

بررسی وضعیت حاصلخیزی خاک‌های شالیزاری استان گیلان

ناصر دوات گر^۱، احمد زارع، مریم شکوری کتیگری، لیلا رضائی، مسعود کاوسی، هادی شیخ‌الاسلام، مجتبی شاه‌نظری، احسان کهنه، احمد شیرین‌فکر، ایرج بنیادی، شایگان ادیبی، اسماعیل مشیرطالش، علی خداشناس، حسن شکری واحد، فرحناز دریغ‌گفتار، سید اکبر رحیمی مقدم و علی آجیلی لاهیجی

استادیار پژوهشی موسسه تحقیقات خاک و آب، n_davatgar@yahoo.com

کارشناس ارشد سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان. کارشناس ارشد آزمایشگاه خاکشناسی موسسه تحقیقات برنج کشور، کارشناس ارشد آزمایشگاه خاکشناسی موسسه تحقیقات برنج کشور، دانشیار پژوهشی موسسه تحقیقات برنج کشور، کارشناس ارشد آزمایشگاه خصوصی گیلان، کارشناس ارشد سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان، محقق مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، مربی پژوهش موسسه تحقیقات چای کشور، کارشناس ارشد سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان، کارشناس ارشد سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان، کارشناس ارشد سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان، کارشناس ارشد سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان، مربی پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور، کارشناس آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات برنج کشور، کارشناس ارشد سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان، کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان.

دریافت: بهمن ۱۳۹۳ و پذیرش: آذر ۱۳۹۴

چکیده

مصرف منطقی کودهای شیمیایی در خاک به آگاهی از چگونگی وضعیت حاصلخیزی و عناصر غذایی در خاک وابسته است. یکی از رهیافت‌ها، استفاده از کشاورزی دقیق بر پایه شناخت جامع و صحیح وضعیت حاصلخیزی خاک‌های کشاورزی است. بر این اساس تهیه نقشه تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک مرحله کلیدی در کاربرد کشاورزی دقیق است که براساس آن نهاده‌های کشت به صورت نظام مند برنامه‌ریزی، مدیریت و مصرف می‌گردد. هدف از انجام این تحقیق بررسی جامع وضعیت حاصلخیزی اراضی استان گیلان و بازنمایی آن با استفاده از GIS در قالب نقشه است. هفت ویژگی نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل‌استفاده، pH، هدایت الکتریکی، کربن آلی و رس در ۸۵۶۷ نمونه خاک با استفاده از آمار توصیفی، زمین آمار و GIS مورد بررسی قرار گرفتند. پهنه‌بندی آنها نشان داد که بیشتر خاک‌های استان از نظر pH و هدایت الکتریکی، برای رشد گیاه برنج مطلوب بوده، در حالی که از نظر نیتروژن کل، پتاسیم و فسفر قابل استفاده نیاز به مدیریت جامع دارد. در بسیاری از اراضی شالیزاری واقع در محدوده دشت مرکزی گیلان (با خاک‌های غالب آبرفتی) حوضه آبریز سپیدرود کمبود نیتروژن وجود داشت. در این محدوده‌ها احتمال پاسخ خاک به کودهای نیتروژنه زیاد است. نزدیک به ۴۰ درصد از سطح اراضی مصرف کودهای فسفاته توسط کشاورزان کمتر از حد بحرانی است. اراضی زراعی استان گیلان از نظر پتاسیم قابل‌استفاده به دو نیمه غربی و شرقی تقسیم گردید. بیشتر مناطق نیمه غربی دارای پتاسیم قابل-استفاده پایین بوده در حالی که نیمه شرقی استان که متاثر از رودخانه سفیدرود و آورد رسوب می‌باشند از وضعیت مناسبتری برخوردار بود. نزدیک به ۶۸ درصد از سطح اراضی استان دارای پتاسیم قابل استفاده کمتر از حد بحرانی ۱۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم برای برنج بودند. این نتایج نشان داد که وضعیت عناصر غذایی در شالیزارهای 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 به طور یکسان، خودداری نمود.

واژه‌های کلیدی: اراضی شالیزاری، پهنه‌بندی، زمین‌آمار، وضعیت حاصلخیزی.

^۱ - آدرس نویسنده مسئول: کرج، میدان استاندارد، خیابان مشکین دشت، بعد از رزکان نو، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات خاک و آب

مقدمه

مکانی و موضعی ویژگی‌های خاک و عدم نیاز به دریافت یکنواخت نهاده‌ها مدیریتی بهینه محسوب نمی‌شود، زیرا این نوع مدیریت، عواقب زیست محیطی و اقتصادی نامطلوبی را به دنبال دارد (آدریانا، ۲۰۰۷). پیشرفت‌های سریع تکنولوژی سبب افزایش راندمان استفاده از کودها از طریق استفاده از آنها مطابق با شرایط خاص در مزرعه (کمبود و یا بیش‌بود عناصر غذایی) شده است. کاربرد مؤثر این تکنولوژی به صحت تشخیص تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک که در استفاده از کودها مؤثرند، بستگی دارد (گاتوی و همکاران، ۱۹۹۶).

شهبازی و بشارتی (۱۳۹۲) با مطالعه داده‌های حاصلخیزی خاک ۳۱۵ هزار داده مربوط به ۵۰ هزار نمونه خاک تجزیه شده در آزمایشگاههای خاک و آب مراکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ۳۰ استان کشور در فاصله سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۱ نشان دادند که چنانچه حد بحرانی فسفر و پتاسیم به ترتیب ۱۵ و ۱۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در نظر گرفته شود، میزان فسفر ۷۱/۸ درصد خاکهای کشور کمتر از حد بحرانی فسفر و میزان پتاسیم ۲۱ درصد از خاکها کمتر از حد بحرانی پتاسیم می‌باشد. میزان مواد آلی خاکهای کشور بسیار پائین بوده به طوری که ۶۳/۲ درصد خاکهای کشور کمتر از ۱٪ کربن آلی دارند. اما تعیین موقعیت مکانی نواحی کمبود به علت آنکه داده‌ها فاقد مختصات مکانی بودند امکان پذیر نشد. اسماعی‌لو و جونوسی (۲۰۰۹) تغییرات مکانی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در مالزی با استفاده از روش‌های زمین‌آماری مورد بررسی قراردادند. نقشه‌های تخمین این خاک‌ها نشان دادند که مناطقی از این باغ دارای کمبود نیتروژن می‌باشد درحالی‌که مقادیر فسفر و پتاسیم در حد کفایت است. آیشاهو همکاران (۲۰۱۰) به بررسی خصوصیات شیمیایی خاک شالیزاری در مالزی پرداختند. نقشه‌های حاصل از روش کریجینگ نشان داد که بخشی وسیعی از منطقه دارای نیتروژن اضافی است.

در تجزیه و تحلیل خاک به منظور تولید محصولات زراعی، حاصلخیزی خاک بیشترین توجه را به خود معطوف نموده است. برای افزایش حاصلخیزی و باروری خاک استفاده از نهاده‌های کشاورزی مانند کود امری مرسوم است. مصرف منطقی کودهای شیمیایی در خاک وابسته به آگاهی از چگونگی وضعیت و عرضه بومی عناصر غذایی در خاک می‌باشد که امکان دارد کشاورزان بدان دسترسی نداشته باشند. توصیه کودی بر مبنای آزمون خاک و تجزیه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اگرچه روش علمی، صحیح و متداول در بیشتر کشورهای پیشرفته است، اما این روش در کشور ایران از کاربرد و پیشرفت کمی برخوردار بوده است. از علت‌های آن عدم استفاده از پهنه و بازنمایی عناصر غذایی (به علت کوچک بودن سطح زیرکشت هر کشاورز و در نتیجه نیاز به تعداد نمونه خاک بسیار زیاد و محدودیت تعداد و امکانات آزمایشگاهی خاک کشور است (فلاح، ۱۳۷۸).

یکی از رهیافت‌ها برای کاهش هزینه تولید محصولات کشاورزی و افزایش عملکرد در واحد سطح، استفاده از کشاورزی دقیق است. پیش‌نیاز استفاده از این تکنولوژی جدید، شناخت جامع و صحیح وضعیت حاصلخیزی خاک‌های کشاورزی است. بر این اساس تهیه نقشه تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک مرحله کلیدی در کاربرد کشاورزی دقیق است که بر اساس آن نهاده‌های کشت به صورت نظام‌دار برنامه‌ریزی، مدیریت و مصرف می‌گردد (روبرت، ۱۹۹۹). نقشه‌ها تغییرات مکانی ویژگی‌های مختلف خاک را به خوبی نشان می‌دهند. تهیه نقشه ویژگی‌های خاک این امکان را فراهم می‌کند که توصیه‌های کودی و مدیریت زراعی دقیقاً منطبق با گروه‌بندی‌های مختلف ویژگی‌ها و کیفیت خاک باشد امروزه توصیه کودی بر اساس میانگین عناصر تغذیه در مزرعه و سپس اعمال یکنواخت کودها به خاک مزرعه، به علت عدم در نظر گرفتن غیر یکنواختی و تغییرپذیری

داده‌ها لازم دانستند. این آمارها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) محاسبه شدند. از آزمون معنی‌دار بودن چولگی برای تشخیص نرمال بودن داده‌ها استفاده گردید (بالاسوندرام و همکاران، ۲۰۰۸). آمار مکانی به بررسی متغیرهایی می‌پردازد که دارای ساختار مکانی هستند و یا به عبارتی بین مقادیر، فاصله و جهت قرار گرفتن مقادیر ارتباطی مکانی وجود دارد (حسنی‌پاک، ۱۳۷۷). آنالیزهای زمین‌آماري در بهترین حالت با داده‌هایی انجام می‌شود که دارای توزیع نرمال هستند. در صورتی که متغیر مورد نظر توزیع نرمال نداشته باشد باید با استفاده از روشهای تبدیل داده‌ها توزیع متغیر مورد نظر را تبدیل به نرمال نمود (حسنی‌پاک، ۱۳۸۶). برای ارزیابی ساختار مکانی از نیم‌تغییرنا استفاده شد. نیم‌تغییرنا میانگین مربع اختلاف بین جفت مقادیر $Z(x)$ و $Z(x+h)$ است که در فاصله h از یکدیگر قرار دارند (محمدی، ۱۳۸۵):

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

که در آن:

N زوج مشاهدات، $Z(x_i)$ و $Z(x_i+h)$ مقدار متغیر در دو نقطه است که به فاصله h از هم قرار دارند. برای برآزش بهترین مدل تئوری (خطی، نمایی و کروی) بر نیم‌تغییرنمای تجربی از مجموع مربعات باقیمانده (RSS) و ضریب تبیین (R^2) استفاده شد (سان و همکاران، ۲۰۰۳ و شونینگ و همکاران، ۲۰۰۶). برای مدل‌سازی نیم‌تغییرنا از نرم‌افزار GS+ (Version 5.1) استفاده شد. برای آن گروه از متغیرها که توزیع فراوانی غیر نرمال داشتند، ابتدا داده‌ها با استفاده از تبدیل مناسب به توزیع فراوانی نرمال تبدیل و سپس برآزش مدل نیم‌تغییرنا بر داده‌های تبدیل یافته انجام گردید. برای پهنه‌بندی ویژگی‌های خاک در مواردی که تغییرات نظام‌دار و همبستگی مکانی در بین نمونه‌ها وجود داشت از کریجینگ بلوکی و در شرایط استقلال مکانی و غالب بودن تغییرات تصادفی در نمونه‌ها از روش وزن‌دهی عکس‌فاصله استفاده شد.

هدف از تحقیق حاضر مطالعه تعیین وضعیت ویژگی‌های pH، هدایت الکتریکی، کربن‌آلی و عناصر غذایی نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل‌استفاده و تهیه نقشه حاصلخیزی و عناصر غذایی در مناطق زراعی استان گیلان بود. انتظار بر این است با استفاده از نتایج این مطالعات بتوان با توصیه‌های صحیح کودی از اتلاف سرمایه در اثر مصرف نامتعادل و غیرضروری کود و نیز از آلودگی محیط‌زیست جلوگیری شود.

مواد و روشها

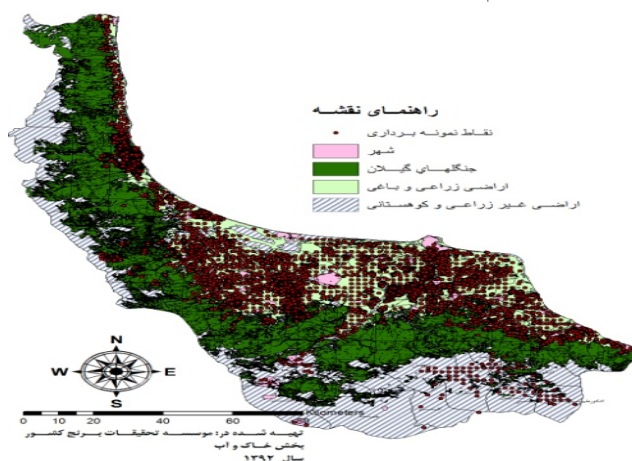
استان گیلان یکی از استان‌های شمالی کشور با مساحت ۱۴۷۱۱ کیلومتر مربع می‌باشد. این استان در ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی از نصف النهار قرار گرفته است. در این مطالعه از ویژگی‌های نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل‌استفاده، هدایت الکتریکی، کربن‌آلی، رس و pH در ۸۵۶۷ نمونه از بانک داده خاک مؤسسه تحقیقات برنج کشور (این نمونه‌ها مربوط به بازه زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۲) است که از آزمایشگاه‌های مختلف مراکز تحقیقاتی و خصوصی استان گیلان جمع‌آوری و در آزمایشگاه شیمی خاک مؤسسه تحقیقات برنج کشور نگهداری می‌شود. برای آنالیز آمار توصیفی، آمار مکانی و پهنه‌بندی استفاده گردید. موقعیت جغرافیایی نمونه خاکها در استان گیلان در شکل ۱ نشان داده شده است. بخشی از اطلاعات داده‌های خاک که مربوط به باغات چای، زیتون و گندم بودند از مجموعه داده‌ها کنار گذاشته شدند.

آمار توصیفی و مکانی

مهمترین آمارهای توصیفی عبارت بودند از شاخص‌های موقعیت توزیع (میانگین)، شاخص‌های پراکنش و شکل توزیع (حداقل و حداکثر، واریانس، چولگی و ضریب تغییرات). وانگ و همکاران (۲۰۰۹) آمارهای توصیفی را جهت بررسی تمرکز و پراکندگی

GIS (نسخه ۹.۱) استفاده گردید.

برای پهنه‌بندی ویژگی‌های خاک از نرم‌افزار Arc



شکل ۱- نقشه توزیع نمونه خاک‌ها در استان گیلان

بحث و نتیجه‌گیری

آمار توصیفی

نتایج آمار توصیفی در جدول ۱ نشان داده شدند. بر پایه تقسیم‌بندی ویلدینگ و درس (۱۹۸۳) پارامتر ضریب تغییرات (CV) کمتر از ۱۵ درصد تغییرات کم، بین ۱۵ تا ۳۵ درصد تغییرات متوسط و بیش از ۳۵ درصد تغییرات زیاد را نشان می‌دهد. براین اساس ضریب تغییرات تقریباً در تمام ویژگی‌های مطالعه شده به جز pH زیاد است.

این افزایش غیر یکنواختی به دلایل متفاوت مانند تفاوت در واحد فیزیوگرافی، تفاوت در اقلیم، تفاوت در کاربری اراضی، تیپ خاک‌های متفاوت، تفاوت در مدیریت کاشت، داشت و برداشت گیاهان زراعی و باغی خاک است. فسفر قابل استفاده دارای بیشترین مقدار ضریب تغییرات (۱۵۴ درصد) و pH کمترین (کمتر از ۲۲ درصد) است، در حالی که بقیه ویژگی‌ها دارای ضریب تغییرات بین ۲۰٪ تا ۷۰٪ هستند. ضریب تغییرات بالای فسفر قابل استفاده را می‌توان به تحرک پایین این عنصر و در نتیجه تغییرات موضعی آن مرتبط ساخت (بری و همکاران، ۲۰۰۳). داهیا و همکاران (۱۹۸۴) نشان دادند که متغیرهای با ضریب تغییرات بالا، بیشتر تحت اثر عملیات مدیریتی قرار دارند. در این شرایط به تعداد نمونه بیشتری نیاز است تا برآوردها از صحت و دقت مطلوب

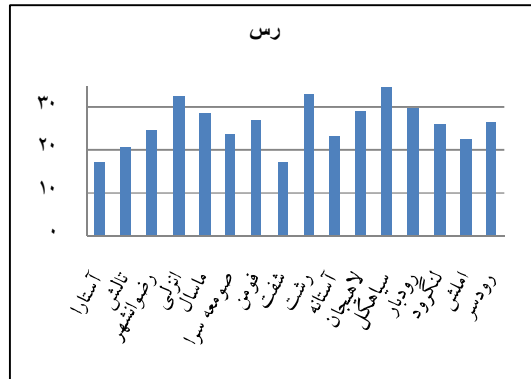
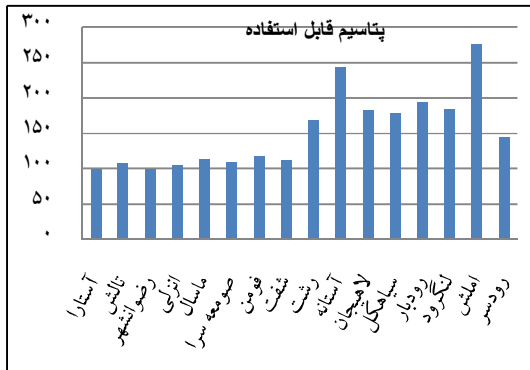
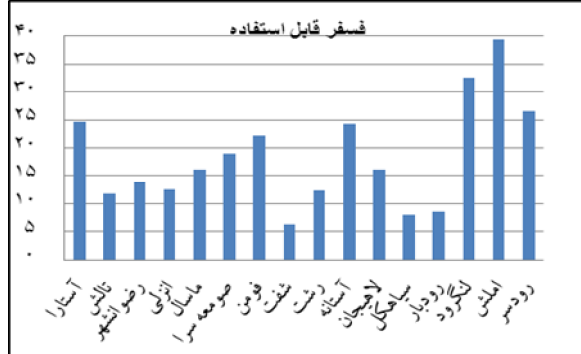
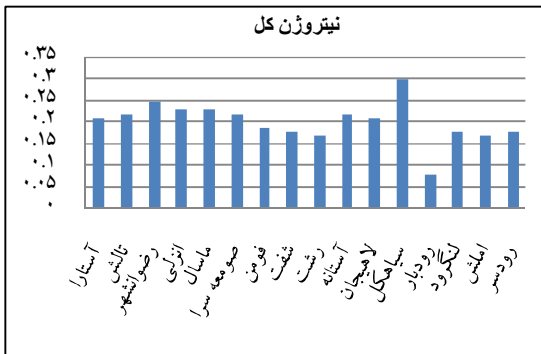
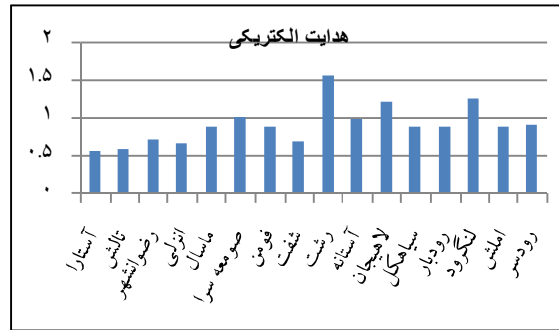
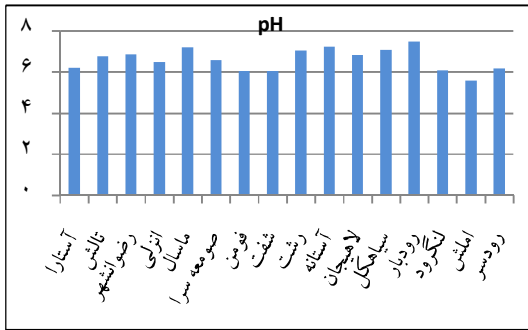
برخوردار شود. ژونگ و همکاران (۲۰۰۸) نیز اعلام کردند که بالا بودن ضریب تغییرات در متغیرهای حاصلخیزی خاک نشان‌دهنده تغییرات مکانی شدید است و در این شرایط استفاده از الگوی نرخ متغیر در مصرف کود می‌تواند در بهبود عملکرد مؤثر باشد.

میانگین pH در استان گیلان ۶/۷ بوده که برای رشد گیاه برنج به عنوان کشت غالب مناسب می‌باشد. برای تولید گیاهچه‌های برنج، واکنش محیط کشت باید تا حدودی اسیدی (در حدود شش) باشد (اصفهانی و همکاران، ۱۳۸۸). پایین بودن pH خاک می‌تواند از طریق افزایش حلالیت آهن و منگنز و ایجاد سمیت این عناصر مشکلات متعددی برای گیاه برنج به همراه داشته باشد. استان گیلان مرطوب‌ترین استان کشور و همچنین مرطوب‌ترین منطقه از سواحل جنوبی دریای خزر می‌باشد. ارتفاعات البرز مانند یک سد کوهستانی از انتقال رطوبت دریای خزر به سمت فلات داخلی ایران جلوگیری می‌کنند و موجب افزایش رطوبت و بارندگی در این ناحیه می‌شوند. بارندگی زیاد سالانه می‌تواند بر میزان آبشویی و انتقال کاتیونهای بازی به افق‌هایی زیرین و در نتیجه کاهش pH خاکهای سطحی تأثیر زیادی داشته باشد.

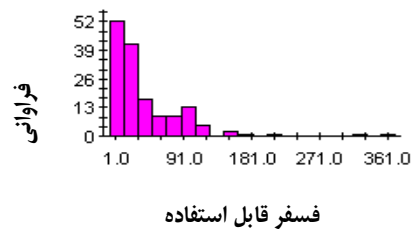
ارقام مختلف گیاه برنج حساسیت‌های متفاوتی به شوری دارند و معمولاً خاکهایی با EC کوچکتر از دو دسی-

بیشتر در هیستوگرام توزیع فراوانی فسفر قابل استفاده این شهرستان می‌توان مشاهده نمود (شکل ۳) که هر چند میانگین فسفر در شهرستان املش مناسب است اما این حالت به علت وجود تعداد محدودی داده با غلظت بالای فسفر و اثر آن بر افزایش معنی‌دار میانگین باشد. در واقع با حذف این نمونه‌های استثنایی وضعیت نامطلوب فسفر و فقر آن در این شهرستان نیز بیشتر معلوم می‌گردد. تنها شهرستان‌های سیاهکل، رشت، املش و رودبار در استان گیلان دارای میانگین کربن آلی کمتر از دو درصد بودند. شهرستان رضوانشهر با میانگین $2/67$ درصد بالاترین مقدار کربن آلی را دارا است (شکل ۴). ضریب تغییرات کربن آلی 34 درصد می‌باشد (جدول ۱) که بر اساس تقسیم‌بندی ویلدینگ و درس (۱۹۸۳) دارای تغییرات متوسط تا تغییرات زیاد است که می‌توان از دلایل عمده آن به عملیات گل خرابی در اراضی شالیزاری اشاره نمود که با برقراری شرایط غیرهوازی در خاک منجر به کندشدن تجزیه‌ی ماده‌ی آلی می‌شود، از دیگر عوامل می‌توان به شرایط اقلیمی مناسب برای افزایش بیوماس مانند بارش فراوان و دمای متعادل نام برد. با توجه به نتایج چولگی تمامی ویژگی‌ها به جز درصد رس در سطح احتمال پنجدرصد معنی‌دار می‌باشند (جدول ۱). چولگی معنی‌دار دلالت بر غیرنرمال بودن توزیع فراوانی دارد و هر اندازه مقدار آن بیشتر باشد، بیانگر غیریکنواخت بودن واریانس، وجود جوامع فرعی و یا داده‌های پرت است (یونگ و همکاران، ۱۹۹۹). یونگ و همکاران (۱۹۹۹) نتیجه گرفتند که غیرنرمال بودن توزیع فراوانی به علت وجود داده‌های پرت ناشی از تغییر در محیط خاک و آثار نامتقارن فرآیندهای پدوژنیک یا هیدرولوژیک است. از دلایل احتمالی برای نرمال نبودن توزیع فراوانی نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل استفاده می‌توان به اثرهای مدیریتی (تفاوت در نوع رقم، نیاز غذایی آنها و سابقه کشت، تفاوت در مقدار مصرف کود شیمیایی توسط زارعین و شرایط زهکشی) و زمانی اشاره کرد (کامباردلا و همکاران، ۱۹۹۴).

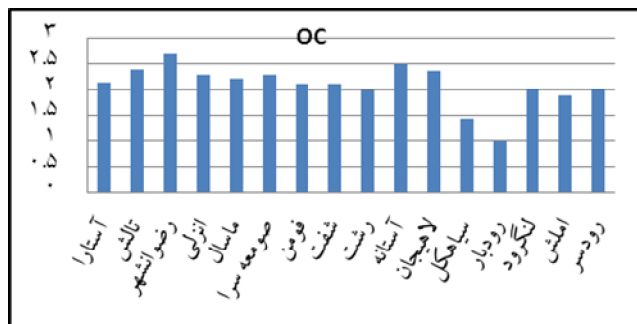
زیمنس بر متر رشد گیاه برنج را محدود نمی‌سازد. میانگین EC در استان گیلان $0/89$ می‌باشد که از نظر شوری منطقه بی‌خطر را نشان می‌دهد و برای رشد گیاه برنج مناسب می‌باشد (جدول ۱). در تعداد محدودی از مکان‌ها (مانند بخشی از روستای پیربازار) خاک‌هایی با EC بزرگتر از چهار دسی‌زیمنس بر متر ملاحظه می‌گردد (نتیجه نشان داده نشده است). در خاک‌های شور روستای پیربازار گیاه زراعی یا باغی کشت نمی‌گردد. علت بالا بودن EC در برخی از خاک‌ها، بالا بودن مواد آلی است که با ایجاد ترکیبات و ماکرو مولکول‌های دارای بار الکتریکی در هدایت الکتریکی نقش دارند. در استان گیلان احتمال وجود املاح مزاد به علت بارش زیاد سالیانه کم است و مقادیر هدایت الکتریکی می‌تواند متاثر از تجمع ماده آلی در خاک باشد. اما برای علت‌یابی دقیق به مطالعات تکمیلی نیاز است. نمودار ستونی میانگین برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های خاک در (شکل ۲) نشان داده شدند. پتاسیم قابل استفاده و هدایت الکتریکی در شهرستان‌های واقع در نیمه غربی گیلان (شففت، فومن، صومعه‌سرا، ماسال، انزلی، رضوانشهر، تالش و آستارا) در مقایسه با نیمه شرقی کمتر است. شهرستان‌های واقع در نیمه غربی استان (به استثنای فومن و شففت) به همراه آستانه و سیاهکل دارای نیتروژن کل بیشتری نسبت به دیگر شهرستان‌ها بودند. بعد از شهرستان املش، شهرستان آستانه دارای بالاترین غلظت پتاسیم می‌باشد (نتیجه نشان داده نشده است). اراضی زراعی و باغی شهرستان آستانه در محدوده رودخانه سپیدرود قرار دارند و متاثر از آورد رسوبات و پتاسیم محلول در این رودخانه هستند. میانگین غلظت فسفر قابل استفاده در استان با $17/2$ میلی‌گرم در کیلوگرم از حد بحرانی 12 میلی‌گرم در کیلوگرم برای برنج (میرنیا و محمدیان، ۱۳۸۴) بالاتر است (جدول ۱). کمترین غلظت فسفر قابل استفاده در شهرستان‌های شففت، رودبار، تالش، لاهیجان و رشت و بالاترین میانگین غلظت فسفر قابل استفاده ($39/4$ میلی‌گرم در کیلوگرم) در شهرستان املش (شکل ۲) مشاهده گردید، اما با بررسی



شکل ۲- نمودار ستونی میانگین pH، هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)، پتاسیم قابل استفاده (میلی گرم در کیلو گرم)، نیتروژن کل (%)، فسفر قابل استفاده (میلی گرم در کیلوگرم) و رس (%) به تفکیک شهرستان‌های استان گیلان.



شکل ۳- توزیع فراوانی فسفر قابل استفاده در شهرستان املش



شکل ۴- میانگین درصد کربن آلی (OC) در شهرستان‌های استان گیلان

جدول ۱- آماره‌های توصیفی ویژگی‌های خاک استان گیلان

متغیر	واحد	تعداد نمونه	میانگین	حداقل	حداکثر	واریانس	چولگی	ضریب تغییرات (%)
pH	-	۷۲۰۱	۶/۷	۵/۲	۷/۵	۰/۶۴	-۱/۳۶°	۱۲
EC	ds.m ⁻¹	۶۸۲۳	۰/۸۹	۰/۰۶	۸/۱	۰/۲۷	۲/۸°	۵۸
نیترژن	%	۶۹۲۶	۰/۲۱	۰/۰۱	۲/۲۷	۰/۰۰۸	۳/۲۳°	۴۳
فسفر قابل استفاده	میلی گرم بر کیلوگرم	۸۳۳۶	۱۷/۲	۰/۰۱	۵۵۵/۲	۷۲۰/۰۱	۶/۶۶°	۱۵۴
پتاسیم قابل استفاده	میلی گرم بر کیلوگرم	۸۵۱۸	۱۵۲/۳	۲/۹	۲۴۳۹/۲	۱۱۸۱۵	۴/۲۸°	۷۰
کربن آلی	%	۸۳۷۶	۲/۲۵	۰/۰۴	۸/۲۷	۰/۸۸	۰/۴۸°	۳۴
رس	%	۸۳۳۴	۲۴/۳	۰/۰۰	۶۶/۰	۱۲۰/۹	۰/۱۹	۴۲

آمار مکانی

جهت نرمال‌سازی متغیرهای غیرنرمال از تبدیل لگاریتمی و ریشه مربعات استفاده گردید. تحلیل‌های ساختار مکانی با استفاده از نیم‌تغییرنا سبب شناخت جنبه‌های گوناگون تغییرپذیری خاک، تشکیل خاک، مدیریت و تفسیر آن می‌گردد (ترانگمار و همکاران، ۱۹۸۵). مؤلفه‌های مدل‌های نیم‌تغییرنا برای ویژگی‌های موردنظر در جدول ۲ نشان داده شده است. تمامی متغیر-های مورد بررسی از یک مدل سقف‌دار (نمایی و کروی) پیروی می‌کنند. در بین ویژگی‌های مورد بررسی pH بیشترین و نیترژن کل کمترین دامنه تأثیر را دارا بود. ضریب تغییرات پایین در pH خاک و تحرک بالای نیترژن در خاک می‌تواند از دلایل عمده آن باشد. معمولاً ویژگی‌های ایستا که در خاک تحرک کمتری دارند دامنه تأثیر بزرگتری هستند (بری و همکاران، ۲۰۰۴). از عوامل موثر بر دامنه تأثیر می‌توان عملیات زراعی از جمله کوددهی و آبیاری مزرعه نامبرد (کاهن و همکاران، ۱۹۹۴) که بر تحرک یونها مؤثر بوده و باعث توزیع متفاوت عناصر غذایی می‌گردند. نسبت واریانس قطعه‌ای به آستانه،

سهم واریانس قطعه‌ای از کل تغییرات را نشان می‌دهند. با کمک این نسبت می‌توان شدت تغییرپذیری را به صورت نسبی در بین صفات مختلف مقایسه کرد (ترانگمار و همکاران، ۱۹۸۶). اگر مقدار این نسبت کمتر از ۲۵ درصد باشد، متغیر دارای وابستگی مکانی قوی، اگر بین ۲۵ تا ۷۵ درصد باشد، وابستگی مکانی متوسط و اگر این نسبت بیشتر از ۷۵ درصد باشد، وابستگی مکانی ضعیف می‌باشد (کمباردلا و همکاران، ۱۹۹۴). بر اساس این تقسیم بندی تنها pH خاک دارای وابستگی مکانی بسیار قوی و بقیه ویژگی‌ها از یک وابستگی مکانی مشابه و متوسط برخوردار بودند. کم بودن دامنه و ضعیف بودن ساختار مکانی بازتابی از تغییرات بیرونی است. از جمله این تغییرات می‌توان به متفاوت بودن ناحیه شالیزاری مورد مطالعه از نظر شرایط و مدیریت کشاورزی مانند عملیات آماده‌سازی اراضی شالیزاری، قرارگرفتن اراضی تجهیز و نوسازی شده در کنار اراضی سنتی، نوع رقم کشت شده، اختلاف در نوع و مقدار مصرف کود شیمیایی اشاره داشت.

جدول ۲- آمار مکانی متغیرهای شیمیایی و حاصلخیزی استان گیلان

متغیر	مدل	C0	C0+C	A0	R ²	RSS	(C0/C0+C)*100
pH	کروی	۰/۰۴	۰/۸۸	۳۷۰۰۰	۰/۹۶	۰/۰۳۳	۵
EC	کروی	۰/۱	۰/۲۸	۲۵۰۰۰	۰/۹۴	۱/۵×۱۰ ^{-۳}	۳۸
نیترژن	کروی	۰/۰۰۶	۰/۰۱	۱۵۰۰۰	۰/۷۸	۶/۶×۱۰ ^{-۶}	۶۰
فسفر قابل استفاده	کروی	۰/۷۵	۱/۲۶	۱۸۰۰۰	۰/۹۵	۸/۷×۱۰ ^{-۳}	۶۰
پتاسیم قابل استفاده	نمایی	۰/۱۵	۰/۳۵	۱۵۵۰۰	۰/۸۲	۶/۴×۱۰ ^{-۳}	۴۴
کربن آلی	کروی	۰/۰۷	۰/۱۲	۱۶۰۰۰	۰/۶۵	۸/۴×۱۰ ^{-۴}	۵۸
رس	کروی	۸۵	۱۵۰	۲۹۰۰۰	۰/۷۰	۱۴۸۶	۵۷

C0: واریانس قطعه‌ای، C0+C: آستانه، A0: دامنه تأثیر، RSS: باقیمانده مجموع مربعات، R²: ضریب تبیین می باشد.

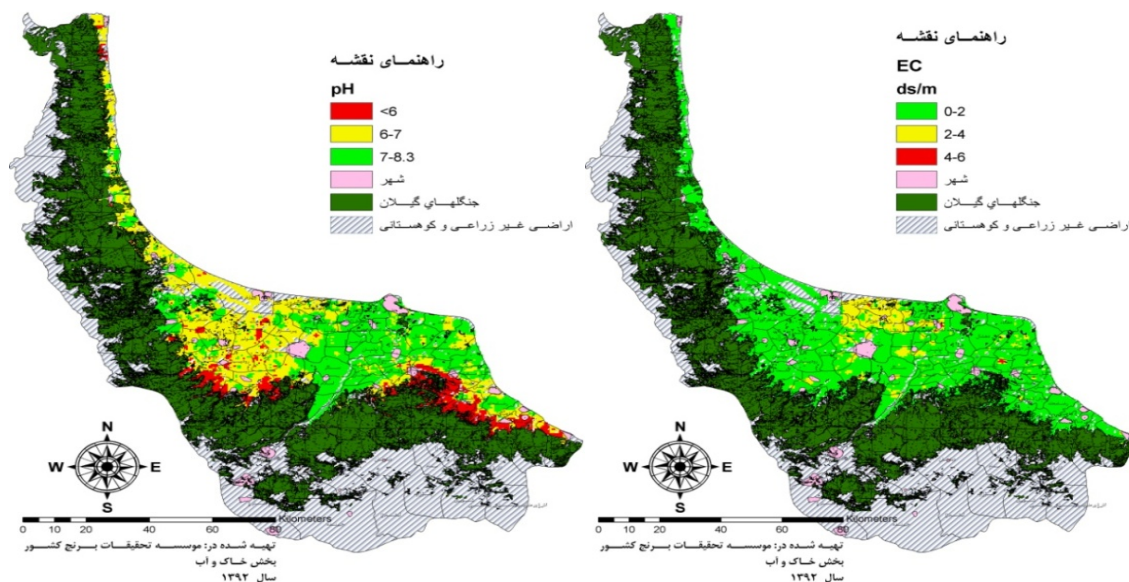
نقشه‌های پهنه‌بندی عوامل و عناصر مورد بررسی

- شوری و pH: نقشه تخمین شوری و pH خاک‌های استان در شکل ۴ نشان داده شد. ۹۲ درصد اراضی زراعی و باغی استان گیلان دارای EC کمتر از دو دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد که محدودیت خاصی برای رشد گیاه برنج و چای نداشته اند. تنها در بخشهایی از حسن‌رود در شرق شهرستان بندر انزلی تا پیربازار واقع در شمال شهرستان رشت دارای EC بین چهار تا دو دسی‌زیمنس بر متر می‌باشند که حدود هشت درصد از کل اراضی زراعی و باغی استان را شامل می‌شوند. این بخش از اراضی متأثر از نهشته‌های ساحلی قدیمی حاصل از عقب نشینی دریای خزر و تالاب انزلی در دوره‌های قدیم زمین شناسی هستند.

در دیگر اراضی استان گیلان احتمال وجود املاح مازاد به علت بارش زیاد سالیانه و آبشویی آنها از خاک کم است و مقادیر هدایت الکتریکی می‌تواند متأثر از تجمع ماده آلی در خاک باشد. اما برای علت‌یابی دقیق به مطالعات تکمیلی نیاز است. اراضی واقع در دشت مرکزی استان دارای خاکهایی با pH بالاتر از هفت است که به نظر می‌رسد می‌تواند ناشی از آورد املاح از طریق رودخانه سفیدرود که از کوهستانهای واقع در نواحی نیمه خشک شمال‌غرب و غرب کشور سرچشمه می‌گیرند

باشد. اراضی با pH کمتر از شش بیشتر در حاشیه شمال-شرق و جنوب دشت فومنات که به کشت چای اختصاص دارد، مشاهده گردید.

- کربن آلی و نیترژن کل: پهنه‌بندی متغیرهای کربن آلی و نیترژن کل در شکل ۵ نشان داده شده‌اند. با در نظر گرفتن معیار ۱/۵ درصد برای کربن آلی که در کمتر از آن ظرفیت عرضه نیترژن بومی خاک متوسط تا کم است و حد بحرانی ۰/۲ درصد نیترژن (دابرمونوفیوهورست، ۲۰۰۰)، با در نظر گرفتن حد بحرانی ۰/۲ درصد نیترژن کل در بسیاری از اراضی شالیزاری واقع در محدوده دشت مرکزی گیلان کمبود نیترژن به چشم می‌خورد. بیشتر اراضی شالیزاری این بخش‌ها از خاک‌های آبرفتی حوضه آبریز سفیدرود تشکیل شده که در خارج از فصل کشت برنج دارای زهکش مناسب و امکان تجزیه مواد آلی در آن وجود دارد. پنجاه و دو درصد از سطح استان دارای نیترژن کل کمتر از ۰/۲ درصد می‌باشد. این محدوده نشان می‌دهد با مصرف کود نیترژن می‌توان عملکرد گیاه را افزایش و یا به عبارت دیگر احتمال پاسخ خاک به این کود زیاد است. چهل و دو درصد از سطح استان دارای نیترژن کل بین ۰/۲ تا ۰/۳ درصد می‌باشند که پاسخ نسبی

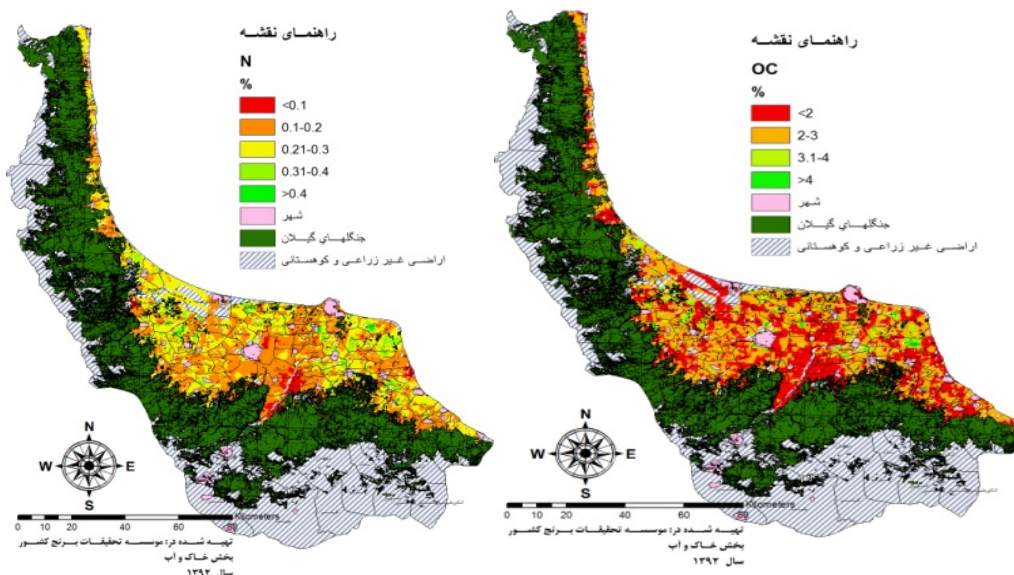


شکل ۴- نقشه توزیع pH و شوری در خاک های استان گیلان

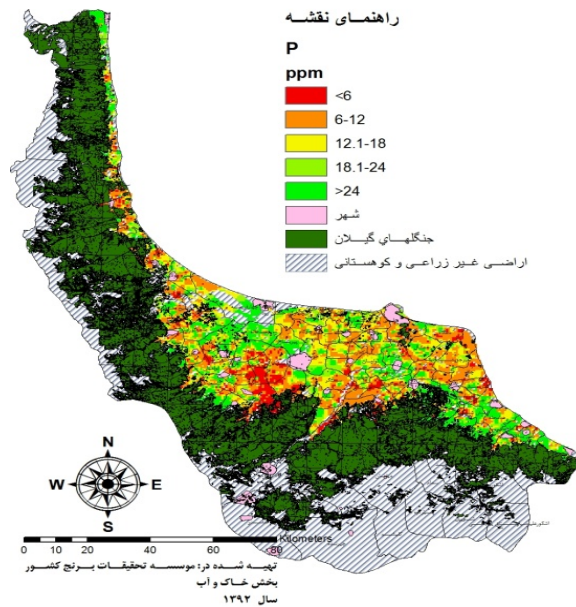
این بازنمایی برای مدیریت بهینه مصرف کود فسفات مهم است. با آنکه میانگین غلظت فسفر قابل استفاده (۱۷/۲ میلی گرم بر کیلوگرم) در اراضی شالیزاری استان گیلان (جدول ۱) بالاتر از حد بحرانی ۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم است، اما حدود ۴۰ درصد از سطح اراضی استان از حد بحرانی کمتر (شکل ۶) و احتمال پاسخ نسبی به مصرف کود فسفره در آن‌ها زیاد خواهند داد.

به مصرف کود نیتروژن را نشان خواهد داد و حدود شش درصد از سطح اراضی استان دارای نیتروژن در حد کفایت (۰/۳ درصد) می باشند.

- فسفر قابل استفاده: بازنمایی غلظت فسفر خاک برای ارزیابی خطر وارد شدن آن در روان آب و پدیده اوتروفیکاسیون ضروری است. پدیده اوتروفیکاسیون با ورود بیش از اندازه فسفر به دریاچه و تالابها ایجاد و باعث رشد بیش از اندازه جلبکها می شود. از سوی دیگر



شکل ۵- نقشه توزیع کربن آلی و نیتروژن کل در خاک های استان گیلان



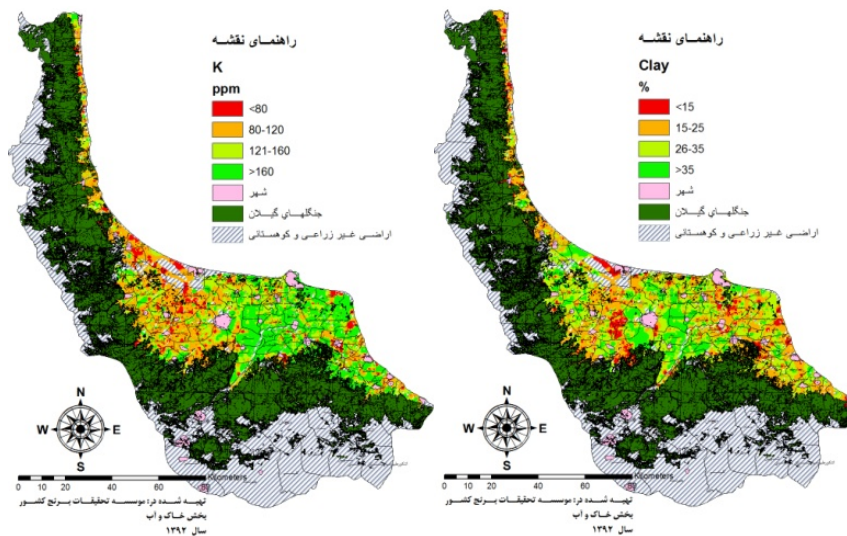
شکل ۶- نقشه توزیع فسفر قابل استفاده در خاک‌های استان گیلان

شمال دشت فومنات به ویژه در جنوب تالاب انزلی از فسفر بیشتری نسبت به دیگر نواحی برخوردارند. شالیزارهای این ناحیه از آب آبیاری شبکه آبیاری سفیدرود مشروب نمی‌شوند؛ بلکه از ترکیب زه‌آب اراضی فومنات و بخش غربی شهرستان رشت و آب‌برگشتی از تالاب انزلی (که از غلظت زیاد فسفر برخوردار هستند) و رودخانه‌های محلی آبیاری می‌شوند.

- درصد رس و پتاسیم قابل استفاده: نقشه ویژگی‌های درصد رس و پتاسیم قابل استفاده در خاک‌های استان گیلان در شکل ۷ نشان داده شده است. بیشترین مقدار رس در بخش مرکزی گیلان که متأثر از آورد رسوبات در رودخانه سفیدرود می‌باشد، مشاهده گردید. اصولاً کمبود پتاسیم در نواحی پرباران (خاکهای اسیدی)، خاک‌های آلی و شنی دیده می‌شود. بارندگی مداوم منجر به شسته شدن تدریجی پتاسیم قابل استفاده و کمبود آن در خاک می‌شود.

اراضی شالیزاری واقع در غرب شهرستان رشت و شهرستان شفت بحرانی‌ترین منطقه از نظر فسفر قابل استفاده (کمتر از شش میلی‌گرم بر کیلوگرم) در استان می‌باشند. این وضعیت می‌تواند ناشی از استمرار کشت گیاه بدون مصرف کودهای فسفاته توسط کشاورزان و یا توانایی کم خاک در نگهداری فسفر بومی خاک باشد (دوات‌گر، ۱۳۸۹). خاک‌های شنی و خاک‌های با ماده آلی زیاد از خاک‌هایی هستند که توانایی آنها در نگهداری فسفر خاک کم است و از پتانسیل آبشویی زیاد برای فسفر برخوردار هستند. خاک‌های این بخش از شن کمی برخوردار هستند. اما، مقدار کربن آلی در آنها زیاد است. تحقیقات نشان می‌دهد که فسفر آلی خاک با سهولت بیشتری در مقایسه با فسفر غیرآلی شسته می‌شود (هیس ویت، ۱۹۹۷).

شصت درصد اراضی استان دارای غلظت فسفر قابل استفاده بیشتر از حد بحرانی می‌باشند. اراضی واقع در



شکل ۷- نقشه توزیع مقدار رس و پتاسیم قابل استفاده در خاکهای استان گیلان.

جهت جلوگیری از افزایش هزینه تولید و دستیابی به تولید مطلوب از توصیه مصرف کود به طور یکسان، خودداری نمود. بر پایه یافته‌های مؤسسه تحقیقات برنج کشور و مستندات مؤسسه تحقیقات بین المللی برنج توصیه می‌شود:

برای ارقام بومی در مناطقی که مقدار نیتروژن کل آنها کمتر از ۰/۲ درصد است (پاسخ قطعی به مصرف کود نیتروژن)، ۱۳۰ کیلوگرم اوره در هکتار و مناطقی که نیتروژن آنها بین ۰/۲ تا ۰/۲۵ درصد است (پاسخ نسبی به مصرف کود نیتروژن)، مقدار ۹۸ کیلوگرم اوره و در مناطقی که نیتروژن آنها بین ۰/۲۵ تا ۰/۳ درصد است (به حد کفایت) مقدار ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار مصرف شود. در مناطقی که فسفر قابل استفاده آنها کمتر از ۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است (پاسخ قطعی به مصرف کود فسفره)، مقدار ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل مصرف شود. در مناطقی که فسفر قابل استفاده آنها بین ۱۲ تا ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است (پاسخ نسبی به مصرف کود فسفره یا در حد کفایت)، مقدار ۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل مصرف شود.

در مناطقی که پتاسیم قابل استفاده آنها کمتر از ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است (پاسخ قطعی به مصرف کود پتاسه)، مقدار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کلرید

با توجه به میانگین ۱۵۰۰ میلی‌متری بارندگی در استان گیلان، کمبود پتاسیم قابل‌استفاده دور از ذهن نمی‌باشد. با این حال استان گیلان از نظر پتاسیم قابل‌استفاده به دو نیمه غربی و شرقی تقسیم گردید. بیشتر مناطق نیمه غربی دارای پتاسیم قابل‌استفاده پایین بوده در حالی‌که نیمه شرقی استان که متأثر از رودخانه سفیدرود و آلود رسوب می‌باشند از وضعیت مناسبتری برخوردار است. ۶۸ درصد از سطح اراضی استان دارای پتاسیم قابل‌استفاده کمتر از حد بحرانی ۱۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (کاووسی و کلباسی، ۱۳۷۸) می‌باشد. وضعیت قابل قبول این عنصر به ویژه در دشت مرکزی و شرق استان گیلان را می‌توان ناشی از آلود رسوبات توسط رودخانه سفیدرود دانست که از حوضه قزل اوزن واقع در استان‌های کردستان، زنجان و آذربایجان شرقی سرچشمه می‌گیرند که خاک‌های آن از غلظت بالای پتاسیم برخوردار است. بیشتر اراضی کشاورزی واقع در بین شبکه‌های این رودخانه (به صورت مستقیم) و یا از طریق شبکه‌های آبیاری (به صورت غیرمستقیم) آبیاری می‌کنند.

رهیافت ترویجی

وضعیت عناصر غذایی در شالیزارهای استان از نظر توزیع جغرافیایی یکسان نمی‌باشد. بنابراین لازم است

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پروژه " ایجاد بانک داده، پهنه‌بندی و مدیریت حاصلخیزی خاک‌های استان گیلان" با شماره مصوب " ۹۲۱۱۲-۰۴-۰۴-۰۴" می‌باشد که با حمایت اعتباری سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان با شماره قرارداد " ۱۰۷/۱۲/۴۲۹۵۰" انجام شد. لذا مراتب قدردانی و تشکر از آن موسسه سازمان به عمل می‌آید.

پتاسیم یا سولفات پتاسیم مصرف شود. در مناطقی که پتاسیم قابل استفاده آنها بین ۱۲۰ تا ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است (پاسخ نسبی به مصرف کود پتاسه)، مقدار ۱۵۰ کیلوگرم کلرید پتاسیم یا سولفات پتاسیم مصرف شود و در مناطقی که پتاسیم بالاتر از ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است (به حد کفایت)، مقدار ۵۰ کیلوگرم کلرید پتاسیم یا سولفات پتاسیم مصرف شود.

فهرست منابع

۱. اصفهانی، م.، مجتبیایی زمانی، م. و امیری، ب. ۱۳۸۸. ریخت‌شناسی رشد و نمو گیاه برنج. انتشارات دانشگاه گیلان.
۲. حسنی‌پاک، ع.ا. ۱۳۷۷. زمین‌آمار (ژئواستاتستیک). چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۱۴ صفحه.
۳. دوات‌گر، ن. ۱۳۸۹. پیش‌بینی عملکرد گیاه برنج در شرایط محدودیت آب با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو گیاه در مقیاس ناحیه‌ای. پایان‌نامه دکتری. دانشگاه تبریز. ۲۷۹ صفحه.
۴. شهبازی، ک. و بشارتی، ح. ۱۳۹۲. بررسی اجمالی وضعیت حاصلخیزی خاک‌های کشاورزی ایران. نشریه مدیریت اراضی. ۱(۱): ۱-۱۵.
۵. فلاح، و.م. ۱۳۷۸. پلات شاهد، توصیه علمی کود نیتروژنه بدون انجام آزمون خاک (نشریه ترویجی) شماره ثبت ۷۹/۴/۲۷-۷۹/۲۱۵. موسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران.
۶. کاوسی، م. و م. کلباسی. ۱۳۷۸. مقایسه روش‌های عصاره‌گیری پتاسیم خاک برای تعیین سطح بحرانی پتاسیم برای برنج در تعدادی از خاک‌های شالیزاری استان گیلان. علوک کشاورزی و منابع طبیعی ۳(۴): ۵۷-۷۰.
۷. محمدی، ج. ۱۳۸۵. پدمتری. جلد دوم- آمار مکانی. انتشارات پلک، ۴۵۳ صفحه.
۸. مکرّم، م. و بریده، م. ۱۳۹۱. ارزیابی حاصلخیزی خاکبه منظور کشت گندم با استفاده از سامانه فازی و مقایسه‌ی آن با روش بولین و آزمون خاک در محیط GIS. نشریه زراعت. شماره ۹۳، صفحه ۱۲۳-۱۱۲.
۹. میرنیا، خ. و محمدیان، م. ۱۳۸۴. برنج، اختلافات عناصر غذایی، مدیریت عناصر غذایی. انتشارات دانشگاه مازندران.
۱۰. نصرت‌پور، س.، اردلان، م.، فرج‌نیا، ا.، اسمعیلی عوری. ۱۳۸۹. بررسی توزیع مکانی برخی عناصر غذایی و عوامل موثر بر حاصلخیزی خاک در اراضی شهرستان مراغه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی. پژوهش‌های آبخیزداری. دوره سوم. شماره ۲. صفحه ۱-۱۰.
11. Adriana, L.D. 2007. On the use of soil hydraulic conductivity functions in the field. Soil Sci. 93: 162-170.
12. Aishah AW, Zauyah S, Anuar AR and Fauziah CI, 2010. Spatial variability of selected chemical characteristics of paddy soils in SawashSempadon, Selangor, Malaysia. Malaysian Journal of Soil Science 14: 27-39.

13. Balasunram, S. K., M. H. A. Husni and O.H. Ahmad. 2008. Application of geostatistics tools to quantify spatial variability of selected soil chemical properties from a cultivated tropical peat. *Journal of agronomy*. 7(1): 82-87.
14. Brye, K. R., N. A. Slaton, M. C. Stavin, R. J. Norman, and D. M. Miller. 2003. Short- term effects of land leveling on soil physical properties and Microbial Biomass. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67: 1405- 1417.
15. Brye, K.R., N.A.Staton, M.Mozaffari, M.C.Savin, R.J.Norman and D.M.Miller. 2004. Short- term effects of land leveling on soil chemical properties and their relationships with microbialbiomass. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 924- 934.
16. Cahan, M.D., J.W. Hummel, and B.H. Brouer. 1994. Spatial analysis of soil fertility for site-specific crop management. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 39: 247-50.
17. Cambarella, C.A., T.B. Moorman, J.M. Novak, T.B. Parkin, D.L. Karlen, R.F. Turco and A.E. Konopka. 1994. Field- Scale. Variability of soil properties in central Iowa soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 1501- 1511.
18. Dahiya, I.S., J. Richter and R.S. Malik. 1984. Soil spatial variability: A review. *Intern. Trop. Agri.*, 11(1): 1-102.
19. Doberman, A., and T.H. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient disorders and nutrient management. Potash and phosphate Inst., Singapore and IRRI, Manila, the Philippines.
20. Gotway, C.A., R.B.Ferguson, G.W.Hergert and T.A. Peterson. 1996. Comparison of kriging and inverse-distance methods for mapping soil parameters. *Am. J. Soil Sci.* 60: 1237–1247.
21. -Isimail MH and Junusi R, 2009. Determining and mapping soil nutrient content using geostatistical technique in a Durian orchard in Malaysia. *Journal of Agricultural Science* 1(1): 86-91.
22. Robert, P. C. 1999. Status and research needs. In precision Agriculture 99: proc. 2nd European conference on precision Agriculture, 12- 15. J. V. Stafford, ed. Oxford, U. K. : BIOS scientific publishers.
23. Schoning, I., K.V. Totsche and I. Kogel-Knabner. 2006. Small Scale spatial variability of organic carbon stocks in litter and solum of a forested luvisol. *Geoderma*, 136: 631-642.
24. Sun, B., Sh. Zhou and Q. Zhao. 2003. Evaluationof spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subertropical china. *Geoderma*, 115: 85-99.
25. Wilding, L.P., and L.R. Dress. 1983. Spatial variability and pedology. In: L.P. Wilding, N.E. Smeckand and G.F. Hall (eds.), *Pedogenesis and Soil Taxonomy. I. Concepts and Interactions*. Elsevier Science Pub., pp. 83-116.
26. Trangmar, B.B., R.S. Yost, and G. Uehara. 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advanced.Agr.* 38: 45-94.
27. Trangmar, B.B., R.S. Yost and G. Uehara. 1986. Spatial dependence and interpolation of soil properties in west Sumatra, Indonesia: I. Anisotropic variation. *Soil Sci. Am. J.* 50: 1341-1395.
28. Wang, Z.M., K.S. Song, B. Zhang, D.W. Liu, X.Y. Li, C.Y. Ren, S.M. Zang, L. Luo and C.H. Zhang. 2009.Spatial variability and affecting factors of soil nutrients in croplands of Northeast China: a case study in dehui County. *Plant, Soil and Environment*. 55: 110-120.
29. Xiong, W., I. Holman, D. Conway, E. Lin and Y. Li. 2008. A crop model cross calibration for use in region climate impacts studies. *Ecol. Model.* 213: 365-380.
30. Young, F.G., R.D. Hammer and D.larsen. 1999. Frequency distribution of soil properties on loess-manhed Missouri watershed. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63:178-185.