) در منطقه دیکان هندوستان تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های pH، کربن آلی، ازت، پتاسیم، فسفر و سولفور را در جهت مدیریت مقادیر عناصر در مزرعه مورد مطالعه قرار دادند و ضمن تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی این ویژگی‌ها با استفاده از روش کریجینگ معمولی در محیط GIS به کارآیی زمین‌آمار و GIS در ترسیم محیط نقشه‌های با دقت زیاد اشاره کرده‌اند.

رمضان و وانی (۲۰۱۸) در خاک‌های کشاورزی منطقه سرینگر در جامو و کشمیر، برای مدیریت بهینه استفاده عناصر کم‌مصرف شامل روی، مس، منگنز، آهن، نیکل، کادمیوم و سرب با استفاده از روش کریجینگ معمولی

می‌باشد. این استان در دامنه جنوبی رشته کوه‌های البرز واقع شده که به دلیل داشتن ارتفاعات متعدد و بارندگی‌های متوسط از نقاط معتدل کشور به شمار می‌آید (شکل ۱).

۴۸ دقیقه عرض شمالی نسبت به خط استوا قرار دارد. این استان از سمت شمال به استان‌های گیلان و مازندران، از غرب به استان‌های زنجان و همدان، از سمت جنوب به استان مرکزی و از سمت شرق به استان البرز محدود



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان قزوین

توجه به سطح اراضی تحت کشت گندم آبی به شرح جدول ۱ تعیین شد. در این بررسی برخی از ویژگی‌های خاک‌ها شامل بافت خاک به روش هیدرومتری (بویکوس، ۱۹۶۲)، pH خاک در گل اشباع (توماس، ۱۹۹۶)، هدایت الکتریکی (راول، ۱۹۹۴) کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسیدکلریدریک به روش آلیسون و مودی (۱۹۶۵)، تیتراسیون برگشتی با اسیدکلریدریک ۲ نرمال (آنجیونونی و همکاران، ۱۹۹۶)، میزان کربن آلی به روش اکسیداسیون تر (والکی و بلک، ۱۹۳۴)، فسفر قابل جذب به روش اولسن (کائو، ۱۹۹۶)، غلظت عناصر کم‌نیاز در خاک به روش آزومتین H و با عصاره‌گیری DTPA و قرائت با دستگاه جذب اتمی (علی‌احیایی، ۱۳۷۲) اندازه‌گیری شدند.

در این مطالعه برای بررسی وضعیت عناصر غذایی به همراه اسیدپته، کربنات کلسیم و بافت خاک اراضی کشاورزی دشت قزوین از ۴۳۱۲۰ داده تجزیه خاک استفاده شده است. این داده‌ها مربوط به ۲۶۹۵ نمونه خاک آزمایشگاه‌های خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان و بخش خصوصی در طی سالیان ۱۳۸۳-۱۳۹۳ بوده است. نمونه‌برداری خاک از نقاط مزبور از عمق ۰-۳۰ سانتیمتری متری به صورت مرکب که هر نمونه متشکل از ۱۰ نمونه فرعی بود، تهیه شد. محل‌های نمونه‌برداری مکان‌هایی بودند که محصولات کشت گندم آبی استان در آن قرار گرفت. این مکان‌ها به تفکیک مناطق (شهرستان‌ها) تقسیم‌بندی و تعداد نمونه خاک هر منطقه با

جدول ۱- توزیع منطقه‌ای تعداد نمونه‌های خاک

منطقه	نمونه خاک
قزوین	۸۶۸
ناکستان	۲۰۴
بویین‌زهرا	۹۲۶
آبیک	۶۹۷
کل دشت	۲۶۹۵

همکاران (۱۳۹۳)، نادى و همکاران (۱۳۹۱) به کارگیری متغیر کمکی ارتفاع را برای بهینه کردن روش‌های آماری مورد استفاده قرار دادند. علاوه بر درون‌یابی داده‌های اقلیمی، روش‌های ذکر شده بر روی داده‌های دیگر در تحقیقات متعددی اعمال شده از جمله آن‌ها کابوسی و مجیدی (۱۳۹۶) تاریخ‌های کاشت و برداشت و طول مراحل رشد گندم دیم استان گلستان را بر اساس داده‌های بارش و دما با استفاده از روش IDW پهنه‌بندی نمودند. نظری‌فر و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از روش‌های پنمن مانیتث و تورنت وایت تبخیر و تعرق گیاه در همدان را برآورد نمودند و با استفاده از مدل‌های کریجینگ، وزنی عکس فاصله و کوکریجینگ با بکارگیری متغیر کمکی ارتفاع با مشخص نمودن دوره‌های خشک، نرمال و تر توسط شاخص 2SPI تبخیر و تعرق را در مکان‌هایی که دسترسی به داده‌های هواشناسی مقدور نبود، تخمین زدند. آنان برای دوره‌های تر و نرمال در مزارع تحت آبیاری و دیم روش کریجینگ و در دوره‌های خشک برای مزارع دیم روش IDW و برای مزارع تحت آبیاری روش کریجینگ را مناسب معرفی نمودند. Mondal و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از روش رگرسیون کریجینگ اقدام به تخمین مواد آلی خاک در حوزه رودخانه Narmada هند نمودند.

محققین در این تحقیق از شاخص‌های روش‌نایی، سبزی‌نگی، رطوبت، NDVI، دمای گیاه، ترکیب شاخص-های توپوگرافی و شیب و مدل رقومی منطقه به عنوان متغیرهای کمکی استفاده نمودند. آنان ۱۲۰ نمونه خاک را مورد آنالیز قرار دادند. نتایج عملکرد مدل در واسنجی و اعتبارسنجی، مقادیر RMSE به ترتیب برابر ۰/۲۳ و ۰/۲۸ و مقادیر ME به ترتیب برابر ۰/۶۷ و ۰/۷۲ را نشان دادند. بررسی مطالعات انجام شده در خصوص قابلیت‌های زمین آماری نشان دهنده مزیت روش‌های مبتنی بر زمین‌آمار در تحلیل مکانی اطلاعات نقطه‌ای آن است که در صورت وجود همبستگی مکانی بین نقاط، استفاده از این روش‌ها و به کارگیری داده کمکی مناسب منجر به افزایش دقت

در دهه‌های اخیر، با پیشرفت نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای کامپیوتری و سیستم اطلاعات جغرافیایی، پردازش و مدل‌سازی داده‌های مکانی افزایش یافته است. زمین‌آمار روشی مناسب برای توصیف متغیرهای منطقه‌ای باملاحظه پیچیدگی‌های آماری مکانی ارائه می‌کند. در زمین-آمار می‌توان یک رابطه رابین ارزش‌های کمی در جامعه نمونه، فواصل و جهت مکانی نمونه‌ها در ارتباط با یکدیگر توسعه داد. زمین‌آمار روشی است که خصوصیات خاک را در نقاط نمونه‌برداری نشده، با استفاده از اطلاعات نقاط نمونه‌برداری شده مجاور برآورد می‌کند؛ بنابراین زمین‌آمار در ترکیب با GIS می‌تواند ابزاری مناسب برای تهیه نقشه‌های حاصلخیزی خاک باشد (اسدزاده و همکاران، ۲۰۱۲).

در تهیه نقشه‌های پراکنش عناصر غذایی در این مطالعه از روش کریجینگ با فواصل نقاط دو کیلومتر در دو کیلومتر استفاده شد و نقشه‌های پراکنش کربن آلی، آهن و روی تهیه و ترسیم گردید.

به منظور تبدیل داده‌های نقطه‌ای (مزرعه‌ای) به داده‌های مکانی می‌توان از قابلیت‌های زمین‌آمار^۲ استفاده نمود. زمین‌آمار شاخه‌ای از علم کاربردی است که با استفاده از نقاط نمونه‌برداری شده قادر به ارائه مجموعه وسیعی از تخمین‌گرهای آماری به منظور برآورد خصوصیت مورد نظر در نقاط نمونه‌برداری نشده، است (حسنی‌پاک، ۱۳۹۲). روش‌های موجود در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) مبتنی بر قوانین و روابط ریاضی-آمار امکان فراهم نمودن نقشه‌های پهنه‌بندی شده با استفاده از روش‌های زمین آماری کریجینگ و روش‌های قطعی مانند معکوس وزنی، توابع پایه شعاعی یا اسپلاین و چند جمله‌ای‌های سراسری و محلی را فراهم نموده است (فرنیا و همکاران، ۱۳۹۷). روش‌های درون‌یابی در تخمین و تحلیل داده‌های اقلیمی در بررسی کاظمی و قربانی (۱۳۹۴)، زندکریمی و مختاری (۱۳۹۷) مورد استفاده قرار گرفته است. به منظور بالابردن دقت در درون‌یابی داده‌های اقلیمی خسروی و

³ Standardized Precipitation Index

² Geostatistics

کریجینگ عمومی (UK):^۵ روش کریجینگ

عمومی تلفیق روش کریجینگ معمولی با روند محلی است. بر اساس فرضیات نظریه تغییرپذیری ناحیه‌ای، تغییرات فضایی هر متغیر Z با جمع دو مؤلفه اصلی بیان می‌شود. اگر مکانی در یک فضای دو بعدی باشد Z در X به صورت رابطه ۳ بیان می‌شود:

$$z(x_0) = m(x) + \varepsilon(x) \quad (3)$$

که در آن:

$m(x)$ مؤلفه همبستگی فضایی است که به عنوان متغیر ناحیه‌ای $\xi(x)$ شناخته می‌شود (فرجی سبکبار و همکاران، ۱۳۸۶).

کو کریجینگ (Co k):^۶ همان‌طور که در آمار

کلاسیک روش‌های چندمتغیره وجود دارد، در زمین آمار نیز می‌توان از روش کوکریجینگ و بر اساس همبستگی بین متغیرهای مختلف، برای تخمین استفاده نمود. این خصوصیت می‌تواند باعث دقت بیشتر تخمین‌ها گردد. از نظر تئوری کوکریجینگ با کریجینگ تفاوتی ندارد. سیستم معادلاتی کوکریجینگ را می‌توان به هر تعداد متغیر ثانویه تعمیم داد. با فرض وجود یک متغیر مکانی کمکی در کنار متغیر مکانی اصلی مقدار نامعلوم متغیر در نقطه برابر است که در تخمین‌گر کوکریجینگ به صورت رابطه ۴ تعریف می‌شود (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۵):

$$z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot x_0 \sum_{k=1}^n \lambda_k \cdot y(x_k) \quad (4)$$

که در آن:

$z^*(x_0)$ مقدار تخمین زده شده برای نقطه x_0 ، λ_i وزن مربوط به متغیر Z، λ_k وزن مربوط به متغیر کمکی Y و $y(x_k)$ مقدار مشاهده شده متغیر کمکی می‌باشد.

ارزیابی روش‌های درون‌یابی: روش‌های مختلفی

برای بررسی اعتبارسنجی روش‌های درون‌یابی وجود دارد که یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین آن‌ها اعتبارسنجی متقاطع است. در این روش برای هر یک از نقاط مشاهده‌ای

تخمین خواهد شد و انتخاب روش مناسب وابسته به عوامل محیطی و متغیرهای مورد استفاده در منطقه مطالعاتی دارد.

کریجینگ: روش درون‌یابی پیشرفته-

ای است که با وزن‌دهی به داده‌های اطراف نقطه مورد برآورد کمیت مجهول به دست می‌آید. در روش‌های زمین آمار اطلاعات موقعیت مکانی داده‌ها نیز در محاسبات وارد می‌گردد و سعی می‌شود تا رابطه‌ای به صورت یک مدل ریاضی ارائه شود تا از این طریق بتوان تغییرپذیری را شبیه‌سازی نمود؛ بنابراین می‌توان برای آن‌ها همبستگی مکانی را تعریف نمود که یکی از ابزارهای بررسی نیم تغییرنا می‌باشد (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۵). این روش بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار است. کریجینگ علاوه بر تخمین مقادیر مجهول خطای مرتبط با آن تخمین را نیز حساب می‌کند؛ بنابراین می‌توان فاصله اطمینان تخمین را برای هر مقدار برآورد شده توسط رابطه ۱ محاسبه کرد (فرنیا و همکاران، ۱۳۹۷).

$$z^*(x_i) = \sum_{i=1}^n [\lambda_i z(x_i)] \quad (1)$$

که در آن:

$z^*(x_i)$ مقدار برآورد در نقطه x_i ، λ_i وزن مربوط به متغیر Z و $z(x_i)$ مقدار مشاهده شده متغیر اصلی است.

کریجینگ معمولی (OK):^۴ این روش، تخمین-

گری است که مقادیر یک متغیر را در نقاط نمونه‌برداری نشده به صورت ترکیب خطی از مقادیر همان متغیر در نقاط اطراف آن در نظر می‌گیرد. برآورد مقدار Z در نقطه x_0 به وسیله این روش به صورت رابطه ۲ بیان می‌شود:

$$Z_{ok}^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad (2)$$

در این معادله:

$Z^*(x_0)$ و λ_i به ترتیب تخمین متغیر در نقطه x_0 و وزن‌های آماری اختصاص یافته به مقادیر Z در نقاط x_i و n نیز تعداد نمونه به کار رفته در کریجینگ است (حسنی‌پاک، ۱۳۹۲).

⁶ Co Kriging

⁴ Ordinary Kriging

⁵ Universal kriging

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n \{Z^*(x_i) - Z(x_i)\}}{n} \quad (7)$$

$$MARE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\{Z^*(x_i) - Z(x_i)\}}{Z(x_i)} \right| \quad (8)$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (Z(x_i) - \bar{Z}(x_i)) (Z^*(x_i) - \bar{Z}^*(x_i))}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Z(x_i) - \bar{Z}(x_i))^2 \sum_{i=1}^n (Z^*(x_i) - \bar{Z}^*(x_i))^2}} \quad (9)$$

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصله از داده‌های آزمایشگاهی پراکنش عناصر غذایی و وضعیت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مناطق و بر اساس حدود بحرانی عناصر غذایی و نیز برخی مطالعات انجام شده در خاک‌های زراعی استان و حدود بحرانی عناصر غذایی در خاک و دامنه‌های زیر در نظر گرفته شد (بلالی، ۱۳۸۴)

به وسیله روش‌های درونیابی تخمینی انجام می‌شود و سپس مقدار تخمین زده شده با مقدار مشاهده‌ای مورد مقایسه قرار می‌گیرد. در نهایت مدلی که کمترین مقدار خطا در تخمین داشته باشد به عنوان بهترین مدل شناخته می‌شود (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۷). معیارهای اعتبارسنجی متقاطع که در این تحقیق استفاده شده عبارت است از مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)^۷، میانگین انحراف مربعات خطای نرمال شده (NRMSE)^۸، میانگین انحراف خطا (MBE)^۹ و میانگین خطای مطلق (MARE)^{۱۰} بین مقادیر برآورد و اندازه‌گیری شده، می‌باشد. روابط مربوط به معیارهای ارزیابی رابطه‌های ۵ تا ۹ می‌باشد:

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

$$NRMSE = \frac{RMSE}{Z(x_i)} \quad (6)$$

جدول ۲- ویژگی‌های خاک‌های مورد مطالعه بر اساس دامنه تغییرات در نظر گرفته شده

دامنه تغییرات	ویژگی خاک
$\geq 8, < 7$	pH
$\geq 30, < 20$ و $\geq 30, < 15$ ، $\geq 20, < 10$ ، $\geq 15, < 5$	آهک (درصد)
$\geq 32, < 2$ و $\geq 32, < 16$ ، $\geq 16, < 4$ ، $\geq 16, < 8$	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
$\geq 1/5, < 1/5$ ، $\geq 1/5, < 0/5$	کربن آلی (درصد)
$\geq 15, < 10$ ، $\geq 15, < 5$	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)
$\geq 300, < 150$ ، $\geq 300, < 200$ ، $\geq 200, < 150$	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)
$\geq 10, < 5$	آهن (میلی گرم بر کیلوگرم)
$\geq 3, < 1$	روی (میلی گرم بر کیلوگرم)
$\geq 3, < 1$	مس (میلی گرم بر کیلوگرم)
$\geq 10, < 5$	منگنز (میلی گرم بر کیلوگرم)
$\geq 3, < 1$	بور (میلی گرم بر کیلوگرم)

اسیدیته

دشت قزوین دارای pH هفت تا هشت بوده که نشان از قلیایی بودن خاک دارند. این در حالی است که به دلیل شرایط طبیعی تشکیل خاک در دشت اثری از خاک‌های اسیدی (pH کمتر از هفت) دیده نمی‌شود. با توجه به این بررسی ۱۰۰ درصد خاک‌های دشت حالت قلیایی (pH بیش از هفت) دارند.

اسیدیته (pH) یکی از مهم‌ترین خصوصیت شیمیایی خاک است؛ زیرا قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک توسط گیاه و بسیاری از واکنش‌های شیمیایی خاک از جمله اکسیداسیون و احیا به این ویژگی خاک بستگی دارد. با توجه به جدول ۳ بیش از ۷۸ درصد خاک‌های

⁹ Mean Bias Error

¹⁰ Mean Absolute Relative Error

⁷ Root Mean Square Error

⁸ Normalized Root Mean Square Error

جدول ۳- دامنه تغییرات اسیدیته خاک‌های دشت قزوین به تفکیک مناطق مورد مطالعه

نام منطقه	< 7	$7 \leq < 8/0$	$\geq 8/0$
قزوین	۰	۸۲/۷	۱۷/۳
تاکستان	۰	۹۱/۱	۸/۹
بویین‌زهره	۰	۷۰/۲	۲۹/۸
آبیک	۰	۶۹/۵	۳۰/۵
کل دشت	۰	۷۸/۴	۲۱/۶

شوری

شوری خاک و آب آبیاری از جمله تهدیدهای مهم برای کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. یک خاک زمانی به‌عنوان خاک شور محسوب می‌گردد که میزان هدایت الکتریکی آن بیش از چهار دسی‌زیمنس بر متر باشد (USDA, 2008). مشکل شوری در ایران نه‌تنها مرتبط با خاک شور، بلکه با آب شور نیز هست. بر اساس آمار منتشره ۲۰ درصد اراضی کشور متأثر از شوری است (مؤمنی و همکاران، ۱۹۹۹). همچنین از مجموع ۱۰۰ میلیارد متر مکعب منابع آب کشور حدود ۱۰ میلیارد مترمکعب آن دارای شوری بیش از ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشند (شیعی، ۱۹۹۸).

در بحث شوری خاک ملاک تشخیص خاک شور از غیر شور هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک کمتر از دو دسی‌زیمنس بر متر است. بر این اساس ۴۷/۱ درصد اراضی دشت در زمره خاک‌های غیر شور قرار می‌گیرند. این در حالی است که ۳۹/۴ درصد اراضی مشکل کمی از نظر شوری دارند (هدایت الکتریکی بین ۲-۴ دسی‌زیمنس بر متر). بیشترین سهم اراضی شور در دشت از آن منطقه بویین‌زهره بوده که در مقادیر هدایت الکتریکی بالاتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر به‌تنهایی ۲۸/۱ درصد خاک‌های تحت بررسی را شامل می‌شود (جدول ۴).

جدول ۴- پراکنش هدایت الکتریکی خاک‌های دشت قزوین به تفکیک مناطق مورد مطالعه (درصد)

نام منطقه	$< 2^*$	$2 \leq < 4$	$4 \leq < 8$	$8 \leq < 16$	$16 \leq < 32$	≥ 32
قزوین	۴۷/۵	۴۵/۰	۵/۰	۲/۵	۰	۰
تاکستان	۵۵/۹	۳۵/۷	۷/۴	۱/۰	۰	۰
بویین‌زهره	۲۸/۴	۴۳/۵	۲۲/۲	۴/۳	۱/۲	۰/۴
آبیک	۵۶/۶	۳۳/۲	۷/۳	۲/۵	۰/۴	۰
کل دشت	۴۷/۰	۳۹/۴	۱۰/۵	۲/۶	۰/۴	۰/۱

* دامنه هدایت الکتریکی برحسب دسی‌زیمنس بر متر است

کربنات کلسیم معادل

کربنات کلسیم که در اینجا به‌عنوان درصد مواد خنثی شونده در خاک معرفی شده است، از ویژگی‌های مهم خاک بوده که نه‌تنها در تفسیر حاصلخیزی خاک از آن استفاده به‌عمل می‌آید، بلکه در طبقه‌بندی خاک‌ها نیز کاربرد دارد. به دلیل شرایط آهکی حاکم بر عمده خاک‌های کشور که دشت قزوین هم از آن مستثنی نیست، خاک‌های کشاورزی تحت تأثیر مقادیر آهک (کربنات کلسیم) هستند. بر اساس داده‌های جدول ۵ کلیه خاک‌های دشت

قزوین متأثر از مقادیر مختلف آهک بوده و دشت‌های تاکستان و بویین‌زهره در زمانی که این میزان کربنات کلسیم در مقادیر بالای ۱۵ درصد قرار گیرند، نسبت به سایر مناطق از میزان بیشتری برخوردار هستند. در این بررسی بیش از ۹۶ درصد اراضی دارای کربنات کلسیم بالای پنج درصد بوده که از این نظر متأثر از آهک هستند. در خاک‌های آهکی کانی‌های کربناتی به دلیل حالیت نسبتاً بالا، واکنش‌پذیری و خاصیت قلیایی، به صورت بافر عمل کرده و اسیدیته اکثر خاک‌ها در محدوده ۷/۵ تا

۸/۵ قرار می‌گیرد؛ بنابراین کربنات‌ها نقش مهمی در فرآیندهای خاکسازگی و واکنش‌های شیمیایی در این خاک‌ها بازی می‌کنند.

جدول ۵- پراکنش کربنات کلسیم خاک‌های دشت قزوین به تفکیک مناطق مورد مطالعه (درصد)

نام منطقه	< ۵	۵ ≤ - < ۱۰	۱۰ ≤ - < ۱۵	۱۵ ≤ - < ۲۰	۲۰ ≤ - < ۳۰	≥ ۳۰
قزوین	۹/۶*	۵۱/۰	۲۷/۴	۱۰/۴	۱/۶	۰
تاکستان	۱/۵	۱۳/۲	۲۱/۸	۳۱/۷	۳۰/۳	۱/۵
بویین‌زهره	۰/۲	۷/۰	۱۴/۲	۴۴/۴	۳۲/۹	۱/۳
آبیک	۱/۸	۳۲/۹	۱۹/۳	۲۷/۲	۱۸/۸	۰
کل دشت	۳/۳	۲۶/۰	۲۰/۷	۲۸/۴	۲۰/۹	۰/۷

* دامنه پراکنش کربنات کلسیم برحسب درصد است

مواد آلی خاک

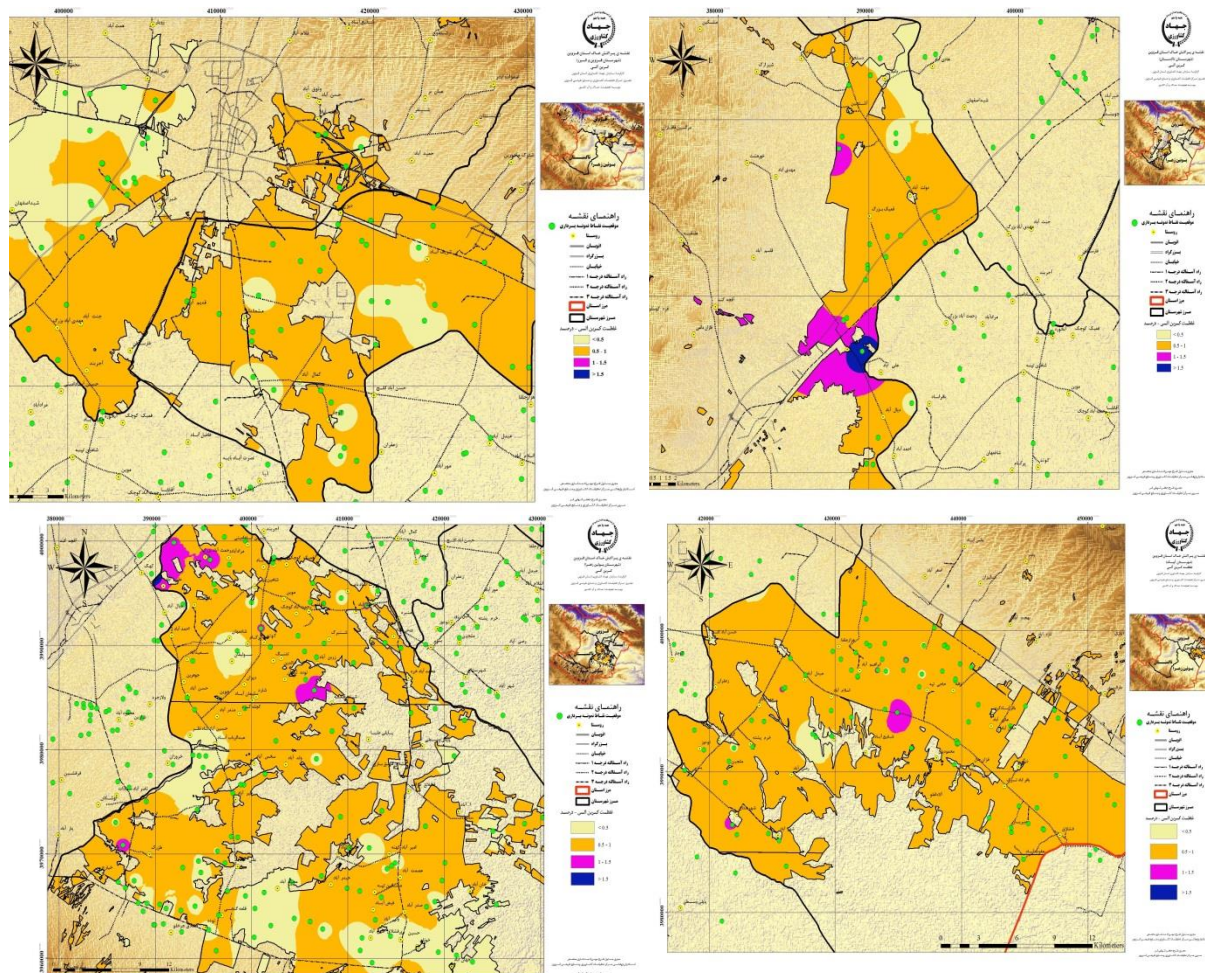
ماده آلی خاک شامل بقایای گیاهی و جانوری، سلول و بافت‌های جانداران خاک و مواد حاصل از ریشه و میکروب‌های خاک است. در بیشتر خاک‌ها ماده آلی خاک بین یک درصد (در صحراها) تا بیش از ۵۰ درصد وزنی در خاک‌های آلی (هیستوسول‌ها) می‌باشد (باربر، ۱۹۸۴). ماده آلی خاک، قلب کشاورزی پایدار است. در کشاورزی پایدار تمرکز بر سیستمی است که در آن تولید پایدار و اقتصادی باشد. از این منظر خاک بایستی از قابلیت لازم برای بروز کارکردهای خوب خود برخوردار باشد. خاک به‌عنوان بستر تولید، زمینه رسیدن به چنین رویکردی را فراهم می‌کند. در این بین ماده آلی به این کارکردها کمک معنی‌داری می‌کند. به عبارتی ماده آلی یک از شاخص‌های مهم کیفیت خاک می‌باشد (استیونسون، ۱۹۹۴؛ آنون، ۱۹۸۲). در تفسیر ویژگی ماده آلی در خاک از

کربن آلی به‌عنوان شاخص اندازه‌گیری استفاده می‌کنند. جدول ۶ توزیع اراضی کشاورزی را در دسته‌های مختلف کربن آلی در مناطق مختلف دشت قزوین نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود ۹۳/۵ درصد خاک‌های دشت کمتر از یک درصد کربن آلی دارند، این مسئله با توجه به اهمیت ماده آلی در تولید محصولات کشاورزی و محیط‌زیست می‌تواند چالشی مهم برای آینده کشاورزی استان قزوین باشد. عدم توجه به افزایش و نگهداری مواد آلی خاک می‌تواند در آینده نزدیک خسارات جبران‌ناپذیری به تولید پایدار کشاورزی وارد آورد. در شکل ۲ نقشه پراکنش کربن آلی در مناطق مختلف دشت نشان داده شده است. داده‌ها حاکی از کمبود شدید کربن آلی در اراضی تحت کشت گندم آبی است. به طوری که خاک‌های دارای کربن آلی کمتر از یک درصد بیش از ۹۰ درصد اراضی را شامل می‌گردد.

جدول ۶- پراکنش کربن آلی خاک‌های دشت قزوین به تفکیک مناطق مورد مطالعه (درصد)

نام منطقه	< ۰/۵*	۰/۵ ≤ - < ۱	۱ ≤ - < ۱/۵	≥ ۱/۵
قزوین	۴۱/۵	۵۴/۲	۳/۶	۰/۷
تاکستان	۳۲/۶	۵۶/۹	۹/۲	۱/۳
بویین‌زهره	۴۵/۳	۴۸/۳	۵/۵	۰/۹
آبیک	۴۴/۸	۵۰/۲	۴/۸	۰/۲
کل دشت	۴۱/۱	۵۲/۴	۵/۸	۰/۷

* دامنه پراکنش کربن آلی برحسب درصد است



شکل ۲- پراکنش کربن آلی در مناطق دشت قزوین

فسفر و پتاسیم

جداول ۶ و ۷ و وضعیت پراکنش فسفر و پتاسیم قابل جذب را در خاک‌های دشت قزوین به تفکیک مناطق مورد مطالعه نشان می‌دهند. فسفر و پتاسیم دو عنصر غذایی مهم در تولید محصول در شرایط خاک‌های آهکی هستند. درحالی که پراکنش فسفر در اراضی دشت‌های قزوین در محدوده‌های وسیع‌تری قرار دارد (جدول ۶)، اما پراکنش پتاسیم در دامنه‌های پایین (محدوده‌های کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم پتاسیم بر کیلوگرم خاک) کمتر بوده به‌طوری‌که اکثریت خاک‌های تحت بررسی از نظر میزان

پتاسیم قابل جذب بالا هستند (جدول ۷). چنانچه حد بحرانی فسفر در خاک به‌طور متوسط ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در نظر گرفته شود، حدود ۲۷ درصد اراضی دشت برای تولید گندم نیازی به استفاده از کودهای فسفوری ندارند. با در نظر گرفتن حد بحرانی ۲۰۰ میلی‌گرم پتاسیم بر کیلوگرم خاک بیش از ۹۵ درصد خاک‌های دشت نیازمند استفاده از کودهای حاوی پتاسیم نیستند. از نظر میزان فسفر و پتاسیم قابل جذب خاک‌های مناطق تحت بررسی منطقه قزوین بیشترین پراکنش فسفر بالا و منطقه بویین‌زهرا بیشترین پراکنش پتاسیم بالا را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۶- پراکنش فسفر قابل جذب خاک‌های دشت قزوین به تفکیک مناطق مورد مطالعه (درصد)

نام منطقه	فسفر قابل جذب		
	≥ 15	$10 < - 15$	$5 \leq - < 10$
قزوین	۳۵/۱	۱۷/۲	۲۸/۱
تاکستان	۲۱/۱	۱۸/۷	۳۸/۷
بویین‌زهرآ	۲۰/۱	۳۱/۴	۳۳/۸
آبیک	۲۶/۷	۱۹/۶	۳۵/۴
کل دشت	۲۵/۹	۲۱/۸	۳۴/۰

جدول ۷- پراکنش پتاسیم قابل جذب خاک‌های دشت قزوین به تفکیک مناطق مورد مطالعه (درصد)

نام منطقه	پتاسیم قابل جذب		
	≥ 300	$200 \leq - < 300$	$150 \leq - < 200$
قزوین	۷۹/۷	۱۶/۷	۳/۲
تاکستان	۸۲/۲	۱۰/۸	۲/۷
بویین‌زهرآ	۸۳/۳	۱۴/۴	۱/۷
آبیک	۹۰/۲	۸/۷	۱/۰
کل دشت	۸۳/۹	۱۲/۷	۲/۱

آهن

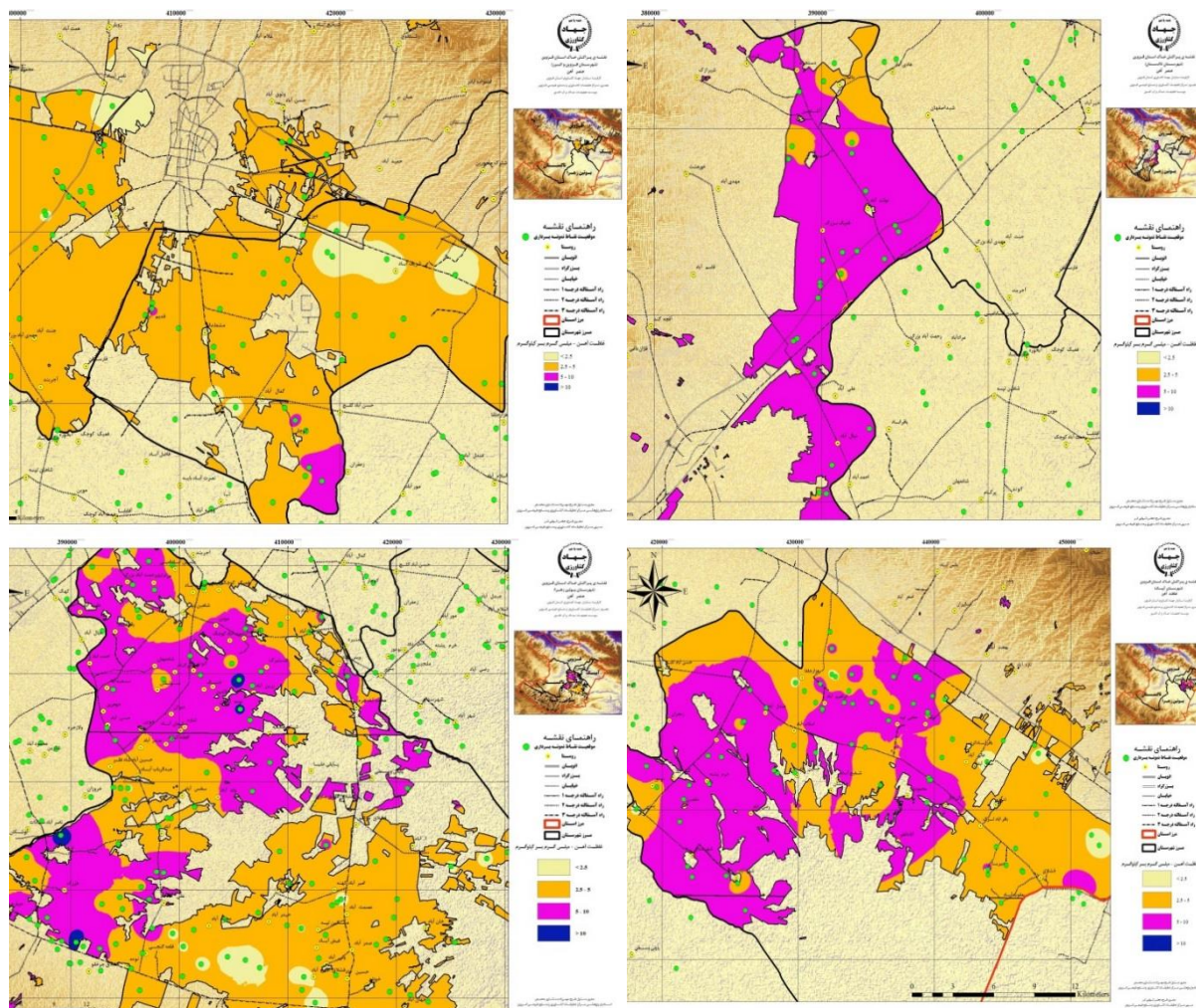
اراضی تحت مطالعه دچار کمبود آهن هستند. این کمبود ذاتی است یعنی اینکه خاک ذاتاً دچار کمبود آهن است. زمانی که شرایط آهک را در خاک در این مطالعه دخالت دهیم آنگاه کمبود آهن بیشتر جلب توجه می‌نماید. در بین مناطق مورد مطالعه قزوین و آبیک بیشترین کمبود این عنصر را نشان می‌دهند. نقشه پراکنش آهن در نقاط مختلف دشت قزوین در شکل ۳ نشان داده شده است. با در نظر گرفتن پنج میلی گرم بر کیلوگرم به عنوان حد بحرانی آهن قابل جذب در خاک، عمده مناطق تحت کشت گندم آبی استان دچار کمبود ذاتی این عنصر هستند.

در خاک‌های آهکی اندازه‌گیری آهن قابل جذب خاک با عصاره‌گیری خاک به روش DTPA تعیین می‌شود (لیندزی و نورول، ۱۹۷۸). حدود بحرانی آهن قابل جذب خاک با این روش ۲/۵ تا ۴/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمده است. در شرایط خاک‌های دشت قزوین با در نظر گرفتن کشت گندم به‌عنوان کشت غالب منطقه حد بحرانی آهن پنج میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شده است. بر این اساس و با استناد به داده‌های جدول ۸ حدود ۷۴ درصد

جدول ۸- پراکنش آهن خاک‌های دشت قزوین به تفکیک مناطق مورد مطالعه (درصد)

نام منطقه	≥ 10	$5 \leq - < 10$	< 5
قزوین	۰	۵	۹۵
تاکستان	۰	۵۰	۵۰
بویین‌زهرآ	۵	۳۱	۶۴
آبیک	۲	۸	۹۰
کل دشت	۱/۸	۲۳/۵	۷۴/۷

* دامنه پراکنش آهن برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم است



شکل ۳- نقشه پراکنش آهن در مناطق دشت قزوین

روی

در شرایط خاک‌های آهکی اندازه‌گیری روی قابل جذب خاک همانند آهن با عصاره‌گیری خاک به روش DTPA تعیین می‌شود. حدود بحرانی روی قابل جذب خاک با این روش ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست‌آمده است (لیندزی و نورول، ۱۹۷۸)؛ اما این حد با توجه به انجام پژوهش‌های انجام شده در استان یک میلی‌گرم روی

قابل جذب بر کیلوگرم خاک تعیین شده است. بر این اساس و با استناد به داده‌های جدول ۹ حدود ۶۴ درصد خاک‌های مورد بررسی دچار کمبود ذاتی روی قابل جذب هستند. منطقه تاکستان بیشترین تهدید از نظر کمبود روی بوده و حدود ۹۱ درصد اراضی این منطقه دچار کمبود این عنصر می‌باشند. پس از آن مناطق بوبین‌زهرا و آبیک قرار دارند. تنها هشت درصد اراضی نیازمند استفاده از کودهای حاوی روی برای تولید محصولات کشاورزی نیستند.

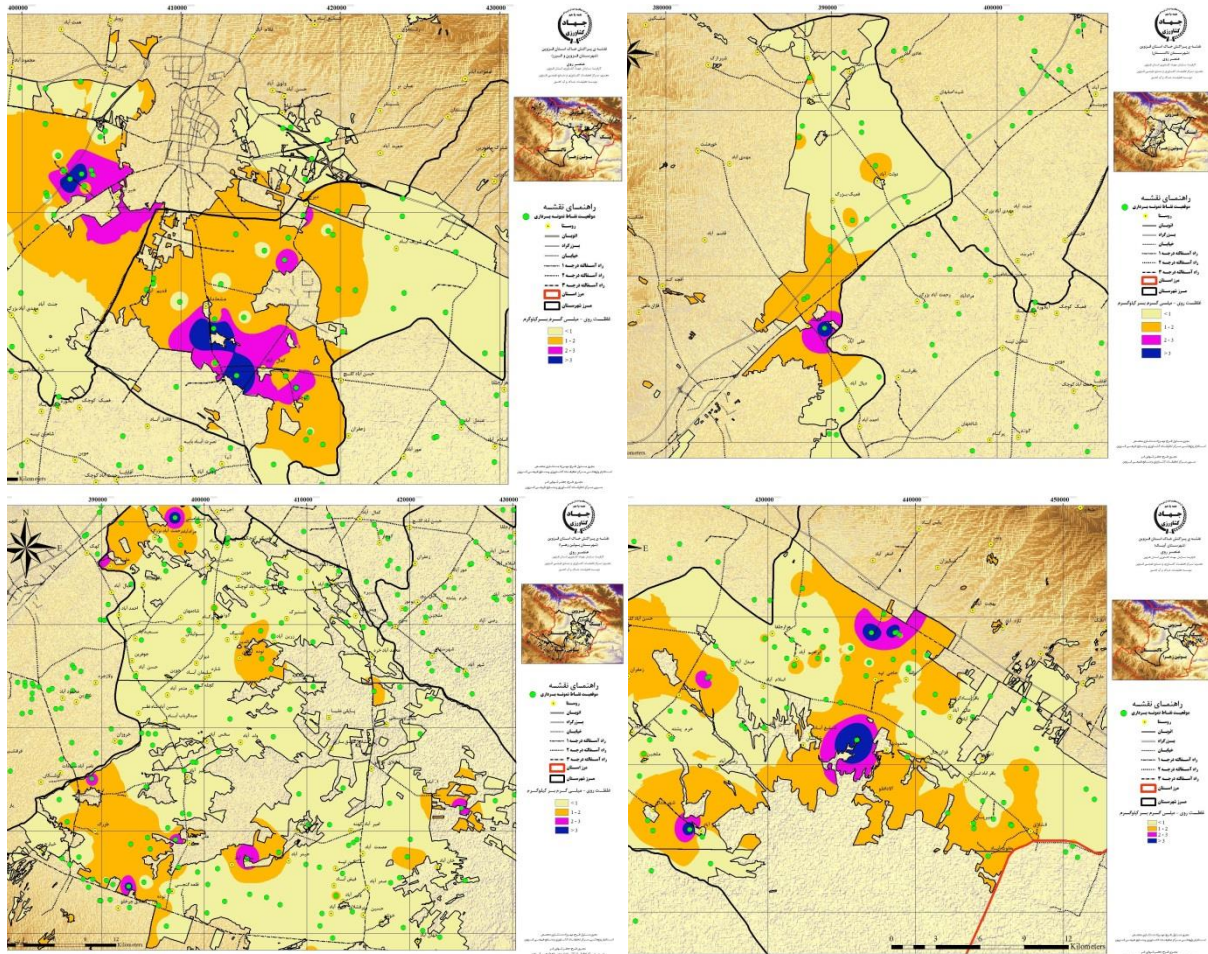
جدول ۹- پراکنش روی خاک‌های دشت قزوین به تفکیک مناطق مورد مطالعه (درصد)

نام منطقه	* < ۱	۱ ≤ - < ۳	≥ ۳
قزوین	۲۰	۶۰	۲۰
تاکستان	۹۰/۹	۶/۸	۲/۳
بوبین‌زهرا	۷۵	۲۳	۲
آبیک	۷۲	۲۰	۸
کل دشت	۶۴/۵	۲۷/۵	۸/۰

* دامنه پراکنش روی برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم است

۹۰ درصد اراضی تحت کشت گندم آبی در خاک‌های استان دچار کمبود ذاتی روی هستند.

در شکل ۴ پراکنش روی در نقاط مختلف دشت قزوین نشان داده شده است. با در نظر گرفتن حد بحرانی یک میلی‌گرم روی قابل جذب بر کیلوگرم خاک، بیش از



شکل ۴- نقشه پراکنش روی در مناطق دشت قزوین

مگنیز اختصاص داده است، لذا کمبود این عنصر در شرایط خاک‌های دشت جدی به نظر نمی‌آید. با توجه به داده‌های جدول ۹ تنها حدود ۱۷ درصد خاک‌های دشت نیازمند استفاده از کودهای حاوی منگنز هستند. منطقه تاکستان از این نظر با دارا بودن ۵۰ درصد خاک‌های کمتر از پنج میلی‌گرم منگنز بر کیلوگرم خاک بیشترین کمبود را نشان می‌دهد.

منگنز

جدول ۱۰ وضعیت خاک‌های دشت قزوین را از نظر منگنز قابل جذب نشان می‌دهد. سطح بحرانی منگنز از ۱ تا ۴/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم این عنصر حکایت دارد. نظر به اینکه پراکنش منگنز در محدوده‌های بیش از پنج میلی‌گرم بر کیلوگرم (سطح بحرانی به دست آمده در خاک‌های دشت قزوین) حدود ۸۳ درصد را به خود

جدول ۱۰- پراکنش منگنز خاک‌های دشت قزوین به تفکیک مناطق مورد مطالعه (درصد)

نام منطقه	$< 5^*$	$5 \leq < 10$	≥ 10
قزوین	۰	۴۵	۵۵
تاکستان	۵۰	۵۰	۰
بویین‌زهره	۵	۳۰	۶۵
آبیک	۱۴	۶۰	۲۶
کل دشت	۱۷/۳	۴۶/۲	۳۶/۵

* دامنه پراکنش روی برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم است

مس و بور

کشت گندم دشت قزوین یک میلی‌گرم بر کیلوگرم در نظر گرفته شود، ۲۷ درصد اراضی دشت نیازمند استفاده از کود حاوی بور هستند و در بین آن‌ها منطقه قزوین از شدت نیاز بیشتری برخوردار است. مقادیر گزارش شده برای حد بحرانی مس از ۲/۰ تا ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم متفاوت می‌باشد. چنانچه سطح بحرانی مس را یک میلی‌گرم بر کیلوگرم در نظر بگیریم، حدود ۳۰ درصد خاک‌های اراضی دشت قزوین دارای مس کمتر از این رقم بوده و نیازمند استفاده از مس به‌عنوان عنصر غذایی ضروری برای تولید محصول هستند. بیشترین مقدار مس خاک در منطقه تاکستان دیده می‌شود (جدول ۱۱).

بور از جمله عناصری است که حدود بحرانی، کفایت و بیش بود آن به هم نزدیک بوده لذا توصیه این عنصر به عنوان کود از دقت و حساسیت ویژه‌ای برخوردار است. مناطق دارای خاک و آب‌شور معمولاً از نظر غلظت این عنصر بالا بوده و در این مناطق نیازی به استفاده از کودهای حاوی بور نیست. با توجه به اینکه عمده مناطق شور و لب‌شور دشت قزوین در منطقه بویین‌زهره واقع است، لذا خاک‌های این مناطق در بین سایر مناطق مورد بررسی از میزان بور قابل جذب بیشتری برخوردارند (جدول ۱۱). چنانچه حد بحرانی بور برای خاک‌های تحت

جدول ۱۱- پراکنش بور و مس قابل جذب خاک‌های دشت قزوین به تفکیک مناطق مورد مطالعه (درصد)

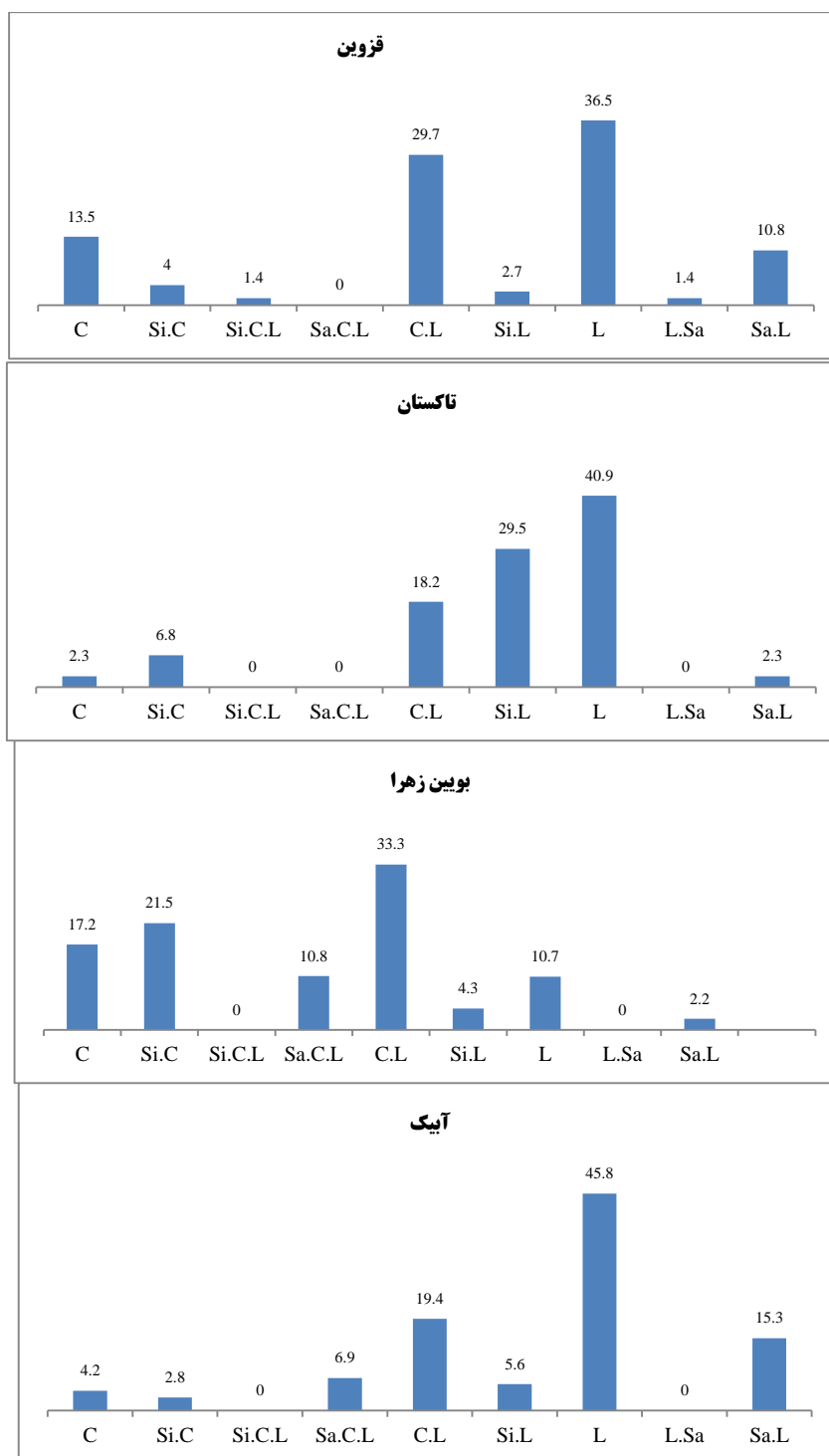
نام منطقه	بور قابل جذب		مس قابل جذب	
	$< 1^*$	$1 \leq < 3$	≥ 3	< 1
قزوین	۵۰	۳۵	۱۵	۴۰
تاکستان	۹/۱	۷۷/۳	۱۳/۶	۸۱/۹
بویین‌زهره	۱۱	۵۲	۳۷	۶۲
آبیک	۳۸	۵۰	۱۲	۶۴
کل دشت	۲۷/۰	۵۳/۶	۱۹/۴	۶۲/۰

* دامنه پراکنش بور و مس برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم است

بافت خاک

رس تعیین می‌شود. در مناطق قزوین، تاکستان و آبیک بیشترین گروه بافتی خاک از نوع لوم بوده که به ترتیب ۳۶/۵، ۴۰/۹ و ۴۸/۵ درصد را به خود اختصاص داده‌اند. گروه بافتی غالب در منطقه بویین‌زهره لوم رسی (C.L) بوده که ۳۳/۳ درصد اراضی را شامل می‌گردد (شکل ۲).

بافت خاک مهم‌ترین ویژگی فیزیکی خاک است که بر تولید محصول و مدیریت مزرعه مؤثر است. گروه بافتی یک خاک با اندازه‌گیری درصد ذرات شن، سیلت و



شکل ۵- پراکنش بافت خاک‌های مناطق مورد بررسی

نمود. بر پایه یافته‌های مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور (مشیری و همکاران، ۱۳۹۳) و مستندات موجود در استان (شهابی فر، ۱۳۹۳) به شرح ذیل توصیه می‌شود:

پیشنهادات ترویجی

وضعیت عناصر غذایی در گندمزارهای استان از نظر توزیع جغرافیایی یکسان نمی‌باشد. بنابراین لازم است جهت جلوگیری از افزایش هزینه تولید و دستیابی به تولید مطلوب از توصیه مصرف کود به‌طور یکسان خودداری

توصیه کاربرد کودهای پرمصرف

در مناطقی که میزان کربن آلی آن‌ها کمتر از ۰/۵ درصد است برای عملکردهای پایین (۳-۴ تن در هکتار) ۲۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و برای عملکردهای متوسط (۶-۵ تن در هکتار) ۳۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و برای عملکردهای بالا (بیش از هفت تن در هکتار) ۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار در دوره رشد گندم مصرف گردد. در مناطقی که میزان کربن آلی آن‌ها بین ۰/۵ تا ۱ درصد است برای عملکردهای پایین ۲۱۰ کیلوگرم اوره در هکتار و برای عملکردهای متوسط ۳۳۰ کیلوگرم اوره در هکتار و برای عملکردهای بالا ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار در دوره رشد گندم مصرف گردد.

در مناطقی که میزان فسفر قابل استفاده آن‌ها کمتر از پنج میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است برای عملکردهای پایین ۲۱۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار، برای عملکردهای متوسط ۲۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار و برای عملکردهای بالا ۳۱۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار در دوره رشد گندم مصرف گردد. در مناطقی که میزان فسفر قابل استفاده آن‌ها حاوی ۱۰-۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است برای عملکردهای پایین ۸۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار، برای عملکردهای متوسط ۱۴۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار و برای عملکردهای بالا ۱۷۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار در دوره رشد گندم مصرف گردد. در مناطقی که میزان فسفر قابل استفاده آن‌ها حاوی ۱۰-۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است برای عملکردهای پایین ۴۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار، برای عملکردهای متوسط ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار و برای عملکردهای بالا ۱۳۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار در زمان قبل از کشت گندم و پس از عملیات خاکورزی مصرف گردد.

در مناطقی که میزان پتاسیم قابل استفاده آن‌ها بین ۱۰۰-۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است برای عملکردهای پایین ۱۶۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار،

برای عملکردهای متوسط ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار و برای عملکردهای بالا ۲۳۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار در دوره رشد گندم مصرف گردد. در مناطقی که میزان پتاسیم قابل استفاده آن‌ها حاوی ۱۵۰-۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است برای عملکردهای پایین ۶۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار، برای عملکردهای متوسط ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار و برای عملکردهای بالا ۱۲۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار در زمان قبل از کشت گندم و پس از عملیات خاکورزی مصرف گردد.

توصیه کاربرد کودهای کم‌مصرف

در توصیه کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف با توجه به کمبود بسیار شدید آهن و روی توصیه کودهای حاوی این عناصر در درجه اول اهمیت هستند. نظر به اینکه استفاده از کودهای حاوی آهن تنها از منبع کلات و یا سکوسترین به صورت پایه و قبل از کشت امکان‌پذیر است، به دلیل کمیابی و گرانی این نوع کودها توصیه بر این است که کمبود آهن در دوره رشد گندم با محلول‌پاشی کلات‌های مایع و یا سولفات آهن تولید داخل که به خوبی جواب داده‌اند در زمان‌های فنولوژیکی رشد در پنجه‌زنی و ابتدای ساقه رفتن انجام پذیرد. برای رفع کمبود روی مصرف قبل از کشت کود حاوی این عنصر شامل سولفات روی در شرایط خاک‌های آهکی به خوبی جواب داده و برای مناطقی که میزان روی قابل استفاده آن‌ها کمتر از یک میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است، ۳۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار هر سه سال یک‌بار توصیه می‌گردد.

در مناطقی که میزان بور و مس قابل استفاده خاک کمتر از یک میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است، به ترتیب ۲۵ و ۲۰ کیلوگرم اسید بوریک و سولفات مس قبل از کشت گندم هر سه سال یک بار توصیه می‌گردد.

برای مناطقی که میزان منگنز آن‌ها در خاک کمتر از پنج میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است، به میزان ۳۰

کیلوگرم سولفات منگنز در هکتار هر سه سال یک بار توصیه می‌گردد.

جمع‌بندی

فسفر: چنانچه نقطه بحرانی فسفر در خاک ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در نظر گرفته شود، در این صورت برای کشت گندم در ۷۴/۱ درصد اراضی دشت قزوین نیازمند استفاده از کود فسفاته بوده که این میزان برای ۱۸/۳ درصد اراضی ۱۵۰، ۳۴/۰ درصد اراضی ۱۰۰ و ۲۱/۸ درصد اراضی ۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار برآورد می‌گردد.

پتاسیم: بررسی داده‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهد که دشت قزوین از ذخیره پتاسیم قابل جذب خوبی برخوردار است به طوری که با در نظر گرفتن نقطه بحرانی ۲۰۰ میلی‌گرم پتاسیم قابل جذب بر کیلوگرم خاک ۹۶/۶ درصد اراضی نیازمند استفاده از کود پتاسیمی برای کشت گندم نبوده و تنها ۳/۴ درصد اراضی به مقادیر کمتر از ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار نیاز دارند. آهن: با در نظر گرفتن نقطه بحرانی پنج میلی‌گرم بر کیلوگرم آهن قابل جذب در خاک به عنوان مرز میان کمبود و کفایت، دشت قزوین از نظر این عنصر کاملاً فقیر بوده به طوری که در ۷۴/۷ درصد اراضی دشت در زمان کشت گندم نیازمند استفاده از این کود بوده که مصرف پایه آن ۱۰ کیلوگرم در هکتار سکوسترین آهن هر سه سال یک بار و یا محلول‌پاشی در زمان‌های پنجه‌زنی، ابتدای ساقه رفتن و ابتدای خوشه رفتن در زمان داشت توصیه می‌گردد.

روی: با در نظر گرفتن نقطه بحرانی ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی قابل جذب در خاک به عنوان مرز میان کمبود و کفایت، دشت قزوین از نظر این عنصر کاملاً فقیر بوده به طوری که در ۶۴/۵ درصد اراضی دشت در زمان کشت گندم نیازمند استفاده از این کود بوده که مصرف پایه آن ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی خشک هر سه سال یک بار توصیه می‌گردد.

منگنز: چنانچه نقطه بحرانی منگنز در خاک‌های اراضی تحت کشت گندم پنج میلی‌گرم بر کیلوگرم منگنز قابل جذب در نظر گرفته شود، ۱۷/۳ درصد از اراضی تحت کشت گندم در دشت قزوین نیازمند استفاده از ۳۰ کیلوگرم سولفات منگنز در هکتار به صورت پایه در هر سه سال یک بار هستند.

بور: چنانچه نقطه بحرانی بور در خاک‌های اراضی تحت کشت گندم یک میلی‌گرم بر کیلوگرم بور قابل جذب در نظر گرفته شود، ۳۸ درصد از اراضی تحت کشت گندم در دشت قزوین نیازمند استفاده از ۲۵ کیلوگرم اسید باریک در هکتار به صورت پایه در هر سه سال یک بار هستند.

مس: چنانچه نقطه بحرانی مس در خاک‌های اراضی تحت کشت گندم ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس قابل جذب در نظر گرفته شود، ۳۲ درصد از اراضی تحت کشت گندم در دشت قزوین نیازمند استفاده از ۲۰ کیلوگرم سولفات مس در هکتار به صورت پایه در هر سه سال یک بار هستند.

فهرست منابع

۱. اسفندیاری، ف. قراچورلو، م. و عبادی الف. ۱۳۹۷. ارزیابی و برآورد مکانی سطح آب زیرزمینی در دشت سراب با استفاده از روش‌های مختلف درون‌یابی. جغرافیا و توسعه. شماره ۵۱، صفحه‌های ۶۵ تا ۸۰.
۲. بلالی، م. ر. ۱۳۸۴. تأثیر عناصر کم‌مصرف و اثر متقابل آن‌ها بر افزایش تولید گندم آبی. نشریه شماره ۱۲۰۳.
۳. موسسه تحقیقات خاک و آب.
۳. حسنی پاک ا.ع. ۱۳۹۲. زمین آمار. انتشارات دانشگاه تهران.

۴. خادمی، ز. ۱۳۸۴. "شناسایی و انتخاب هدفمند مکان‌های مطالعاتی در خاک‌های تحت کشت گندم". مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ایران.
۵. زندکریمی، الف. و مختاری، د. ۱۳۹۷. ارزیابی دقت روش‌های مختلف درون‌یابی در تخمین مقادیر بارش جهت انتخاب بهینه‌ترین الگوریتم (مطالعه موردی: استان کردستان). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۲، صفحه‌های ۳۳۳ تا ۳۳۸.
۶. سماوات، س. ۱۳۸۹. نقش مدیریت مواد آلی خاک در حاصلخیزی خاک (مسائل و محدودیت‌ها) (اولین کنگره چالش‌های کود در ایران)، تهران، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. https://www.civilica.com/Paper-FERTILIZER01-FERTILIZER01_051.html
۷. شهابی فر، ج. و مستشاری، م. ۱۳۹۳. تعیین پراکنش عناصر غذایی (پرمصرف و کم‌مصرف) در اراضی تحت کشت آبی استان قزوین. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی به شماره فروست ۴۵۷۱۹. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۸. شهبازی، ک. ۱۳۸۶. "تهیه بانک اطلاعات مکان‌دار حاصلخیزی خاک در کشور". مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ایران. شماره ۱۳۵۴.
۹. ضیائی‌ان، ع. ح. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۸. بررسی گلخانه‌ای اثرات مصرف آهن، منگنز، روی و مس بر تولید گندم در خاک‌های شدیداً آهکی استان فارس. مجموعه مقالات تغذیه متعادل گندم. انتشارات نشر آموزش کشاورزی. کرج. ایران.
۱۰. طهرانی، م. م. و پسنندیده، م. ح. داودی ۱۳۹۰. گزارش نهایی تعیین پراکنش و توصیه عناصر کم‌مصرف در اراضی تحت کشت آبی استان‌های گیلان، مازندران، همدان، کرمانشاه، آذربایجان و اصفهان. مؤسسه تحقیقات خاک و آب ایران. شماره ۱۶۱۸.
۱۱. طهرانی، م. م. و بلالی، ف. مشیری، ع. دریا شناس. ۱۳۹۱. توصیه و برآورد کود در ایران: چالش‌ها و راهکارها. مجله پژوهش‌های خاک، جلد ۲۶، شماره ۲، ۱۴۴-۱۲۴.
۱۲. علی‌احیائی، م. و ا. بهبهانی زاده. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. جلد اول. نشریه فنی شماره ۸۹۳ مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. ایران.
۱۳. علی‌احیائی، م. ۱۳۸۰. تهیه نقشه عناصر ریزمغذی در خاک‌های زراعی استان‌های کرمانشاه، تهران، قم و گرگان. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ایران. شماره ۱۲.
۱۴. غیبی، م. ح. سدری، ن. رشیدی، س. سعادت و ز. خادمی. ۱۳۹۳. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه گندم. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. کرج. ایران.
۱۵. فرنیاء، الف. قربانی، خ. و سالاری جزی، م. ۱۳۹۷. ارزیابی روش کریجینگ بی‌زن تجربی در پهنه‌بندی تراز آب زیرزمینی. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد ۲۵، شماره ۱، صفحه‌های ۱۶۵ تا ۱۸۲.
۱۶. کابوسی، ک. و مجیدی، ع. ۱۳۹۶. پهنه‌بندی تاریخ‌های کاشت و برداشت و طول مراحل رشد گندم دیم بر اساس - داده‌های بارش و دما در استان گلستان. نشریه زراعت دیم ایران، شماره ۱، صفحه‌های ۱۰۳ تا ۱۴۴.
۱۷. کاظمی، ح. و قربانی، خ. ۱۳۹۴. ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی به منظور تخمین و پهنه‌بندی متغیرهای بارش در ۱۶- اراضی کشاورزی شهرستان آق‌قلا جهت کشت دیم غلات پاییزه. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، شماره ۴، صفحه‌های ۱ تا ۲۳.

۱۸. نادى، م. جامعى، م. و بذرافشان ج. ۱۳۹۱. ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی داده‌های بارندگی ماهانه و سالانه (مطالعه موردی استان خوزستان). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۴، صفحه‌های ۱۱۷ تا ۱۳۰.
۱۹. مشیری، ف. ع. ا. شهابی، پ. کشاورز، ز. خوگر، و. فیضی اصل، م. ه. طهرانی، ه. اسدی رحمانی، س. سماوات، م. ن. غیبی، م. ح. سدری، ن. رشیدی، س. سعادت و ز. خادمی. ۱۳۹۳. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه گندم. موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج. ایران.
۲۰. ملکوتی، م. ج. پ. کشاورز و ن. ع. کریمیان. ۱۳۸۷. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. انتشارات مرکز نشر دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ایران.
۲۱. مومنی، ع. ۱۳۸۹. پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران. پژوهش‌های خاک، دوره ۲۴، شماره ۳. صفحه‌های ۲۱۵-۲۰۳.
22. Aishah, AW. S., Zauyah, A.R., Anuar, and CI. Fauziah,. 2010. Spatial variability of selected chemical characteristics of paddy soils in Sawash Sempadon, Selangor, Malaysia. *Malaysi. Journal of Soil Science*. 14: 1. 27-39.
23. Allison, L.E., and CD. Moodi. 1962. Carbonates. PP 1379-1396. In: C.A. Black et al. (ed), *Methods of Soil Analysis*. Part 2, Am. Soc Agron., Madison, WI.
24. Anghiononi, I., VC. Baligar. and R.J. Wright. 1996. Phosphorus sorption isotherm characteristics and availability parameters of Appalachian acidic soils. *Communication of Soil Science and Plant Analysis*. 27: 2033-2048.
25. Anon. 1982. Organic material and soil productivity in the near east. FAO. *Soil Bulletin*, No. 45.
26. Asadzadeh, F., A., Akbarzadeh, AA. Zolfaghari, R., Taghizadeh Mehrjardi, M., Mehrabani, H., Rahimi Lake, and MA. Sabeti. 2012. Study and comparison of some geostatistical methods for mapping cation exchange capacity in soils of northern Iran. *Annals of Faculty Engineering Hunedoara*. 1: 1. 59-66.
27. Barber, S. A. 1984. *Soil nutrient bioavailability*. John Wiley and Sons Pub. New York.
28. Behera, SK., RK. Mathur, AK., Shukla, K., Suresh, and C., Prakash. 2018. Spatial variability of soil properties and delineation of soil management zones of oil palm plantations grown in a hot and humid tropical region of southern India. *Catena*. 165: 251-259.
29. Bogunovic, I., S., Trevisani, M., Seput, D., Juzbasic, and B. Durdevic. 2017. Short-range and regional spatial variability of soil chemical properties in an agro-ecosystem in eastern Croatia. *Catena*. 154: 50-62.
30. Bouyoucos. C. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agronomy Journal*. 45: 464-465.
31. Cakmak, I., A., Yilmaz, M., Kalayci, H., Ekiz, B., Torun, B., Erenoglu, and H.J. Brown. 1996. Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in central Anatolia. *Plant Soil*. 180, 165-172.
32. Isimail, MH. and R., Junusi. 2009. Determining and mapping soil nutrient content using geostatistical technique in a Durian orchard in Malaysia. *Journal of Agricultural Science*. 1: 1. 86-91.
33. Kravchenko, AN., and DG. Bullock. 1999. A comparative study of interpolation methods for mapping soil properties. *Journal of Agronomy* 91: 393-400.
34. Kumar, S., and R., Lal. 2011. Mapping the organic carbon stocks of surface soils using local spatial interpolator. *Journal of Environmental Monitoring*, 13(11): 3128-35.
35. Kuo, S. 1996. Phosphorus. In D.L. Sparks (Ed.), *Methods of soil analysis*. (pp. 869-921). SSSA. Madison, Wisconsin, USA.

36. Mondal A, Khare D, Kundu S, Mondal S, Mukherjee S and Mukhopadhyay A, 2017. Spatial soil organic carbon (SOC) prediction by regression kriging using remote sensing data. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 1: 61-70.
37. Mortvedt, JJ. 1991. Correcting iron deficiencies in annual and perennial: present technologies and future prospects in L. Y. chem and Y. Hadar (Eds). *Iron Nutrition and Interaction in plants*. Pp. 315-321. Kluwer Academic Publisher. The Netherlands.
38. Nazarifar, MH, Momeni R and Kanani MH, 2014. Comparison of spatial interpolation methods for wheat water requirement and its temporal distribution in Hamedan province (IRAN). *Journal of Urban and Environmental Engineering* 2: 218-224.
39. Omran, ESE. 2012. Improving the prediction accuracy of soil mapping through geostatistics. *International Journal of Geosciences*. 3: 574-590.
40. Ramzan, Sh., and MA, Wani, 2018. Geographic information system and geostatistical techniques to characterize spatial variability of soil micronutrients including toxic metals in an agricultural farm. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 49: 4. 463-477.
41. Robinson, TP., and G., Metternicht. 2006. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. *Computers and Electronics in Agriculture*, 50: 97-108.
42. Rosemary, F., UWA, Vitharana, S.P., Indraratne, R., Weerasooriya, and U., Mishra. 2017. Exploring the spatial variability of soil properties in an Alfisol soil catena. *Catena*. 150: 53-61.
43. Rowell, DL. 1994. *Soil Science: Methods and Application*. Longman Group, Harlow.
44. Sharma, S.K. and F., Lal. 1993. Estimation of critical limit of DTPA zinc for wheat in polluters of southern Rajasthan. *Indian Society of Soil Science*. 41 (1) 197-198.
45. Shiati, K. 1998. Brackish water as a source of irrigation: behavior and management of salt-affected reservoirs (Iran). In: 10th Afro-Asian Conf. Bali, Indonesia.
46. Smith, P. 2005. An overview of the permanence of soil organic carbon stocks: influence of 1429 direct human-induced, indirect and natural effects. *European Journal of Soil Science*, 56, 673-680.
47. Stevenson, FG. 1994. *Humus Chemistry*. John Wiley and Sons Pub. New York.
48. Takkar, PN. and C.D., Walker. 1993. *The distribution and correction of zinc deficiency in soils and plants* (Ed: Rabson, A.D.). Kluwer Academic pub.
49. Tandon, H. 1995. *Micronutrients in soil crops and fertilizers*. Fertilizer Development and consultation organization, New Delhi, India.
50. Thomas, GW. 1996. Soil pH and soil acidity. In "Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods" (Ed. D.L. Sparks). Pages 475-490. Soil Science Society America. Madison, WI. USDA-ARS. 2008. Research Databases. Bibliography on Salt Tolerance.
51. George E. Brown, Jr. Salinity Lab. <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8908>.
52. Vasu, D., SK., Singh, N., Sahu, P., Tiwary, VP. Duraisami, V., Ramamurthy, M., Lalitha, and B. Kalaiselvi, 2017. Assessment of spatial variability of soil properties using geospatial techniques for farm level nutrient management. *Soil and Tillage Research*. 169: 25-34.
53. Walkey, A., and I.A., Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid in soil analysis. 1. Experimental. *Soil Science*, 79: 459-465.

Study of soil fertility of wheat farms in Qazvin Plain Some extension guidelines

J. Shahabifar ¹

Assistant Professor, Soil and Water Research Division, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qazvin, Iran. Shahabifar1@yahoo.com

Received: September 2018, Accepted: June 2019

Abstract

Enhancements in crop yield and quality depend on proper use of chemical fertilizers, the most important tool for which is a comprehensive understanding and accurate knowledge of the fertility status of the soil under cultivation. The present study presents a review of the fertility of soils under wheat cultivation in Qazvin Plain in an attempt to formulate extension guidelines for facing the challenges due to soil limitations hindering satisfactory wheat yield. For this purpose, use was made of 43120 soil analytical data obtained from 2695 samples collected from Qazvin Plain to study the 12 soil physicochemical properties of soil texture, pH, and EC as well as lime, organic carbon, phosphorus, potassium, iron, copper, manganese, and boron contents. The results showed that, while a major portion of the soils studied was loam, more than 78% were alkaline in nature with pH values of 7 to 8. Also, the soils were found to suffer from such limitations as deficient available K, manganese, copper, and boron. Given an electrical conductivity of less than 2 dS m⁻¹ obtained for the soil saturation extract, 47.1% of the soils in the plain were identified as non-saline. Calcium carbonate accounted for more than 96% of the soils as affected by lime. Moreover, the soils were drastically deficient in organic content as revealed by the organic carbon index that indicated an organic carbon content of less than 1% in 93.5% of the soils examined. Critical phosphorus and potassium levels were measured at 15 and 300 mg kg⁻¹, respectively, indicating 27% of the soils in need of phosphorus fertilizer application but more than 80% in no need of potassium fertilizers. The critical levels of iron, zinc, manganese, boron, and copper were measured at 5, 1, 5, 1, and 1mg kg⁻¹, respectively, such that about 74% of the studied areas suffered from iron deficiency, 64% from zinc deficiency, 17% from manganese deficiency, 27% from boron deficiency, and about 30% from copper deficiency. Thus, soil micronutrients were not uniformly distributed across the wheat farms. It is, therefore, essential to formulate recommendations duly based on plant needs and to avoid uniform application of the same fertilizers on all soils with different deficiencies in order to achieve desirable yields at lower production costs.

Keywords: Lime, Soil fertility, Food elements, Micronutrients

¹ Corresponding author: Department of of Soil and Water Research Section, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Qazvin, Iran.