نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و دوم، شماره پنجم، ۱۳۹٤
http://jwsc.gau.ac.ir

بررسی عوامل مؤثر بر تغییرات مکانی پتاسیم کل و قابل‌جذب در مهم‌ترین خاک‌های استان مازندران

*بهروز پورمحمدعلی[۱] و حسین خادمی[۲]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه صنعتی اصفهان، [۲]استاد گروه علوم خاک، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۲۵

چکیده

سابقه و هدف: پتاسیم یکی از عناصر ضروری و پرمصرف برای گیاهان است. خصوصیات فیزیکوشیمیایی و مدیریت خاک از جمله مهم‌ترین عوامل مؤثر بر مقادیر اشکال مختلف پتاسیم و تعادل بین آن‌ها در خاک می‌باشند. با وجود نقش غیرقابل انکار پتاسیم در گیاهان زراعی و انسان، کمبود این عنصر در اراضی کشاورزی به یک مشکل جهانی تبدیل شده است. این پژوهش با هدف مقایسه تأثیر کاربری‌های مختلف بر توزیع مکانی پتاسیم کل و قابل‌جذب در خاک و شناخت روابط بین مقادیر کل و قابل‌جذب آن با برخی خصوصیات خاک، در مهم‌ترین اراضی استان مازندران صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها: منطقه مطالعاتی بین مدارهای ۳۶ درجه و ۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۵ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. تعداد ۲۵۸ نمونه خاک از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری به روش نظام‌دار آشیانه‌ای در منطقه‌ای با ۶ کاربری مختلف و مساحتی بالغ بر ۵۵۰ هزار هکتار جمع‌آوری شد. همچنین ۵ خاکرخ واقع در کاربری‌های مختلف انتخاب گردید. غلظت پتاسیم کل و پتاسیم قابل‌جذب و همچنین تعدادی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد. به‌منظور تخمین نواحی دچار کمبود پتاسیم، از تخمین‌گر کریجینگ شاخص استفاده گردید.

یافته‌ها: ضریب تغییرات پتاسیم قابل‌جذب در خاک‌های مورد مطالعه ۷۴ درصد است که بیانگر تغییرات زیاد و پراکندگی بالای پتاسیم قابل‌جذب است. غلظت پتاسیم در نمونه سنگ‌های شیل و آندزیت بازالتی بیش از نمونه خاک حاصل از آن‌ها می‌باشد. اما در سایر خاک‌ها غلظت پتاسیم در نمونه‌های سنگ نسبت به خاک حاصل از آن‌ها کمتر است. بیش‌ترین همبستگی بین پتاسیم کل و قابل‌جذب مربوط به کاربری غیرشالیزاری ($r=۰/۹۵, P<۰/۰۱$) می‌باشد. ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی در اکثر کاربری‌ها، دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با پتاسیم قابل‌جذب هستند. خاک‌های حاصل از مواد مادری مختلف در مراتع نسبت به سایر کاربری‌ها، دارای پتاسیم قابل‌جذب بیش‌تری هستند. بیش‌ترین غلظت پتاسیم قابل‌جذب به خاک‌های با منشاء مارن در کاربری مرتع مربوط می‌شود. نقشه احتمال حاصل، نشان می‌دهد که مساحتی نزدیک به ۷۰۰ کیلومترمربع از منطقه مطالعاتی که اغلب تحت کاربری شالیزاری قرار دارد، با احتمال بیش از ۶۰ درصد دارای پتاسیم قابل‌جذب زیر سطح بحرانی برای کشت برنج می‌باشد.

* مسئول مکاتبه: behrooz_pma@yahoo.com

نتیجه‌گیری: نتایج بیانگر این است که تنوع در عوامل مؤثر بر قابلیت جذب پتاسیم که متأثر از مدیریت و کاربری اراضی می‌باشند، عمده تغییرات سطحی و عمقی پتاسیم قابل‌جذب را کنترل می‌کند. در حالی‌که پتاسیم کل تحت‌تأثیر عوامل ذاتی نظیر ماده مادری قرار دارد. کاربری مرتع که از مواد مادری پتاسیم‌دار تشکیل شده و همچنین ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی نیز دارد، بیش‌ترین و شالیزارهای تحت کشت متراکم برنج کم‌ترین میزان پتاسیم قابل‌جذب را به خود اختصاص داده‌اند.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم قابل‌جذب، پتاسیم کل، تغییرات سطحی، تغییرات عمقی، کاربری اراضی

مقدمه

پتاسیم یکی از عناصر ضروری و پرمصرف برای گیاهان است. مقدار جذب پتاسیم توسط گیاه از جذب هر عنصر غذایی دیگری به غیر از نیتروژن بیش‌تر است و در بعضی از گیاهان حتی از جذب نیتروژن نیز بیش‌تر می‌باشد (15). عوامل مؤثر بر اشکال مختلف پتاسیم و تعادل بین آن‌ها در خاک شامل عوامل فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و اقلیمی از جمله کانی‌شناسی رس‌ها، بافت خاک، رطوبت، ظرفیت تبادل کاتیونی، pH و غلظت سایر کاتیون‌ها و عوامل مدیریتی از جمله کوددهی، آبیاری و کشت‌وکار می‌باشند (33). طهرانی و همکاران (2011) با بررسی تغییرات مکانی پتاسیم قابل استفاده در اراضی تحت کشت استان مازندران نشان دادند که تغییرات مکانی این عنصر تحت کنترل هم‌زمان عوامل ذاتی مانند مواد مادری و بافت و عوامل مدیریتی مانند کاربری زراعی و مصرف کود قرار دارد. نوع کاربری و دیگر متغیرهای مدیریتی نقش مهمی در کنترل توزیع عناصر غذایی خاک ایفا می‌کنند (30).

تغییر کاربری اراضی باعث انتقال و توزیع دوباره عناصر غذایی و همچنین تغییر در مواد آلی و غلظت عناصر غذایی در خاک پتاسیم قابل‌جذب می‌شود (29, 36). مدیریت یکنواخت اراضی اغلب باعث کاربرد ناکافی و یا بیش از حد مورد نیاز کود در خاک می‌شود (5). بروکرت و همکاران (1992) تفاوت در غلظت اشکال مختلف پتاسیم در خاک‌های غرقاب و غیرغرقاب (زهکش‌دار) را به عواملی مانند درجه هوادیدگی خاک، مدیریت و سابقه کاربرد کود پتاسیم نسبت دادند (2). اوستان (1995) پس از مطالعه بر روی ۵۲ خاک شالیزاری شمال ایران نشان داد که پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم و پتاسیم غیرقابل تبادل خاک‌های شالیزاری کاهش معنی‌داری نسبت به خاک‌های غیرشالیزاری مشابه داشته‌اند (20). ژنگ و همکاران (2010) بیلان سالانه منفی پتاسیم در سیستم کشت برنج- گندم، حتی وقتی که کود پتاسیم اضافه شده به خاک باعث افزایش عملکرد ۲۰ درصدی شد را گزارش کردند (35). ادامه برداشت پتاسیم بدون اضافه کردن آن به خاک، بسته به ذخیره آن در خاک ظرف ۳ تا ۱۰ سال، خاک را از پتاسیم تخلیه می‌کند (13). دواتگر و همکاران (2012) با استفاده از بررسی تغییرات مکانی، وضعیت پتاسیم و مدیریت کودی بخشی از شالیزارهای استان گیلان را تفکیک کردند. آن‌ها همچنین بیان نمودند که بخش وسیعی از این شالیزارها از نظر پتاسیم قابل‌استفاده زیر سطح بحرانی قرار دارند و دلیل این کمبود را به مقدار کم رس و ظرفیت تبادل کاتیونی و نیز ناکافی بودن کاربرد کود معدنی پتاسیم‌دار نسبت دادند (4).

با وجود نقش غیرقابل انکار پتاسیم در گیاهان زراعی و انسان، کمبود این عنصر در اراضی کشاورزی

به یک مشکل جهانی تبدیل شده است، به‌طوری‌که ۷۵ درصد شالیزارهای چین، دوسوم گندم زارهای جنوب استرالیا (21)، ۷۲ درصد زمین‌های کشاورزی هند (7) و بخشی از زمین‌های کشاورزی ایالات غربی کانادا (22) نیاز فوری به کود پتاسیم دارند. در ایران نیز گزارش‌های متعددی در رابطه با کمبود پتاسیم در زمین‌های زراعی منتشر شده است. در همین راستا، توفیقی (1998) بیان داشت قریب به ۱۰۰ هزار هکتار از شالیزارهای زیر کشت ارقام پرمحصول در شمال کشور، از نظر پتاسیم قابل استفاده زیر سطح بحرانی قرار دارند (31). کاوسی و همکاران (2004) و دواتگر و همکاران (2012) نیز گزارش‌های مشابهی ارائه نمودند (12 ,4). علت فراگیرشدن کمبود پتاسیم را می‌توان به عواملی هم‌چون فقدان تبادلات علمی بین پژوهشگران و کشاورزان در باب پتاسیم خاک و گیاه نسبت داد (22). عامل محدودکننده دیگری که می‌توان به آن اشاره کرد، ناکافی بودن پژوهش‌های منتشر شده در رابطه با پتاسیم، با وجود نقش کلیدی آن در فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی مؤثر در رشد گیاهان زراعی است (3).

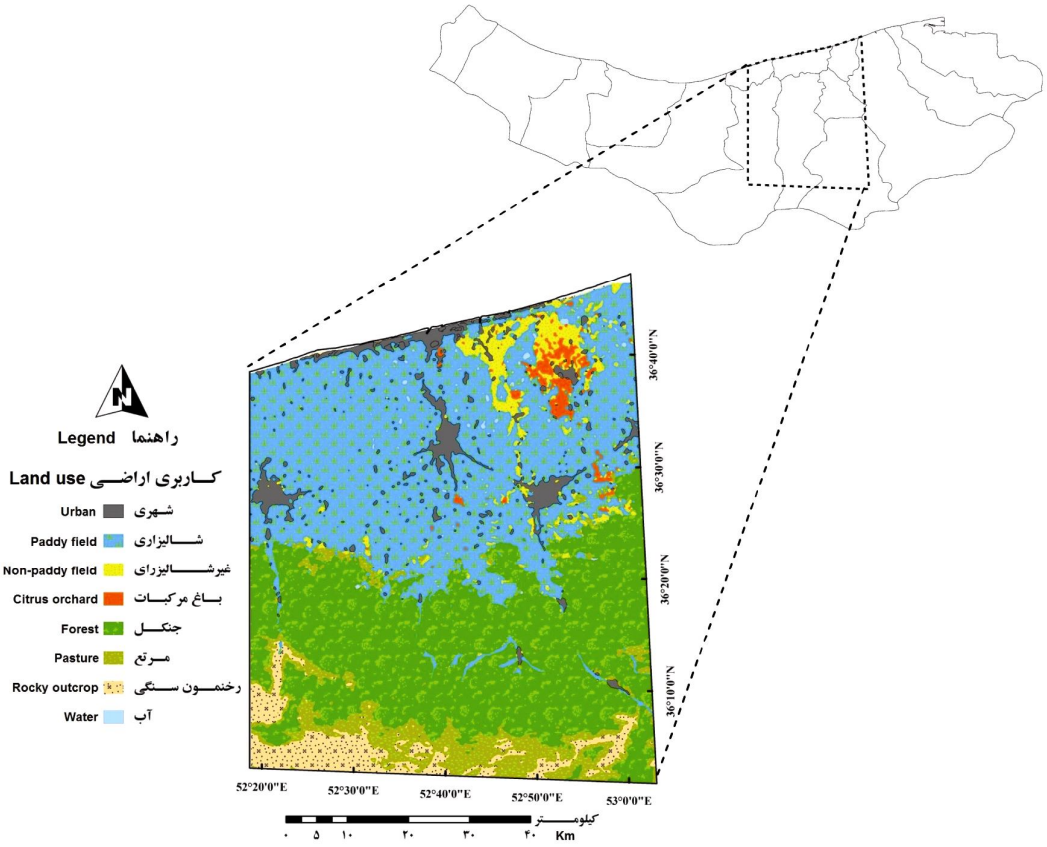
بررسی وضعیت پتاسیم با توجه به کاربری اراضی، به‌منظور مدیریت بهینه و اصولی نهاده‌ها در خاک‌های استان مازندران به‌عنوان منطقه‌ای با اهمیت زیاد از نظر تمرکز فعالیت‌های کشاورزی و تراکم بالای جمعیتی ضروری به‌نظر می‌رسد. از این‌رو پژوهش حاضر با هدف مقایسه تأثیر کاربری‌های مختلف بر توزیع سطحی و عمقی پتاسیم کل و قابل‌جذب در خاک با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی و شناخت وضعیت پتاسیم از طریق بررسی روابط بین مقادیر کل و قابل‌جذب آن به‌عنوان تابعی از برخی خصوصیات خاک، در مهم‌ترین اراضی استان مازندران صورت پذیرفته است.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مطالعاتی: منطقه مورد مطالعه با مساحتی بالغ بر ۵۵۰۰ کیلومترمربع قسمتی از اراضی مرکزی استان مازندران می‌باشد (شکل ۱) که بین مدارهای ۳۶ درجه و ۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۵ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. از نظر کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه دارای کاربری‌های شالیزار (حدود ۴۱/۷ درصد)، جنگل (حدود ۴۱ درصد)، مرتع (حدود ۶ درصد)، باغ (حدود ۴/۶ درصد)، اراضی شهری (حدود ۴ درصد) و اراضی زراعی غیرشالیزاری (حدود ۲/۷ درصد) می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، غالب واحدهای زمین‌شناختی منطقه مورد مطالعه شامل سنگ آهک، مارن، شیل، کنگلومرا و ماسه‌سنگ می‌باشد. رسوبات آبرفتی جوان که دشت ساحلی را پوشانده، غالباً از سازندهای مارن و سنگ آهک بالادست منشاء گرفته است. از این‌رو میزان آهک در آنها نسبتاً زیاد می‌باشد.

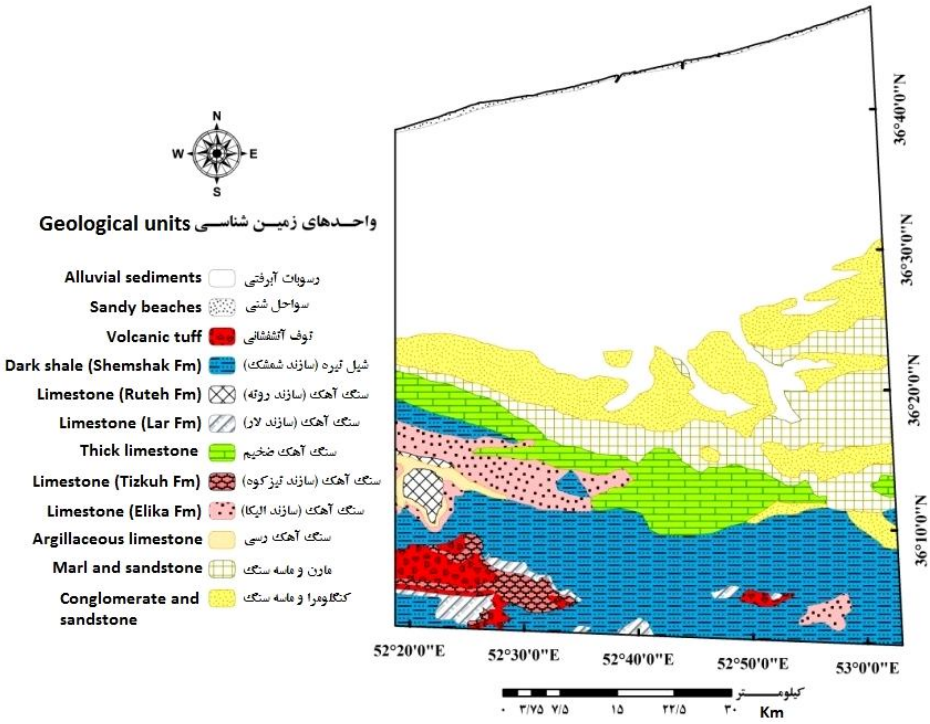
نمونه‌برداری: نمونه‌برداری به روش نظام‌دار آشیانه‌ای انجام شد. بدین منظور بعد از مشخص شدن محدوده نمونه‌برداری، منطقه به شبکه‌های مساوی تقسیم گردید. این شبکه‌ها در اراضی شهری و صنعتی ۲×۲ کیلومتر، در اراضی با کاربری کشاورزی (آبی و دیم) ۴×۴ کیلومتر و در بقیه اراضی که تحت پوشش جنگل قرار دارند، دارای ابعاد ۸×۸ کیلومتر می‌باشند. سعی بر آن بود که تا حد امکان این شبکه‌ها به صورتی قرار گیرند که عوامل مهم و مؤثر در این پژوهش شامل نوع ماده مادری، توپوگرافی و کاربری اراضی را پوشش دهند.

محل تلاقی شبکه‌ها به‌عنوان نقاطی که می‌توانند برای نمونه‌برداری مناسب باشند در نظر گرفته شد. مجموعاً در ۲۵۸ نقطه نمونه خاک سطحی از عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متر به روش نمونه‌برداری مرکب، برداشت شد. به‌منظور بررسی تغییرات عمقی اشکال مختلف پتاسیم خاک در منطقه مورد مطالعه، ۵ خاکرخ انتخاب گردید به‌طوری‌که همگی در یک حوضه آبخیز (حوضه آبخیز بابلرود) و در کاربری‌های مختلف (به‌جز کاربری شهری) قرار دارند. پس از شناسایی و تشریح افق‌های ژنتیکی با استفاده از روش‌های استاندارد صحرایی (24) از هر افق یک نمونه خاک برداشت شد.



شکل ۱- موقعیت و نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰ (8).

Figure 1. Location and land use map of study area with a scale of 1: 500000 (8).



شکل ۲- موقعیت و نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰ (32).

Figure 2. Location and geological map of study area with a scale of 1: 500000 (32).

تجزیه‌های آزمایشگاهی: ابتدا نمونه‌ها هوا خشک شده و بعد از کوبیدن کامل خاک، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. پتاسیم کل در نمونه‌های خاک با استفاده از روش هضم با مخلوط اسید فلوریدریک، اسید کلریدریک، اسید نیتریک و اسید پرکلریک و پتاسیم قابل‌جذب با استفاده از استات آمونیوم نرمال عصاره‌گیری شد (14) و غلظت پتاسیم عصاره‌ها توسط دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری گردید. همچنین بر روی ۱۲۰ نمونه خاک، درصد رس، سیلت و شن به روش پیپت (6)، ماده آلی به روش اکسایش تر (17)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم نرمال (28)، پ- هاش در عصاره ۱ به ۲/۵ کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار به خاک و کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید (18) اندازه‌گیری شد. انتخاب ۱۲۰ نمونه خاک از مجموع ۲۵۸ نمونه جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های فوق به گونه‌ای صورت گرفت که توزیع مکانی یکنواختی در منطقه مطالعاتی داشته و دامنه تغییرات مقدار پتاسیم کل و قابل‌جذب خاک‌ها را نیز پوشش دهد.

تجزیه و تحلیل‌های آماری و زمین‌آماری: به‌منظور توصیف و مقایسه آماری و همبستگی بین فاکتورهای مختلف خاک و غلظت اشکال مختلف پتاسیم و جهت انجام تحلیل‌های آمار کلاسیک و مدل‌های چندمتغیره، نرم‌افزار SPSS16.0 مورد استفاده قرار گرفت (19). تجزیه واریانس داده‌های پتاسیم کل و قابل‌جذب در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین‌ها در کاربری‌های مختلف با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت پذیرفت. به‌منظور بررسی عوامل تأثیرگذار بر غلظت پتاسیم کل و قابل‌جذب، از ضریب همبستگی پیرسون (برای متغیرهای نرمال) و اسپیرمن (برای متغیرهای غیرنرمال) استفاده شد. جهت شناسایی دقیق‌تر و

برآورد مساحت مناطقی که دچار کمبود پتاسیم قابل‌جذب برای گیاه هستند، نقشه احتمال نقاط زیر سطح بحرانی از نظر پتاسیم قابل‌جذب تهیه گردید. بدین منظور پس از بسط مدل تئوری تغییرنمای مناسب برای متغیر مذکور، از روش درون‌یابی کریجینگ شاخص در محیط نرم‌افزار ArcGIS 9.3 (11) استفاده شد.

نتایج و بحث

توصیف آماری: خلاصه‌ای از توصیف‌های آماری مربوط به برخی ویژگی‌های خاک‌های منطقه مطالعاتی در جدول ۱ نشان داده شده است. ضریب تغییرات پتاسیم کل حدود ۲۲ درصد بوده و نشان‌دهنده تنوع نسبتاً کم خاک‌های منطقه از نظر پتاسیم کل است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت غلظت پتاسیم کل که تحت‌تأثیر عوامل ذاتی به‌ویژه ماده مادری می‌باشد، تغییرات محدودی دارد. میانگین پتاسیم قابل‌جذب خاک ۲۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم با دامنه تغییرات ۱۲۸۴ می‌باشد. دواتگر و همکاران (2012) دامنه تغییرات پتاسیم قابل‌جذب در شالیزارهای استان گیلان را ۲۳۷ با حداکثر ۲۶۰ میلی‌گرم برکیلوگرم گزارش نمودند (4). ضریب تغییرات پتاسیم قابل‌جذب در خاک‌های مورد مطالعه ۷۴ درصد است که بیانگر تغییرات زیاد و پراکندگی بالای پتاسیم قابل‌جذب است. این تنوع بالا که در شالیزارها نمود بیش‌تری دارد، می‌تواند در نتیجه غیریکنواختی در الگوی کاربری اراضی و مدیریت خاک و در پی آن تنوع در عوامل مؤثر بر قابلیت جذب این عنصر (ظرفیت تبادل کاتیونی، pH، توزیع اندازه ذرات و ...) ایجاد شده باشد. با توجه به این‌که پتاسیم قابل‌جذب دارای تغییرپذیری مکانی قابل ملاحظه‌ای می‌باشد، مدیریت کودی با نرخ متغیر به‌منظور بهبود تولید محصولات کشاورزی و مصرف متناسب کود قابل توصیه است (4).

میانگین کربنات کلسیم معادل در منطقه مورد مطالعه برابر ۱۳/۶ درصد، با حداقل ۰/۵ و حداکثر ۴۱/۳ درصد می‌باشد. اراضی بالادست که شامل جنگل‌ها، مراتع و باغ‌ها هستند، نسبت به اراضی کشاورزی و شهری واقع در دشت ساحلی، درصد آهک کم‌تری را به خود اختصاص داده‌اند. حداقل، حداکثر و میانگین ماده آلی در خاک‌های منطقه مورد مطالعه به‌ترتیب ۰/۴، ۱۹/۷۹ و ۴/۳۲ درصد بوده و ضریب تغییرات ماده آلی ۷۸ درصد می‌باشد. وضعیت تکامل خاک، تنوع اقلیم، توپوگرافی، پوشش گیاهی و مدیریت اراضی از جمله عوامل ایجاد این تغییرات وسیع در ماده آلی خاک می‌باشند.

غلظت پتاسیم در مواد مادری: نتایج حاصل از تجزیه مواد مادری و میانگین میزان پتاسیم در خاک‌های تکامل یافته بر روی هر کدام از این مواد در جدول ۲ ارائه شده است. غلظت پتاسیم در نمونه سنگ‌های شیل و آندزیت بازالتی بیش از نمونه خاک حاصل از آن‌ها می‌باشد. بنابراین، به‌نظر می‌رسد عامل اصلی کنترل پتاسیم در این خاک‌ها ماده مادری باشد. اما در سایر خاک‌ها غلظت پتاسیم در نمونه‌های سنگ نسبت به خاک حاصل از آن‌ها کم‌تر است، در نتیجه ماده مادری تنها عامل کنترل‌کننده پتاسیم کل نیست و عوامل دیگری از قبیل درجه هوادیدگی و میزان کاربرد کود پتاسیم در غلظت پتاسیم کل این خاک‌ها تأثیرگذار است (1).

جدول ۱- خلاصه‌ای از وضعیت آماری برخی ویژگی‌های خاک در منطقه مطالعاتی.

Table 1. Summary of descriptive statistics of soil properties in the studied area.

کشیدگی kurtosis	چولگی Skewness	ضریب تغییرات (٪) CV	میانگین Mean	حداکثر max	حداقل min	تعداد نمونه N	متغیر Variable
0.92^{ns}	0.29^{ns}	22	1.7	3.07	0.56	258	پتاسیم کل (٪) Total K
7.27*	2.43*	75	270	1318	34	258	پتاسیم قابل‌جذب ($mg\ kg^{-1}$) Available K
5.37*	-2.22*	7	7.1	7.6	4.9	120	اسیدیته pH
-0.11*	0.45*	66	13.6	41.3	0.5	120	کربنات کلسیم معادل (٪) $CaCO_3$
1.21*	1.03*	59	21.1	68.3	3.5	120	ظرفیت تبادل کاتیونی (cmol(+)/kg) CEC
4.69*	2.09*	78	4.3	19.8	0.4	120	ماده آلی (٪) OM
0.20^{ns}	0.96*	79	25.9	94.8	1.6	120	شن (٪) Sand
0.51^{ns}	-0.61*	27	49.7	81.5	4.9	120	سیلت (٪) Silt
-0.50^{ns}	0.18^{ns}	50	24.4	56.3	0.3	120	رس (٪) Clay

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

^{ns}, *, **: not significant, significant at P<0.05 and P<0.01, respectively. CV: Coefficient of variance; CEC: Cation exchange capacity; OM: Organic matter.

جدول ۲- میزان غلظت پتاسیم در نمونه‌های سنگ و خاک‌های حاصل از آن‌ها.

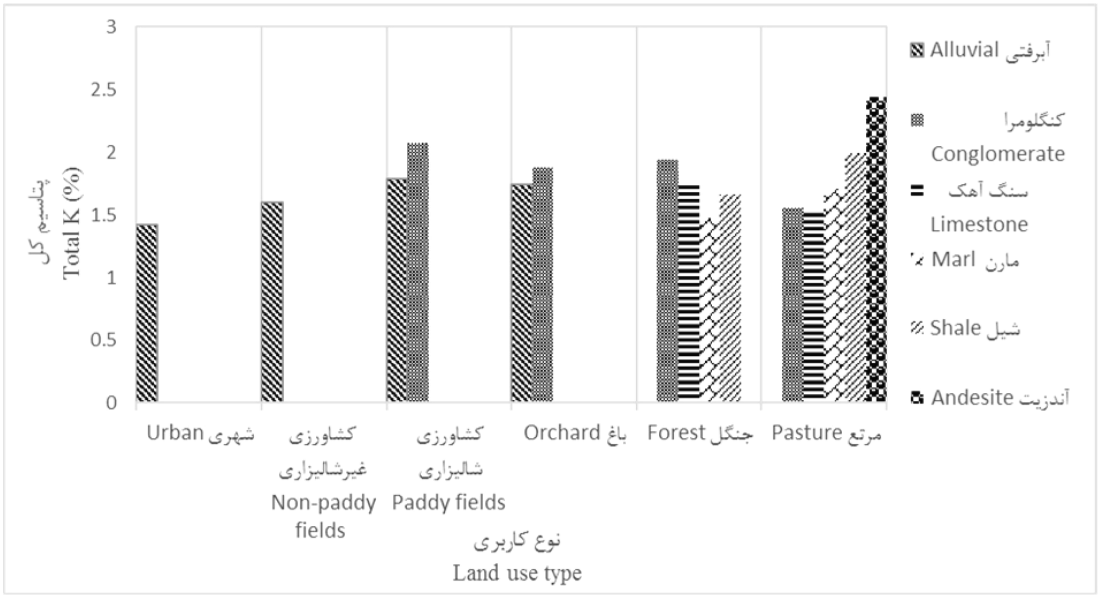
Table 2. The potassium concentration in rock samples and soils that derived from them.

آندزیت بازالتی Basaltic andesite	مارن و ماسه سنگ آهکی Marl and calcareous sandstone	سنگ آهک Limestone	کنگلومرا Conglomerate	شیل Shale	ماده مادری Parent material	
3.65	1.29	0.04	0.34	2.62	غلظت پتاسیم در نمونه سنگ (٪) K concentration in rock sample	
2.44	1.55	1.63	1.92	1.91	میانگین Mean	غلظت پتاسیم در خاک K concentration in soil (%)
1.81	1.31	1.09	1.27	1.5	حداقل min	
3.07	1.7	2.06	2.85	2.56	حداکثر max	
0.89	0.21	0.32	0.35	0.32	انحراف معیار Std. deviation	

غلظت پتاسیم کل و قابل‌جذب در مواد مادری و کاربری‌های مختلف: در شکل ۳ غلظت پتاسیم کل در خاک‌های حاصل از مواد مادری مختلف واقع در شش کاربری جنگل، مرتع، شالیزاری، کشاورزیِ غیرشالیزاری، باغ و شهری مورد مقایسه قرار گرفته است. پتاسیم کل در کاربری‌های مرتع و شالیزاری، بیش‌تر از کاربری‌های کشاورزی غیرشالیزاری و شهری می‌باشد. دلیل زیاد بودن پتاسیم در مراتع را می‌توان به ماده مادری نسبت داد، زیرا خاک‌های مراتع اغلب بر روی بازالت‌های آندزیتی و شیل که حاوی پتاسیم زیادی هستند، تشکیل شده است (32). اما خاک هر سه کاربری شالیزاری، غیرشالیزاری و شهری بر روی رسوبات آبرفتی جوانی تکامل یافته که از نظر منشاء تشکیل و سایر ویژگی‌ها شباهت زیادی به هم دارند. بنابراین، تفاوت این سه کاربری از نظر پتاسیم کل را نمی‌توان صرفاً به تأثیر ماده مادری نسبت داد، بلکه احتمالاً دلیل آن به استفاده از کود پتاسیمی در خاک‌های زراعی به‌خصوص خاک‌های شالیزاری برمی‌گردد.

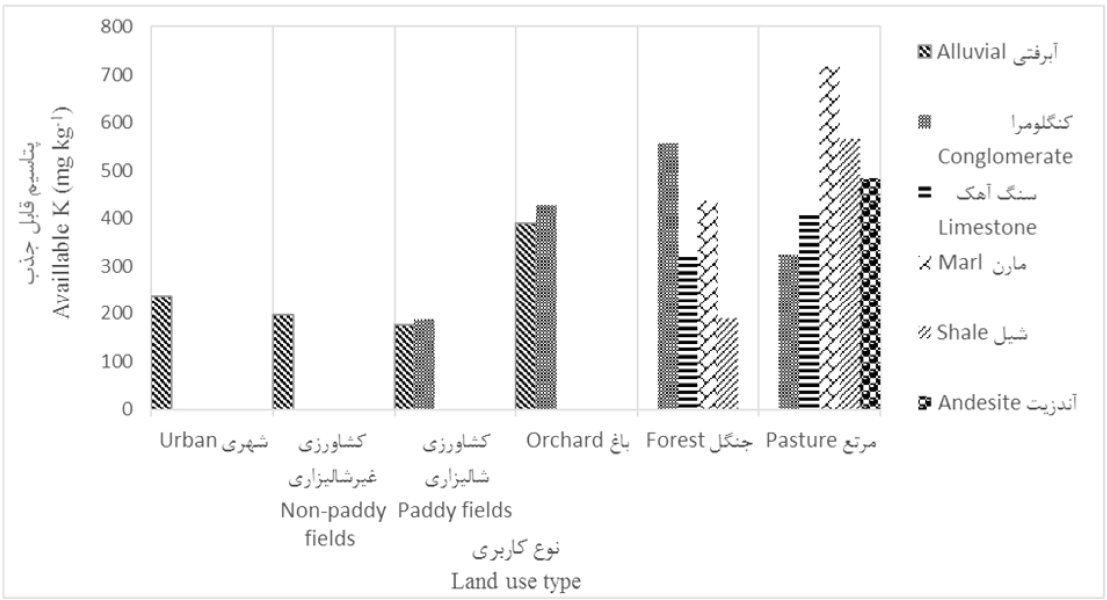
شکل ۴ غلظت پتاسیم قابل‌جذب را در شش کاربری مذکور نشان می‌دهد. خاک‌های حاصل از مواد مادری مختلف در مراتع نسبت به سایر کاربری‌ها، دارای پتاسیم قابل‌جذب بیش‌تری هستند. کاربری مرتع دارای ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی می‌باشد. از طرفی پتاسیم قابل‌جذب در مراتع به‌شدت اراضی زراعی به‌وسیله گیاهان از خاک خارج نمی‌شود. بیش‌ترین غلظت پتاسیم قابل‌جذب به خاک‌های با منشاء مارن در کاربری مرتع مربوط می‌شود. دلیل این امر را می‌توان به قابلیت هوادیدگی زیاد مارن نسبت داد. اراضی زراعی به‌ویژه شالیزارها به‌دلیل تراکم بالای کشت و خروج پتاسیم توسط محصولات زراعی دارای کم‌ترین میزان پتاسیم قابل‌جذب می‌باشند. اوستان (1995)، ژنگ و همکاران (2010) و دواتگر و همکاران (2012) کاهش پتاسیم قابل‌جذب در خاک‌های شالیزاری را گزارش نمودند (4, 20, 35). شالیزارها نسبت به بقیه کاربری‌ها دارای غلظت‌های بالایی از پتاسیم کل هستند اما از نظر پتاسیم قابل‌جذب کم‌ترین غلظت‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که پتاسیم موجود در خاک‌های شالیزاری، بیش‌تر به فرم غیرقابل تبادل وجود دارد. بروکرت و همکاران (1992) نیز طی پژوهشی نشان دادند که تخلیه و تثبیت پتاسیم در خاک‌های غرقاب تحت کشت، نسبت به خاک‌های زراعی با زهکش خوب بیش‌تر است (2). باغ‌ها و جنگل‌ها از نظر پتاسیم قابل‌جذب، در حدواسط بقیه کاربری‌ها قرار گرفته‌اند. در این دو نوع کاربری، پتاسیم توسط ریشه درختان از اعماق خاک جذب شده و با بقایای شاخ و برگ‌ها به سطح اضافه می‌شود. از طرفی در اراضی تحت کاربری باغ، به‌میزان قابل‌توجهی از کودهای پتاسیمی استفاده می‌شود. به‌طورکلی آنچه مشخص است پتاسیم قابل‌جذب در مقایسه با پتاسیم کل، بیش‌تر تحت‌تأثیر کاربری و مدیریت اراضی قرار گرفته است.

شکل ۵ نقشه احتمال غلظت پتاسیم قابل‌جذب زیر سطح بحرانی ۱۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (12) را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود مساحتی نزدیک به ۷۰۰ کیلومترمربع، با احتمال بیش‌تر از ۶۰ درصد دارای پتاسیم قابل‌جذب زیر سطح بحرانی برای کشت برنج هستند که حدود ۱۵ درصد از منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهد (جدول ۳). این نواحی عمدتاً شامل کاربری شالیزاری می‌باشند. این در حالی است که احتمال کمبود پتاسیم در اراضی بالادست، زیر ۲۰ درصد است. بنابراین، لزوم مدیریت صحیح کودی با توجه به کاربری هر منطقه بسیار ضروری به‌نظر می‌رسد.



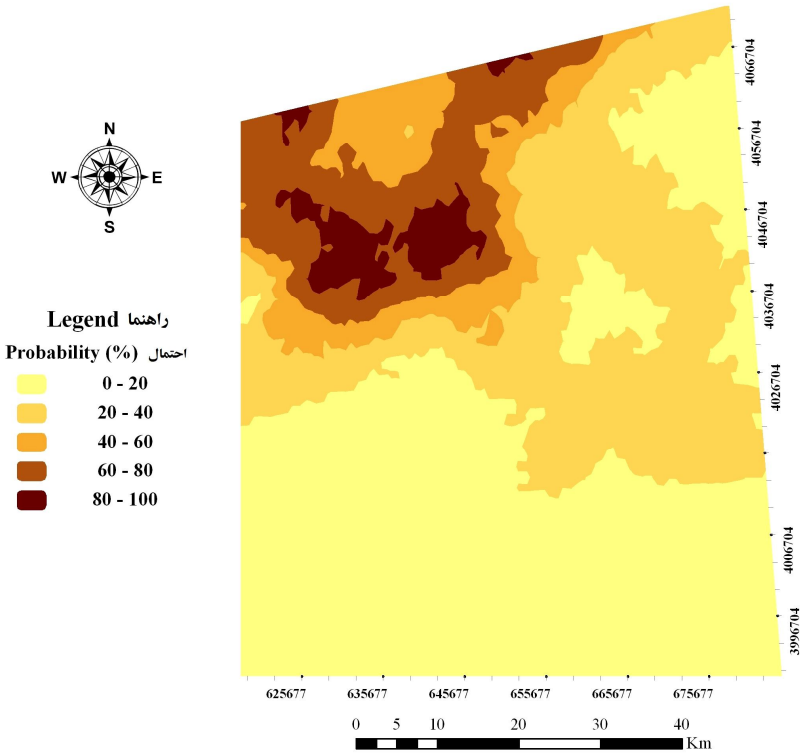
شکل ۳- غلظت پتاسیم کل در خاک‌های منطقه مطالعاتی.

Figure 3. Total potassium concentration in the studied soil.



شکل ٤- غلظت پتاسیم قابل‌جذب در خاک‌های منطقه مطالعاتی.

Figure 4. Available potassium concentration in the studied soil.



شکل ۵- پراکنش مکانی احتمال غلظت پتاسیم قابل‌جذب کم‌تر از ۱۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک‌های منطقه مورد مطالعه.

Figure 5. Probability Spatial distribution of available potassium concentration under 160 mg/kg in the studied soil.

جدول ۳- درصد احتمال نواحی زیر سطح بحرانی از نظر پتاسیم قابل‌جذب و برآورد مساحت آن‌ها.

Table 3. Probability percentage of soils with available potassium less than critical value and estimate their area.

مساحت (٪)	مساحت (Km^3)	احتمال (٪)
Area	Area	Probability
4	168	>80
11	528	60-80
9	407	40-60
28	1330	20-40
49	2351	<20

رابطه بین ویژگی‌های خاک و غلظت پتاسیم کل و قابل‌جذب: جدول ۴ نتایج تحلیل همبستگی بین پتاسیم کل و قابل‌جذب و برخی ویژگی‌های خاک در کاربری‌های مختلف را نشان می‌دهد. بیش‌ترین همبستگی بین پتاسیم کل و قابل‌جذب مربوط به کاربری غیرشالیزاری (r=۰/۹۵, P<۰/۰۱) می‌باشد. همبستگی بین پتاسیم و pH تنها در خاک‌های شهری و شالیزارها که نسبت به کاربری‌های دیگر pH بالایی دارند، معنی‌دار می‌باشد. pH در کاربری شالیزاری با پتاسیم کل همبستگی مثبت (r=۰/۵۲, P<۰/۰۱) و در کاربری شهری با پتاسیم قابل‌جذب همبستگی منفی (r=۰/۵۲, P<۰/۰۱) از خود نشان می‌دهد. با توجه به

این‌که نسبت پتاسیم کل به قابل‌جذب در این دو کاربری بالاست، می‌توان نتیجه گرفت که بالا بودن pH در این دو کاربری باعث افزایش تثبیت پتاسیم شده و بدین ترتیب، یکی از دلایل تبدیل پتاسیم قابل‌جذب به فرم غیرقابل استفاده می‌باشد. پژوهش‌ها نیز نشان می‌دهد که تثبیت پتاسیم در pH بالای ۵/۵ با سرعت کمی افزایش می‌یابد (26). ماده آلی و پتاسیم قابل‌جذب در همه کاربری‌ها به‌جز جنگل، دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری هستند. از آن‌جایی‌که ظرفیت تبادل کاتیونی نیز در اکثر کاربری‌ها با پتاسیم همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد، احتمالاً ماده آلی اثر خود را با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی بر غلظت پتاسیم خاک اعمال می‌کند.

جدول ٤- ضریب همبستگی بین پتاسیم کل و قابل‌جذب با برخی از ویژگی‌های خاک سطحی به تفکیک کاربری.

Table 4. The correlation coefficient between total and available potassium with the some topsoil features in distinct land uses.

Silt	Clay	Sand	$CaCO_3$	OM	CEC	pH	Total K		
-0.06	0.59*	-0.38	0.68**	0.15	0.48	0.34	0.63*	Available K	جنگل
0.09	0.66**	-0.27	0.33	-0.05	0.06	0.06		Total K	Forest n=15
0	0.26	-0.08	-0.52*	0.49*	0.24	-0.27	0.13	Available K	مرتع
-0.19	-0.25	0.25	-0.61**	-0.19	-0.17	0.05		Total K	Pasture n=19
0.24	0.29	-0.35	-0.24	0.47*	0.12	-0.36	0.45*	Available K	باغ
0.24	0.29	-0.80**	-0.51*	0.43	0.66**	-0.31		Total K	Orchard n=20
-0.33	0.73**	-0.46*	-0.20	0.50*	0.65**	-0.32	-0.07	Available K	شالیزار
0.26	0.21	-0.41*	-0.13	-0.29	0.23	0.52**		Total K	Paddy field n=25
0.28	0.91**	-0.83**	-0.73*	0.87**	0.89**	-0.08	0.95**	Available K	زراعی
0.16	0.96**	-0.77**	-0.85**	0.86**	0.91**	-0.09		Total K	Non-paddy field n=11
0.35	0.44*	-0.42*	0.16	0.53**	0.36	-0.52**	0.59**	Available K	شهری
0.81**	0.60**	-0.93**	-0.34	0.27	0.51**	-0.30		Total K	Urban n=30

توصیف پارامترها در جدول ۱ آورده شده است.

Parameters description is available in Table 1.

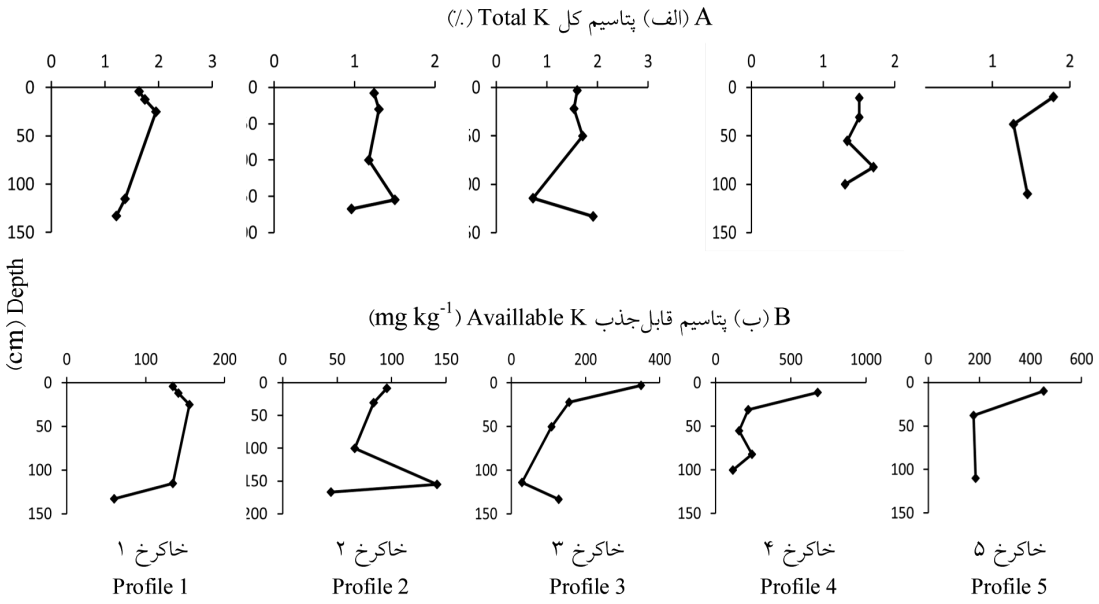
در خاک‌های سطحی باغ‌ها، مراتع و اراضی زراعی غیرشالیزاری بین پتاسیم کل و درصد آهک، همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد. به‌نظر می‌رسد که آهک باعث رقیق شدن خاک از پتاسیم شده است. جنگل تنها کاربری است که در آن آهک با پتاسیم قابل‌جذب همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد. جلالی و راول (2003) بیان داشتند که وجود کلسیم در خاک مانع از آبشویی این عنصر می‌شود، بنابراین آهک باعث افزایش پتاسیم قابل‌جذب در خاک می‌شود (9). در برخی از کاربری‌های منطقه مطالعاتی به‌خصوص

کاربری غیرشالیزاری، پتاسیم کل با درصد شن همبستگی منفی و با درصد رس همبستگی مثبت دارد. بنابراین می‌توان گفت که بخش شن خاک دارای پتاسیم چندانی نیست و کانی‌های پتاسیم‌دار عمدتاً در بخش رس قرار دارند. ذرات رس مهم‌ترین منبع عرضه پتاسیم در خاک هستند (27). علت غنی بودن خاک‌های رسی به واسطه دارا بودن خاصیت تبادلی و تثبیت بیش‌تر کانی‌های رسی می‌باشد (34). کانی‌های رسی حاوی پتاسیم شامل ایلیت یا میکای آبدار، ورمیکولیت، کلریت و کانی‌های مخلوط می‌باشند (16). در کاربری شهری پتاسیم کل با درصد سیلت خاک همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. از این‌رو احتمالاً بخش سیلت خاک در این کاربری حاوی کانی‌های پتاسیم‌دار از جمله موسکویت و فلدسپات پتاسیم و همچنین کانی‌های تثبیت‌کننده پتاسیم مانند میکا می‌باشد.

تغییرات عمقی پتاسیم کل و قابل‌جذب: تغییرات پتاسیم کل و قابل‌جذب خاک با افزایش عمق ناشی از تأثیرات عوامل متعددی می‌باشد. از جمله مهم‌ترین این عوامل فرآیندهای پدوژنیک و متغیرهای مدیریتی است که با بررسی پنج خاکرخ واقع در کاربری‌های مختلف، مورد مطالعه قرار گرفت. خاکرخ ۱ زیر کشت شلتوک در دشت ساحلی با رژیم رطوبتی اکوئیک و رژیم حرارتی ترمیک حفر گردید. در سرتاسر پروفیل عوارض اکسید و احیائی به چشم می‌خورد. این خاک بر روی رسوبات آبرفتی تشکیل شده و بر اساس رده‌بندی آمریکایی (2010) در زیرگروه تیپیک اپی اکوئپت[1] جای دارد (25). همان‌گونه که شکل ۶ نشان می‌دهد، غلظت پتاسیم با افزایش عمق ابتدا افزایش یافته و پس از آن سیر نزولی در پیش می‌گیرد، در حالی‌که خاک سطحی از لحاظ ویژگی‌هایی مانند بافت و درصد آهک تفاوت زیادی با خاک زیرین ندارد (جدول ۵). دلیل کاهش پتاسیم در خاک سطحی کشت متراکم و خروج پتاسیم همراه با محصولات زراعی و عدم کاربرد کود پتاسیمی می‌باشد. رودرامورتی و شیلپاشری (2011) نیز تخلیه خاک سطحی از پتاسیم قابل‌جذب را در شالیزارهای کارناتاکا گزارش نمودند. ایشان دلیل این امر را به حرکت رو به پایین رس حاوی پتاسیم در این خاک‌ها نسبت دادند (23). کاوسی و همکاران (2004) سطح بحرانی پتاسیم قابل‌جذب برای کشت برنج را ۱۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش نموده است (12). بنابراین، این منطقه برای کشت برنج، از نظر پتاسیم دچار محدودیت است. خاکرخ ۲ بر روی رسوبات آبرفتی دشت ساحلی واقع شده، تحت کشت دیم سویا قرار دارد و در زیرگروه تیپیک اپی اکوئپت[2] جای می‌گیرد. با افزایش عمق، یک کاهش تدریجی در پتاسیم قابل‌جذب این پروفیل مشاهده می‌شود. اما در عمق ۱۵۰ سانتی‌متری، پتاسیم کل و قابل‌جذب نسبت به سایر بخش‌ها بیش‌تر است که می‌توان دلیل آن را به ریزتر شدن بافت و افزایش ترکیبات پتاسیم‌دار در ماده مادری این بخش از پروفیل نسبت داد. به‌طورکلی غلظت پتاسیم قابل‌جذب در این خاک بسیار کم و زیر سطح بحرانی برای بسیاری از محصولات زراعی می‌باشد. پایین بودن درصد رس و ماده آلی، آبشویی و انجام عملیات کشت و کار بدون مدیریت بهینه کودی از جمله دلایل این کمبود هستند.

1- Typic Epiaquepts

2- Typic Epiaquepts



شکل ٦- تغییرات عمقی پتاسیم کل (الف) و قابل‌جذب (ب) در منطقه مطالعاتی.

Figure 6. Profile distribution of total (A) and available potassium (B) in study area.

خاکرخ ۳ (تیپیک اپی اکوالف[1]) در یک باغ مرکبات و بر روی رسوبات آبرفتی دشت ساحلی تشکیل شده است. نسبت پتاسیم قابل‌جذب به پتاسیم کل در خاک سطحی بیش از دو برابر خاک زیرین است که عمده‌ترین دلیل آن استفاده از کودهای معدنی پتاسیم در باغ مرکبات است (23). جذب پتاسیم توسط ریشه گیاه نیز می‌تواند عامل تخلیه پتاسیم قابل‌جذب از عمق ۴۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متری این خاک باشد (10). خاکرخ ۴ (تیپیک کلسی زرال[2]) در کاربری مرتع واقع شده است. شکل ۶ نشان می‌دهد که روند تغییرات پروفیلی پتاسیم قابل‌جذب در این پروفیل منطبق با پتاسیم کل است، با این تفاوت که غلظت پتاسیم قابل‌جذب در افق سطحی سه برابر افق زیرین است در حالی‌که هر دو افق دارای غلظت پتاسیم کل یکسانی هستند. هوادیدگی بیش‌تر، عامل افزایش نسبت پتاسیم قابل‌جذب به پتاسیم کل در افق سطحی نسبت به خاک زیر آن است (10). از طرفی، با توجه به انباشت ماده آلی در خاک سطحی، به‌نظر می‌رسد پتاسیم جذب شده از خاک زیرسطحی، با بقایای گیاهی به سطح خاک اضافه می‌شود. خاکرخ ۵ (تیپیک کلسی زرال[3]) در جنگل حفر گردید. در سطح این پروفیل، یک افق مالیک بسیار تیره با حدود ۱۰ درصد ماده آلی قرار دارد که آهک آن شسته شده است. روند تغییرات پتاسیم کل در این پروفیل نیز منطبق با پتاسیم قابل‌جذب است. بیش‌تر بودن میزان رس و ماده آلی و کم‌تر بودن درصد آهک (جدول ۵) از جمله دلایل افزایش پتاسیم کل و قابل‌جذب در افق سطحی نسبت به خاک عمقی می‌باشد. غلظت پتاسیم کل و قابل‌جذب در افق دوم کاهش و سپس در افق سوم تا حدی افزایش می‌یابد. به‌نظر می‌رسد فعالیت بیش‌تر ریشه درختان در عمق ۲۰ تا ۶۰ سانتی‌متری عامل کاهش غلظت پتاسیم در این محدوده باشد.

1- Typic Epiaqualfs
2- Typic Calcixerolls
3- Typic Calcixerolls

جدول ۵- برخی ویژگی‌های فیزیکی، مرفولوژیکی و شیمیایی خاکرخ‌های مورد مطالعه.

Table 5. Some soil physical, morphological and chemical properties in studied profile.

pH	CEC ($cmol^{(+)}/kg$)	OM %	$CaCO_3$ %	Clay %	Silt %	Sand %	رنگ Color		عمق depth(cm)	افق Horizon	شماره No.
							مرطوب Moist	خشک Dry			
7.2	29.5	3.6	20.4	33.8	57.8	8.4	10YR4/1.5	10YR6.5/2	0-9	Ap	
7.4	34.9	2.9	21.3	37	55.7	7.3	10YR5/1.5	10YR7/1	9-18	A/Bg1	
7.5	15.6	1.8	20.1	40.3	57.6	2.1	10YR4/1	10YR7/1	18-95	2Bg2	1
7.5	7.4	1.1	27.7	22.6	64.7	12.7	10YR4.5/4	10YR6/4	95-133	3Bg3	
7.4	5.1	0.8	19.9	7.2	23.6	69.2	10YR4/4	10YR6/2.5	+133	3Cg	
7.4	11.2	1.5	18.4	17.2	58.7	24.1	10YR4/3	10YR5.5/3	0-17	Ap	
7.4	15.6	1.4	17.7	17.3	64.2	18.5	10YR4/3	10YR5/3	17-60	Bw1	
7.6	5.2	0.3	22.4	11.3	63.5	25.2	10YR4.5/4	10YR5.5/3	60-142	2Bw2	2
7.5	11.4	0.9	21.5	33.6	63.1	3.3	10YR4.5/3	10YR5/3	142-167	3Bg	
7.6	8.8	0.5	22.7	9.3	41	49.7	10YR4.5/4	10YR6/4	+167	4C	
7.3	26.1	3.2	8.4	23	62.8	14.2	10YR4.5/3	10YR6.5/2	0-7	Ap	
7.3	18.8	2	5.6	35.6	55	9.4	10YR4/2	10YR6.5/3	7-37	2Bw	
7.5	52.5	1.3	10.4	37.3	58.4	4.3	10YR4/1	10YR7/2	37-104	2Bk	3
7.6	4.3	0.4	19.8	3.3	14.3	82.4	2.5Y4.5/4	2.5Y7/1	104-124	3Cg	
7.7	2.7	0.9	13.9	52.5	45.3	2.2	2.5Y5.5/1	2.5Y6/2	+124	4Btkg	
7.3	23.7	4.3	11.6	38.5	46.6	14.9	10YR4/3	10YR5/3.5	0-22	A	
7.5	56	3	18.6	46	40.7	13.3	10YR5/5	10YR6/6	22-44	Btk	
7.4	23	0.9	25	36.1	45.9	18	10YR5/6	10YR6/4	44-70	Bk	4
7.5	22.2	1.1	25.4	39.1	47.6	13.3	10YR4/3.5	10YR5/4	70-95	Btk	
7.5	34.9	0.6	29.8	37.4	46.6	16	10YR5/4	10YR6.5/6	+106	Bk	
6.9	18.6	9.3	3	55.3	42.3	2.4	10YR2/2	10YR2.5/2	0-20	A	
7.4	31.1	1.7	25.2	47.2	43.6	9.2	10YR4.5/3	10YR5/4	20-55	Bk1	5
7.4	29.5	0.4	23.1	47.4	45.4	7.2	10YR5/3	10YR6/4	+55	Bk2	

توصیف پارامترها در جدول ۱ آورده شده است.

Parameters description is available in Table 1.

نتیجه‌گیری کلی

تنوع در غلظت پتاسیم قابل‌جذب به تأثیر مدیریت و کاربری و تنوع در عوامل مؤثر بر قابلیت جذب این عنصر (ظرفیت تبادل کاتیونی، pH، توزیع اندازه ذرات و ...) مرتبط می‌باشد. بیش‌ترین میزان پتاسیم قابل‌جذب در خاک‌های مراتع مشاهده می‌شود که از مواد مادری پتاسیم‌دار تشکیل شده و همچنین ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی نیز دارد و کم‌ترین میزان آن در شالیزارهای تحت کشت متراکم برنج قرار دارد. نقشه احتمال حاصل از کریجینگ شاخص نشان می‌دهد که بخش وسیعی از اراضی کشاورزی منطقه مطالعاتی به‌ویژه شالیزارها، دچار کمبود شدید پتاسیم قابل‌جذب بوده و مدیریت بهینه شامل مصرف میزان مناسب کود معدنی پتاسیم‌دار بر اساس آزمون خاک یا

دوره آیش کافی برای احیای حاصلخیزی خاک ضروری به‌نظر می‌رسد. کاربری شالیزاری در مقایسه با سایر کاربری‌ها، پتاسیم کل بیش‌تر ولی پتاسیم قابل‌جذب کم‌تری دارد. بنابراین، پتاسیم در خاک‌های شالیزاری بیش‌تر به فرم غیرتبادلی است و احتمالاً به مرور زمان آزاد می‌شود، اما این آزادسازی تدریجی جواب‌گوی نیاز گیاه نیست. پتاسیم کل در شالیزارها با pH همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. از آنجا که افزایش pH باعث افزایش تثبیت پتاسیم می‌شود، این امر احتمالاً یکی از دلایل بالا بودن نسبت پتاسیم کل به قابل‌جذب در این کاربری می‌باشد. از این‌رو استفاده از کودهای اسیدزا نظیر سولفات پتاسیم با کاهش pH، هر چند به‌صورت موضعی، می‌تواند قابلیت استفاده پتاسیم برای گیاه را افزایش دهد. فرآیندهای پدوژنیک و متغیرهای مدیریتی از جمله مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تغییرات عمقی پتاسیم می‌باشند. در اکثر پروفیل‌ها، تغییرات عمقی پتاسیم کل به استثنای خاک سطحی، روند مشابهی با پتاسیم قابل‌جذب دارد، که دلیل آن به هوادیدگی بیش‌تر خاک سطحی و وجود ماده آلی و فرآیند اسخراج پتاسیم توسط موجودات زنده به‌ویژه گیاهان[1] برمی‌گردد. اما پتاسیم در خاک سطحی پروفیل واقع در شالیزار به‌دلیل کشت متراکم و عدم کاربرد پتاسیم کودی کاهش یافته است.

منابع

1.Bersch, P.M., and Thomas, G.W. 1985. Potassium status of temperate region soils, P 131-162. ln: Munson, R.D. (ed.), Potassium in Agriculture. ASA. CSSA. SSSA. Madison, WI.

2.Bruckert, S., Villemin, P., and Kubler, B. 1992. Potassium forms in aerated and anoxic soils of different management and potassium fertilizer history. Plant Soil. 147: 225-233.

3.Cakmak, I., and Schjoerring, J.K. 2008. Special topics in potassium and magnesium research. Physiol. Plant. 133: 4. 623.

4.Davatgar, N., Neishabouri, M.R., and Sepaskhah, A.R. 2012. Delineation of site specific nutrient management zones for a paddy cultivated area based on soil fertility using fuzzy clustering. Geoderma. 174: 111-118.

5.Ferguson, R.B., Hergert, G.W., Schepers, J.S., Gotway, C.A., Cahoon, J.E., and Peterson, T.A. 2002. Site-specific nitrogen management of irrigated maize: yield and soil residual nitrate effects. Soil Sci. Soc. Am. J. 66: 544-553.

6.Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle-size analysis, P 383-411. In: Klute, A. (ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods, 2nd Edition. Agron. Monogr. 9, ASA, Madison, WI.

7.Hasan, R. 2002. Potassium status of soils in India. Better. Crops Intern. 16: 3-5.

8.Iranian Forests and Rangelands Organization. 2007. Nationwide land use map, Scale 1:500000. Tehran, Iran.

9.Jalali, M., and Rowell, D.L. 2003. The role of calcite and gypsum in the leaching of potassium in a sandy soil. Exp. Agric. 39: 379-394.

10.Jobbagy, E.G., and Jackson, R. 2001. The distribution of soil nutrients with depth: Global patterns and the imprint of plants. Biogeochemistry. 53: 51-77.

11.Johnston, K., Ver Hoef, J.M., Krivoruchko, K., and Lucas, N. 2001. Using ArcGIS Geostatistical Analyst, ESRI Press, New York, USA, 316p.

12.Kavoosi, M., Ahmadipour, M., Alinia, M.H., Rajabi, M., Ghanaati, K., and Davatgar, N. 2004. Calibration of potassium for rice plant. Rice Research Institute of Iran, Rasht. 30p. (In Persian)

1- Bioextraction

13.Kayser, M., and Isselstein, J. 2005. Potassium cycling and losses in grassland systems: a review. Grass Forage Sci. 60: 213-224.
14.Knudsen, D., Peterson, G.A., and Pratt, P.F. 1982. Lithium, sodium and potassium, P 225-246. In: Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeny (eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. Agron. Monogr. 9, ASA, Madison, WI.
15.Malakouti, M.J., and Homaee, M. 2003. Soil fertility in arid and semiarid regions "Problems and Solutions". 2nd edition. Tarbiat Modarres University Press, 600p. (In Persian)
16.Malakouti, M.J., and Riazi Hamedani, S.A. 1991. Soil fertility and fertilizers. 3rd edition. Tehran University Press, 800p. (In Persian)
17.Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter, P 961-1010. In: Sparks, D.L. (ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3: Chemical Methods. Agron. Monogr. 9, ASA, Madison, WI.
18.Nelson, R.E. 1982. Carbonate and gypsum, P 180-197. In: Page, A.L., R.H. Miller, D.R. Keeny (eds), Methods of Soil Analysis. Part2: Chemical and Microbiological Properties. Agron. Monogr. 9, ASA, Madison, WI.
19.Norušis, M.J. 2009. SPSS 16.0: Guide to Data Analysis, 2nd ed., Prentice Hall, New Jersey, USA, 672p.
20.Oustan, S. 1995. Assessment of potassium Depletion from paddy soils in northern Iran, M.Sc. Thesis Soil science, Faculty of Agriculture, Tehran University. (In Persian)
21.Rengel, Z., and Damon, P.M. 2008. Crops and genotypes differ in efficiency of potassium uptake and use. Physiol. Plant. 133: 624-636.
22.Romheld, V., and Kirkby, E.A. 2010. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. Plant Soil. 335: 155-180.
23.Rudramurthy, H.V., and Shilpashree, Y.P. 2011. Potassium status of Red soils under different land use systems. Ecol. Env. Conserv. 17: 4. 675-678.
24.Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C., and Broderson, W.D. 2002. Field Book for Describing and Sampling Soils, Version 2.0., Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE, USA, 228p.
25.Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy, 11th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service. Washington DC, USA. 338p.
26.Sparks, D.L. 2000. Bioavailability of soil potassium, P 38-52. In: Sumner, M.E. (ed.), Handbook of Soil Science, CRC Press, Boca Raton, FL.
27.Sparks, D.L., and Huang, P.M. 1985. Physical chemistry of soil potassium, P 201-276. In: Munson, R.D. (ed.), Potassium in Agriculture. Soil Sci. Soc. Am, Madison, USA.
28.Sumner, M.E., and Miller, W.P. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients, P 1201-1229. In: Sparks, D.L. (ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3: Chemical Methods. Agron. Monogr. 9, ASA, Madison, WI.
29.Sun, G., Wu, N., and Luo, P. 2005. Soil N pools and transformation rates under different land uses in a subalpine forest-grassland ecotone. Pedosphere. 1: 15. 52-58.
30.Tehrani, M.M., Khoramizadeh, F., and Davatgar, N. 2011. Spatial variability of available potassium in arable soils in Mazandaran. 12th Iranian soil science congress. Tabriz, Iran. (In Persian)
31.Tofighi, H. 1998. Study of rice response to potassium fertilizer in paddy soils in north of Iran. J. Agric. Sci. Iran. 29: 4. 869-883. (In Persian)
32.Vahdati Daneshmand, F., and Saidi, A. 1991. Geological quadrangle map of Amol and Sari, no. F4 and G4, scale 1:250000. Geological Survey of Iran, Tehran.
33.Wang, H.Y., Zhou, J.M., Du, Ch.W., and Chen, X.Q. 2010. Potassium fractions in soils as affected by monocalcium phosphate, ammonium sulfate, and potassium chloride application. Pedosphere. 3: 20. 368-377.

34.Zehtabian, Gh., Amiri, B., and Souri, M. 2005. The comparison of soil nutrients among agricultural lands and rangelands with emphasis on N, P and K (Case study: Khodabande, Zanjan). Pajouhesh & Sazandegi. 68: 9-19. (In Persian)
35.Zhang, H.M., Xu, M.G., Shi, X.J., Li, Z.Z., Huang, Q.H., and Wang, X.J. 2010. Rice yield, potassium uptake and apparent balance under long-term fertilization in rice-based cropping systems in southern China. Nutr. Cycl. Agroecosys. 88: 341-349.
36.Zhang, J.B., Song, C.C., and Wang, S.M. 2008. Short-term dynamics of carbon and nitrogen after tillage in a freshwater marsh of northeast China. Soil Till. Res. 99: 149-157.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 22(5), 2016
http://jwsc.gau.ac.ir

Assessment of factors influencing the spatial variability of available and total potassium in selected soils of Mazandaran province

***B. Purmohamadali[1] and H. Khademi[2]**
[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Isfahan University of Technology,
[2]Professor, Dept. of Soil Science, Isfahan University of Technology
Received: 11/08/2013; Accepted: 11/16/2014

Abstract

Background and Objectives: Potassium is one of the essential macronutrients for plants. Soil physico-chemical properties and management practices are important to balance different forms of potassium. Despite the undeniable role of potassium in crop plants and human, its deficiency in agricultural land has become a worldwide problem. This study was carried out to compare different land use effects on spatial variability of available and total potassium and to investigate the relationships between available and total potassium with soil characteristics in selected soils of Mazandaran province.

Materials and Methods: The study area is located between 36° 0′ and 36° 47′ N, 52° 19′ and 52° 5′ E. A total of 258 composite surface soil samples (0-10 cm) were taken from an area of about 5500 km^2 using a systematic sampling scheme. Also 5 profiles located in different land uses were studied. The amounts of available and total potassium in each soil sample were determined. Some soil properties including pH, calcium carbonate equivalent, organic matter, cation exchange capacity and particle size distribution were also measured. Indicator kriging was used to estimate the potassium deficient areas.

Results: The coefficient of variation of available potassium in the studied soil is 74 percent, which reflects its high levels of diversity. Potassium concentration in samples of shale and basaltic andesite rocks is more than soils that derived from them. But in other samples, potassium concentration in the rocks is less than their soils. The highest correlation between total and available potassium is related to non-paddy crop lands ($r=0.95$, $P<0.01$). Organic matter and cation exchange capacity have a significant positive correlation with available potassium in most land uses. Soils derived from various parent materials in the pastures have more available potassium than other land uses. The highest available potassium concentration is related to soils originating from marl in pasture land use. Probability map showed that soil available potassium is below the critical limit for rice cropping in an area of about 700 km^2, with a probability of more than 60 percent.

Conclusion: The results showed that surface and profile distribution of available potassium is controlled by factors affecting the potassium availability and subsequently, management and land use. Total potassium is affected by inherent factors such as parent materials. The concentration of available potassium was higher in pasture soil samples with high potassium-bearing primary minerals, organic matter and cation exchange capacity. The low values of available potassium in paddy fields can be attributed to long term intensive rice cropping without K-fertilization.

Keywords: Available potassium, Land use, Profile distribution, Spatial distribution, Total potassium

* Corresponding Author; Email: behrooz_pma@yahoo.com