



دانشگاه گوارزی و منابع طبیعی گوارز

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد بیست و سوم، شماره چهارم، ۱۳۹۵  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## تأثیر زئولیت بر توزیع شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک‌های ورتی‌سولز استان فارس

\*فاطمه جابریان<sup>۱</sup>، شهلا محمودی<sup>۲</sup>، سیدعلی ابطحی<sup>۳</sup> و مهرداد اسفندیاری<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی دکتری گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران،

<sup>۲</sup>استاد گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، <sup>۳</sup>استاد گروه خاکشناسی، دانشگاه شیراز،

<sup>۴</sup>دانشیار گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۲۰

### چکیده

**سابقه و هدف:** کانی زئولیت با توجه به سطح ویژه زیاد و ظرفیت تبادل کاتیونی بالا به‌عنوان یک اصلاح‌کننده شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مختلف می‌تواند تأثیرات ثانویه‌ای بر وضعیت قابلیت استفاده عناصر غذایی از جمله پتاسیم و تغییر شکل‌های مختلف این عنصر و در نتیجه چرخه آن گذارد. از طرفی افزودن این ترکیب به خاک‌های ورتی‌سولز که به‌طور عمده دارای مقادیر بالای رس‌های تثبیت‌کننده پتاسیم مانند اسمکتیت هستند می‌تواند بر توزیع پتاسیم اثر بگذارد. جهت بررسی این امر تأثیر افزودن مقادیر مختلف زئولیت و تیمار تر و خشک شدن بر روی ۶ خاک ورتی‌سولز که از مناطق مختلف استان فارس جمع‌آوری شده بودند، مورد مطالعه قرار گرفت.

**مواد و روش‌ها:** جهت انجام پژوهش بر اساس نقشه‌های خاکشناسی موجود، عکس‌های هوایی و نقشه‌های توپوگرافی خاک‌های ورتی‌سولز در استان فارس مشخص گردید و تعدادی خاکرخ در مناطق مختلف آب و هوایی حفر گردیدند. پس از تشریح، تعداد ۶ خاکرخ ورتی‌سولز به‌عنوان شاهد انتخاب شده که تقریباً تمام خاک‌های ورتی‌سولز مورد مطالعه در مناطق با رژیم رطوبتی زیریک در نیمه شمالی و قسمت‌های مرکزی استان قرار دارند و همه آن‌ها در گروه‌های بزرگ Haploxererts و Calcixererts قرار می‌گیرند. خاک‌ها در زمین نماهای دشت دامنه‌ای، فلات و اراضی پست قرار گرفته شده‌اند. آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی  $3 \times 2 \times 4 \times 6$  روی افق‌های سطحی با تیمارهای ۰، ۱، ۲/۵ و ۵ درصد زئولیت و تیمارهای بدون تری و خشکی و با تری و خشکی با سه تکرار انجام شد. پس از پایان ۸ روز شکل‌های مختلف پتاسیم شامل (محلول، تبدلی و غیرتبدلی) در نمونه‌ها اندازه‌گیری گردید. به‌منظور تجزیه آماری نمونه‌ها از نرم‌افزارهای SPSS، Excel، SAS و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

**یافته‌ها:** خاک‌های مورد مطالعه دارای رژیم‌های رطوبتی یوستیک و زیریک و رژیم‌های حرارتی مزیک، ترمیک و هایپرترمیک می‌باشند. اگرچه از نظر کانی‌شناسی نوع کانی‌ها در خاک‌های مختلف کم و بیش مشابه می‌باشد اما از آن‌جا که درصد فراوانی کانی‌های رسی در خاک‌ها بسیار متفاوت می‌باشد، مقدار شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک‌ها بسیار متفاوت است. کاربرد زئولیت سبب افزایش مقدار پتاسیم محلول و تبدلی شد، اما تأثیری بر مقدار پتاسیم غیرتبدلی نداشت که این به‌دلیل مقدار بالای پتاسیم در زئولیت و تمایل بالای زئولیت برای جذب پتاسیم می‌باشد.

\* مسئول مکاتبه: [fjaberian@gmail.com](mailto:fjaberian@gmail.com)

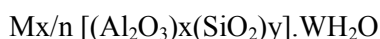
کاربرد ژئولیت بدون اعمال تیمار تر و خشکی و همراه با دوره‌های تر و خشک شدن سبب افزایش مقدار پتاسیم محلول در خاک‌های مختلف شده است. بیش‌ترین مقدار افزایش در خاک‌هایی که کانی اسمکتیت کم‌تری داشتند مشاهده شد. تیمار تری و خشکی سبب کاهش معنی‌دار پتاسیم محلول در همه نمونه‌ها شد. پتاسیم تبادلی با کاربرد ژئولیت به مقدار قابل‌توجهی افزایش یافته است. بیش‌ترین مقدار افزایش در پتاسیم تبادلی در خاک‌هایی که کانی اسمکتیت کم‌تری دارند، مشاهده شد. کاربرد ژئولیت سبب کاهش پتاسیم غیرتبادلی در خاک‌ها شده است اما در خاک ۴ تأثیر متفاوتی داشته و سبب افزایش پتاسیم غیرتبادلی شده است. این امر نشان‌دهنده تثبیت پتاسیم در این خاک‌ها به دلیل مقدار بالای کانی‌های تثبیت‌کننده پتاسیم می‌باشد. تیمارهای تری و خشکی سبب کاهش مقدار پتاسیم محلول و غیرتبادلی و افزایش پتاسیم تبادلی گردید.

**نتیجه‌گیری:** افزایش پتاسیم محلول در نتیجه کاربرد ژئولیت می‌تواند احتمال آبشویی پتاسیم را افزایش دهد؛ اما کاربرد ژئولیت می‌تواند با نگره‌داشتن پتاسیم در فاز تبادلی از آبشویی و تثبیت پتاسیم جلوگیری کند. با توجه به کاهش محسوس مقدار پتاسیم قابل‌استفاده در خاک‌های فارس که در نتیجه کشاورزی فشرده و عدم استفاده از کودهای حاوی پتاسیم رخ داده است. استفاده از ژئولیت ممکن است بتواند سبب بهبود وضعیت پتاسیم در این خاک‌ها گردد.

**واژه‌های کلیدی:** اسمکتیت، کانی‌رس، پتاسیم تبادلی، دوره‌های تر و خشک شدن

#### مقدمه

دارد. هر عاملی که روی توزیع پتاسیم بین شکل‌های مختلف اثر گذارد می‌تواند روی قابلیت استفاده این عنصر پرمصرف اثر گذارد (۶). پژوهش‌گران نشان دادند که عواملی مانند خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نوع کانی‌های رسی، تکامل خاک و رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک می‌توانند روی مقدار، توزیع و چرخه پتاسیم مؤثر باشد (۱۴). یکی از مهم‌ترین عواملی که ممکن است بر توزیع پتاسیم اثر گذارد فعالیت‌های انسان مانند افزودن کودهای آلی و شیمیایی و همچنین مواد اصلاح‌کننده خاک مانند ژئولیت می‌باشد (۱۵). کانی‌شناسی سوئدی در سال ۷۵۶، ژئولیت‌ها را به‌عنوان گروهی از کانی‌های آلومینوسیلیکاته معرفی کرد که از نظر کریستالوگرافی دارای فرمول سلول واحدی به‌صورت:



می‌باشند که در این فرمول M کاتیون قلیایی یا قلیایی‌خاکی با ظرفیت n است و W تعداد مولکول‌های آب و (x + y) بیانگر تعداد چهاروجهی‌های سلول

ورتی‌سول‌ها، خاک‌های رسی تیره رنگی هستند که حدود ۲/۴ درصد از اراضی دنیا را پوشش می‌دهند و حداقل ۳۰ درصد رس دارند و نوع رس‌های آن‌ها غالباً از نوعی است که انبساط‌پذیر است و تمامی سولوم خاک در طول دوره خشک دست‌خوش انقباض شده ترک‌ها و شکاف‌هایی در آن به وجود می‌آید (۱۲). ورتی‌سول‌ها از مواد مادری گوناگونی به وجود آمده‌اند اما به‌طور عمده در مواد آبرفتی جلگه‌های مسطح تکامل یافته‌اند. در ورتی‌سول‌ها یا باید اسمکتیت غالب باشد یا به مقدار کافی وجود داشته باشد (۷). طی پژوهشی حیدری و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه کانی‌شناسی خاک‌های ورتی‌سولز ایران به این نتیجه رسیدند که کانی غالب خاک‌های ورتی‌سولز، در مناطق مورد بررسی آن‌ها به‌ترتیب کلریت، پالی‌گورسکیت و ایلیت است و مقدار اسمکتیت و کائولینیت در این خاک‌ها بسیار کم‌تر است (۷). پتاسیم در خاک به چهار شکل اصلی پتاسیم محلول، تبادلی، غیرتبادلی و ساختمانی وجود

پتاسیم به وسیله کانی‌های اسمکتیت موجود در این خاک‌ها و همچنین قدرت عصاره‌گیرها در استخراج پتاسیم از بخش غیرتبادلی این خاک‌ها بیان کردند (۱۶). به هر حال زئولیت شکل‌های مختلف پتاسیم در سایر خاک‌ها را به مقدار قابل توجهی افزایش داده است. مقدار همه شکل‌های پتاسیم در ورتی‌سولزها بیش‌تر از دیگر راسته‌های خاک می‌باشد که این به علت مقدار رس بیش‌تر و غالبیت رس اسمکتیت در بخش رس آن‌هاست (۱۳). طی پژوهشی سرینواسارائو و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعات خود نشان دادند که نیاز کودی پتاسیم جهت افزایش یک واحد در پتاسیم قابل استفاده در خاک‌های ورتی‌سولز به علت وجود کانی رسی ورمیکولیت حداکثر می‌باشد (۳۱). تر و خشک شدن و یخ زدن و آب شدن به شدت روی تثبیت پتاسیم اثر می‌گذارد (۱۰). به نظر می‌رسد نیاز است مطالعات بیش‌تری روی تأثیر زئولیت در خاک‌های ورتی‌سولز به خصوص انواع تکامل یافته در اقلیم‌های مختلف و با منشأ متفاوت مواد مادری و کانی‌شناسی انجام شود. به‌طور کلی اهداف این پژوهش، بررسی ویژگی‌های خاک‌های ورتی‌سولز استان فارس به‌ویژه بررسی کانی‌شناسی آن‌ها، بررسی وضعیت شکل‌های مختلف پتاسیم شامل محلول، تبدلی و غیرتبدلی در خاک‌های ورتی‌سولز و بررسی تأثیر افزودن مقادیر مختلف زئولیت بر توزیع این شکل‌ها و همچنین تأثیر تیمار دوره‌های تری و خشکی بر شکل‌های مختلف پتاسیم می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

استان فارس دارای رژیم‌های رطوبتی خاک زریک، یوستیک و اریدیک و رژیم‌های حرارتی خاک مزیک، ترمیک و هایپرترمیک می‌باشد. خاک‌های مورد مطالعه از مواد مادری به شدت آهکی که تقریباً همگی آبرفتی هستند، نشأت گرفته‌اند. کاربری خاک‌ها اغلب

واحد می‌باشد که ساختمان ویژه آن‌ها و توانایی این کانی‌ها در جذب و تبادل یونی، امکان به‌کارگیری آن‌ها را به‌عنوان بستر رشد گیاه فراهم ساخته است (۱). زئولیت‌ها به‌صورت گسترده‌ای برای پالایش خاک‌ها، کنترل فرسایش خاک و بهبود خصوصیات خاک استفاده می‌شوند (۳۲). با افزودن زئولیت به خاک میزان عناصر غذایی در خاک تغییر می‌یابد و سرعت جذب آن‌ها در خاک متعادل‌تر می‌شود به‌گونه‌ای که این عناصر به‌صورت متناسب‌تری در دسترس گیاه قرار می‌گیرند (۲۷). این ماده به واسطه خاصیت فیزیکوشیمیایی خود و تأثیری که از نظر تعادل بار الکتریکی در سطح خود دارد در تبادلات یونی خاک نقش ایفا می‌نماید (۵). زئولیت‌ها ترکیبات به‌ساز خاکی هستند که اگرچه به‌منظور بهبود وضعیت پتاسیم خاک مورد استفاده قرار نمی‌گیرند اما تأثیرات ثانویه آن‌ها ممکن است روی توزیع و چرخه پتاسیم خاک مؤثر باشد. فیلیچوا و تسادپلاس (۲۰۰۲) نتیجه گرفتند که افزودن زئولیت سبب افزایش پتاسیم تبدلی خاک می‌شود (۴). رضایی و موحدی‌نائینی (۲۰۰۹) نشان دادند که افزودن زئولیت به خاک‌های ایران سبب کاهش سرعت آزادسازی پتاسیم از کانی‌های خاک می‌گردد (۲۳). طی پژوهشی نوربخش و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که با توجه به شرایط منحصر به فرد زئولیت‌ها از قبیل وفور قابل توجه زئولیت‌های طبیعی در کشور، استخراج آسان و سرانجام قیمت اقتصادی مناسب، به‌کارگیری این ترکیبات همراه با کودهای شیمیایی می‌تواند تأثیر کودهای شیمیایی را افزایش و باعث مصرف بهینه آن‌ها شود (۱۹). مطالعات نجفی‌قیری و اولیایی (۲۰۱۴) نشان داد که خاک‌های متعلق به راسته ورتی‌سولز که دارای کانی غالب اسمکتیت بودند کم‌تر تحت تأثیر افزودن زئولیت قرار گرفتند. آن‌ها دلیل این امر را قدرت بالای تثبیت

غیرتبادلی از اسید نیتریک یک مولار جوشان و پتاسیم کل از محلول تیزاب سلطانی استفاده شد. پتاسیم غیرتبادلی از تفاضل پتاسیم قابل استخراج با اسیدنیتریک و پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیم به دست آمد. غلظت پتاسیم در عصاره‌ها با استفاده از دستگاه شعله‌سنج اندازه‌گیری گردید. همه اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار صورت گرفت. زئولیت مورد استفاده از معادن سمنان استخراج و سپس آسیاب و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. کانی اصلی تشکیل‌دهنده زئولیت کلینوپتیلولیت ( $\text{CEC}=170 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) بود. آزمایش‌های مربوط به تأثیر زئولیت به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی  $3 \times 2 \times 4 \times 6$  روی افق‌های سطحی (عمق ۰-۲۰ سانتی‌متر) ۶ خاک ورتی‌سولز با تیمارهای ۰، ۱، ۲/۵ و ۵ درصد زئولیت و تیمارهای بدون تری و خشکی و با تری و خشکی با سه تکرار انجام شد. به ۲۰۰ گرم خاک مقادیر مورد نیاز زئولیت اضافه شده تا تیمارهای مورد نظر به دست آید. سپس خاک با مواد افزوده شده کاملاً مخلوط گردید. نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی به مدت ۹۰ روز در دمای  $22 \pm 2$  درجه سلسیوس نگهداری شدند. رطوبت نمونه‌ها روزانه از طریق توزین کنترل و در ۵۰ درصد رطوبت اشباع حفظ گردید. سپس نمونه‌ها هواخشک شده و پس از خرد کردن، کلوخه‌های حاصل از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شده و کاملاً مخلوط گردیدند. شکل‌های مختلف پتاسیم شامل محلول، تبدالی و غیرتبدالی برای همه نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (۱۷). برای تعیین تأثیر فرآیند تر و خشک شدن بر توزیع شکل‌های پتاسیم، به ۵۰ گرم از نمونه‌های تیمار شده با زئولیت در مرحله قبل ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شده و به مدت ۲۴ ساعت تکان داده شد و سپس ۲۴ ساعت در دمای ۵۰ درجه سلسیوس خشک گردیدند. این عمل چهار بار تکرار گردید. دسته دیگری از نمونه‌ها نیز به همین روش

آیش و یا کشت گندم می‌باشد. بیش‌تر خاک‌های منطقه دارای توزیع اندازه ذرات ریز بوده و دارای زهکشی ضعیف و بسیار ضعیف می‌باشند. سفره آب زیرزمینی در بیش‌تر مناطق به علت استفاده بیش از حد بسیار پایین می‌باشند. جهت انجام پژوهش بر اساس نقشه‌های خاکشناسی موجود، عکس‌های هوایی و نقشه‌های توپوگرافی خاک‌های ورتی‌سولز در استان فارس مشخص گردید و تعدادی خاکرخ در مناطق مختلف آب و هوایی حفر گردیدند. پس از تشریح، تعداد ۶ خاکرخ ورتی‌سولز به عنوان شاهد انتخاب شده و خصوصیات کلی هر پروفیل با استفاده از راهنمای تشریح خاک وزارت کشاورزی آمریکا (۲۰۱۴) در کارت تشریح ثبت گردیده (۲۹). خاک‌های منطقه بر اساس سیستم رده‌بندی خاک آمریکایی (۲۰۱۴) طبقه‌بندی گردیدند (۳۰). از افق‌های مختلف هر پروفیل نمونه‌برداری صورت گردید و پس از هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی‌متری آزمایش‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی شامل توزیع اندازه ذرات خاک به روش هیدرومتر (۲۶)، واکنش خاک توسط دستگاه پهاش‌متر شیشه‌ای در گل اشباع، کربنات‌کلسیم به روش تیتراسیون برگشتی اسید کلریدریک (۲۴)، قابلیت هدایت الکتریکی خاک در عصاره گل اشباع توسط دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات‌آمونیم ۱ نرمال (۲) و مقدار کربن آلی به روش سوزاندن تر نلسون و سومرز (۱۹۹۶) روی نمونه‌ها صورت گرفت (۱۸). خالص‌سازی رس نیز با روش‌های کیتریک و هوپ (۱۹۶۳) و جکسون (۱۹۷۵) با استفاده از دستگاه تفرق پرتوی ایکس زیمنس مدل D۵۵۰۰ صورت گرفت (۹، ۱۱). اندازه‌گیری شکل‌های مختلف پتاسیم افق‌های سطحی (عمق ۰-۲۰ سانتی‌متر) به روش هلمک و اسپارکز (۱۹۹۶) انجام شد (۸). در این روش، جهت اندازه‌گیری پتاسیم تبدالی از استات آمونیم یک مولار خنثی، پتاسیم

## نتایج و بحث

رده‌بندی خاک‌ها، موقعیت و رژیم‌های رطوبتی و حرارتی آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. این خاک‌ها به راسته ورتی‌سولز تعلق دارند. موقعیت جغرافیایی پروفیل‌های حفرشده و ارتفاع از سطح دریا در این جدول دیده می‌شود. خاک‌های مورد مطالعه دارای رژیم‌های رطوبتی یوستیک و زیریک و رژیم‌های حرارتی مزیک، ترمیک و هایپرترمیک می‌باشند.

مورد تیمار قرار گرفته شد اما به‌جای قرار گرفتن در آون و خشک شدن، در دمای اتاق به حالت تعادل قرار گرفتند و سعی شد تبخیری از آن‌ها صورت نگیرد. پس از پایان ۸ روز شکل‌های مختلف پتاسیم به روش‌های بیان شده در مرحله قبل اندازه‌گیری گردید (۱۴). جهت آنالیز آماری نمونه‌ها از نرم‌افزارهای SAS، Excel، SPSS و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

جدول ۱- موقعیت، رده‌بندی و رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌های مطالعه شده.

Table 1. Location, classification, moisture and temperature regimes of studied soils.

موقعیت Location	رژیم حرارتی Temperature regimes	رژیم رطوبتی Moisture regimes	طبقه‌بندی خاک Classification	ارتفاع (m) Altitude	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	خاک soil
ارسنجان Arnsanjan	ترمیک thermic	زریک xeric	Typic Calcixererts	1658	3314551	39R 0692015	1
ارسنجان Arnsanjan	ترمیک Thermic	زریک xeric	Typic Calcixererts	1647	3303267	39R 0704798	2
مرودشت Marvdasht	ترمیک Thermic	زریک xeric	Typic Haploxererts	1611	3318319	39R 0660688	3
سپیدان Sepidan	مزیک Mesic	زریک xeric	Typic Haploxererts	1941	3335356	39R 0599859	4
فسا Fasa	ترمیک Thermic	زریک xeric	Aridic Haploxererts	1219	3185612	39R 0771911	5
داراب Darab	هایپرترمیک hyperthermic	یوستیک ustic	Typic Haplusterts	1078	28-39-628	54-28-378	6

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های نمایانگر حاصلخیزی خاک در دامنه ۹-۲۴ میلی‌اکی‌والان بر صد گرم و میانگین ۱۵ می‌باشد. بیش‌ترین مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی مربوط به خاک شماره ۴ بوده که دارای رس بالایی است، در حالی که کم‌ترین مقدار آن مربوط به خاک لومی شماره ۵ می‌باشد که با توجه به این که مقدار رس کم‌تری نسبت به بقیه خاک‌ها دارد قابل انتظار می‌باشد. مقادیر واکنش خاک در دامنه ۸/۰۷-۷/۴ تغییر می‌کند. شاید بتوان مهم‌ترین ویژگی

نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی افق‌های سطحی (عمق ۰-۲۰ سانتی‌متر) و طبقه‌بندی خاک‌های مورد مطالعه به‌طورکلی در جدول ۲ آورده شده است.

پتاسیم کل در خاک‌های مورد مطالعه از ۰/۴۲ تا ۰/۹۱ درصد متغیر می‌باشد. مقدار رس در خاک‌های مورد مطالعه در دامنه ۳۰-۵۳ درصد (میانگین ۴۱ درصد) می‌باشد. بیش‌ترین مقادیر رس، در خاک‌های ۱، ۶ و ۴ وجود دارد. کم‌ترین مقدار رس نیز در خاک شماره ۵ مشاهده شد. ظرفیت تبادل کاتیونی به‌عنوان

۳/۱ دسی‌زیمنس بر متر می‌رسد که میانگین آن ۱/۴ دسی‌زیمنس بر متر است که به‌نظر می‌رسد بیش‌تر خاک‌ها در گروه خاک‌های غیرشور ( $EC < 2 \text{ dS m}^{-1}$ ) قرار می‌گیرند و دارای محدودیت نمی‌باشند. نتایج تحلیل پراش پرتو ایکس بخش رس ( $> 0.002$  میلی‌متر) افق‌های سطحی (عمق ۰-۲۰ سانتی‌متر) خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۳ نشان داده شده است.

خاک‌های مورد مطالعه را مقدار کربنات کلسیم معادل آن‌ها دانست. مقادیر کربنات کلسیم معادل در این خاک‌ها در دامنه ۴۸-۲۷ درصد (میانگین ۳۹ درصد) می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که مقدار گچ بسیار کم و یا بدون گچ (میانگین ۰/۱۵ درصد) می‌باشد. مقادیر ماده آلی در دامنه ۱/۷-۰/۷ درصد (میانگین ۱/۱ درصد) می‌باشد. مقدار قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع به‌عنوان نمایانگر مقدار شوری خاک تا

جدول ۲- خصوصیات فیزیکوشیمیایی افق‌های سطحی (عمق ۰-۲۰ سانتی‌متر) خاک‌های مورد مطالعه.

Table 2. Physico-chemical characteristics (0-20 cm) of the studied soils.

پتاسیم کل Total K (%)	EC ( $\text{dS m}^{-1}$ )	CEC ( $\text{meq}(+)/100\text{g}$ )	ماده آلی OM (%)	گچ Gypsum (%)	کربنات کلسیم CCE	پ‌هاش pH	بافت Texture	رس (%) Clay	خاک soil
0.91	0.1	17	1.5	-	40	7.5	رس سیلتی Silty lay	53	1
0.85	1.2	15	0.8	0.1	31	7.5	لوم رسی سیلتی Silty lay loam	39	2
0.60	1.4	14	1.6	0.2	47	7.4	لوم رسی Clay loam	35	3
0.69	0.7	24	1.7	-	27	7.4	رسی Clay	43	4
0.76	3.1	9	0.8	-	43	7.5	لوم Loam	30	5
0.42	1.89	13	0.7	-	48	8.7	رسی Clay	52	6

جدول ۳- مقادیر نسبی کانی‌های موجود در بخش رس خاک‌های مورد مطالعه (عمق ۰-۲۰ سانتی‌متر).

Table 3. The relative amounts of minerals in soils studied (0-20 cm).

کانی‌ها (%) Minerals (%)						خاک soil
کائولینیت kaolinite	کوارتز Quartz	پالیگورسکیت Palygorskite	اسمکتیت Smectite	کلریت Chlorite	ایلیت Illite	
-	-	24	20	36	20	1
-	-	21	23	39	17	2
6	-	20	30	23	21	3
-	11	-	57	19	13	4
-	7	20	23	30	20	5
-	10	17	17	35	21	6
1	5	17	28	30	19	میانگین mean

می‌باشد. کانی ایلیت و کلریت در همه خاک‌ها وجود داشته. کائولینیت در بعضی از خاک‌ها به مقدار ناچیز یافت شده و به‌طور کلی میانگین فراوانی این کانی در خاک‌های مورد مطالعه کم‌تر از ۱ درصد می‌باشد. مقدار کوارتز در بخش رس بعضی خاک‌ها مانند خاک‌های ۴ و ۶ بیش‌تر از بقیه خاک‌ها بوده اما به‌طور میانگین حدود ۵ درصد از بخش رس خاک‌ها را تشکیل می‌دهد. دلایل گسترش کوارتز این می‌باشد که بعد از فلدسپات‌ها، فراوان‌ترین کانی در پوسته زمین است و همچنین این کانی بسیار مقاوم به هوازدگی است. مقدار پتاسیم محلول در خاک‌های مورد مطالعه و همچنین تأثیر افزودن ۰، ۱، ۲/۵ و ۵ درصد زئولیت و تیمار تر و خشک شدن بر میزان تغییرات پتاسیم محلول در جدول ۴ نشان داده شده است.

مهم‌ترین کانی‌های بخش رس خاک‌ها شامل ایلیت، کلریت، پالیگورسکیت، اسمکتیت، کائولینیت و کوارتز می‌باشد. همان‌طور که نشان داده شده است بخش رس این خاک‌ها از نظر نوع کانی‌های رسی تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند اما درصد فراوانی این کانی‌ها بسیار متفاوت می‌باشد؛ طوری که خاک ۴ و ۳ دارای کانی غالب اسمکتیت و خاک‌های ۱، ۲، ۵ و ۶ دارای کانی غالب کلریت می‌باشند. فراوان‌ترین کانی‌های بخش رس خاک‌های سطحی مناطق مورد مطالعه اسمکتیت و کلریت با ۲۸ و ۳۰ درصد می‌باشند. پس از آن‌ها ایلیت حدود ۱۹ درصد از کانی‌های بخش رس خاک‌های سطحی را به خود اختصاص می‌دهد. کانی پالیگورسکیت در مناطق خشک‌تر وجود داشته و در مناطق با بارندگی بیش‌تر (خاک شماره ۴) این کانی وجود ندارد که این به‌دلیل تبدیل آن به کانی اسمکتیت

جدول ۴- تأثیر افزودن زئولیت و تیمار تری و خشکی بر مقدار پتاسیم محلول ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) در خاک‌های مورد مطالعه.

Table 4. Effect of zeolite and wetting and drying cycles on soluble potassium content ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

زئولیت zeolite (5%)	زئولیت zeolite (2.5%)	زئولیت zeolite (1%)	شاهد Control	تیمار تر و خشک شدن wetting and drying	خاک Soil
65	55	55	50	Without W&D	1
69	50	43	42	With W&D	
65	58	49	42	Without W&D	2
45	35	37	35	With W&D	
82	75	65	60	Without W&D	3
82	57	42	33	With W&D	
38	34	33	30	Without W&D	4
38	31	30	26	With W&D	
54	38	38	40	Without W&D	5
37	32	33	38	With W&D	
112	83	77	50	Without W&D	6
76	48	47	45	With W&D	
69A	57B	53B	45C	Without W&D	Mean
58A	42B	39B	36.5B	With W&D	

حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۱ درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

Means followed by different letters are significantly different at  $P < 0.01$  by Duncan's test.

۸۰، ۶۱۰۰، ۷۴۶۰ و ۱۷۶۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. افزودن زئولیت تأثیر معنی‌داری روی مقدار میانگین پتاسیم محلول در خاک‌های مورد مطالعه

نتایج به‌دست آمده از آنالیز شکل‌های پتاسیم در زئولیت مورد استفاده نشان داد که مقدار پتاسیم محلول، تبادلی، غیرتبادلی و کل در زئولیت به‌ترتیب

زئولیت به مقدار قابل توجهی افزایش یافته است. اما این افزایش در خاک ۴ کم‌تر از بقیه خاک‌ها می‌باشد که این می‌تواند در نتیجه تثبیت پتاسیم به وسیله کانی اسمکتیت باشد. کاربرد زئولیت بدون اعمال تیمار تر و خشکی و همراه با دوره‌های تر و خشک شدن سبب افزایش مقدار پتاسیم تبادلی در خاک‌های مختلف شده است. آزمون در شرایط اعمال تیمار تر و خشک شدن و بدون دوره‌های تر و خشک تفاوت معنی‌داری را میان سطوح ۰، ۱، ۲/۵ و ۵ درصد زئولیت خاک‌های مورد مطالعه نشان داد. همان‌گونه که تجزیه زئولیت نشان می‌دهد مقدار پتاسیم تبادلی در آن نسبت به پتاسیم محلول بسیار بیش‌تر می‌باشد. بنابراین در خاک‌های اسمکتیتی که قدرت تثبیت بالایی پتاسیم دارند (مانند خاک ۴) و همچنین خاک‌های درشت‌بافت که افزایش پتاسیم محلول خطر آبخویی این عنصر را افزایش می‌دهد کاربرد زئولیت می‌تواند پتاسیم را در فاز تبادلی نگه داشته و از تثبیت و آبخویی آن جلوگیری کند، پانچو و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعات خود نتایج مشابهی را نشان دادند (۲۱).

دارد. کاربرد زئولیت بدون اعمال تیمار تر و خشکی و همراه با دوره‌های تر و خشک شدن سبب افزایش مقدار پتاسیم محلول در خاک‌های مختلف شده است. بیش‌ترین مقدار افزایش در خاک ۶ مشاهده شد که این می‌تواند در نتیجه کم‌تر بودن کانی اسمکتیت در این خاک باشد. تیمار تری و خشکی سبب کاهش معنی‌دار پتاسیم محلول در همه نمونه‌ها شد. درجه تثبیت یا آزادسازی پتاسیم تحت شرایط تری و خشکی بستگی به نوع کلوئیدهای موجود و غلظت یون‌های پتاسیم در محلول خاک دارد (۲۳). مقدار پتاسیم تبادلی در خاک‌های مورد مطالعه و همچنین تأثیر افزودن ۰، ۱، ۲/۵ و ۵ درصد زئولیت و تیمار تر و خشک شدن بر میزان تغییرات پتاسیم تبادلی در جدول ۵ نشان داده شده است. مقدار پتاسیم تبادلی در خاک‌های مورد مطالعه از ۲۴۳ تا ۴۵۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر بوده که با افزودن زئولیت به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. درصد بالایی از پتاسیم در زئولیت مورد استفاده در بخش تبادلی قرار گرفته است. اگرچه مشاهده می‌شود پتاسیم تبادلی با کاربرد

جدول ۵- تأثیر افزودن زئولیت و تیمار تری و خشکی بر مقدار پتاسیم تبادلی ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) در خاک‌های مورد مطالعه.

Table 5. Effect of zeolite and wetting and drying cycles on exchangeable k content ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

زئولیت zeolite (5%)	زئولیت zeolite (2.5%)	زئولیت zeolite (1%)	شاهد Control	تیمار تر و خشک شدن wetting and drying	خاک Soil
667	534	445	414	Without W&D	1
701	588	498	442	With W&D	
694	530	456	375	Without W&D	2
740	579	490	398	With W&D	
563	383	318	250	Without W&D	3
605	421	360	287	With W&D	
620	533	486	455	Without W&D	4
690	584	503	469	With W&D	
593	375	319	243	Without W&D	5
647	415	344	263	With W&D	
633	444	381	325	Without W&D	6
692	501	426	346	With W&D	
629A	467B	401C	344D	Without W&D	Mean
679A	515B	437C	368D	With W&D	

حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۱ درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

Means followed by different letters are significantly different at  $P < 0.01$  by Duncan's test.



توجه به این که زئولیت سبب کاهش پتاسیم غیرتبادلی و افزایش پتاسیم تبادلی شده است این امر نشان دهنده تمایل بالای زئولیت در جذب پتاسیم از خاک و نگهداری آن به صورت تبادلی می باشد. کاربرد زئولیت در خاک ۴ تأثیر متفاوتی داشته و سبب افزایش پتاسیم غیرتبادلی شده است. این امر نشان دهنده تثبیت پتاسیم در این خاکها به دلیل مقدار بالای کانی های تثبیت کننده پتاسیم می باشد.

مقدار پتاسیم غیرتبادلی در خاکهای مورد مطالعه و همچنین تأثیر افزودن ۰، ۱، ۲/۵ و ۵ درصد زئولیت و تیمار تر و خشک شدن بر میزان تغییرات پتاسیم غیرتبادلی در جدول ۶ نشان داده شده است. مقدار پتاسیم غیرتبادلی در خاکهای مورد مطالعه از ۳۲۳ تا ۹۰۲ میلی گرم بر کیلوگرم متغیر می باشد. کاربرد زئولیت سبب کاهش معنی دار پتاسیم غیرتبادلی در خاکها شده است. این بدین معنی است که زئولیت سبب آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی از کانی ها می شود. با

جدول ۶- تأثیر افزودن زئولیت و تیمار تری و خشکی بر مقدار پتاسیم غیرتبادلی ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

**Table 6. Effect of zeolite and wetting and drying cycles on non-exchangeable potassium content ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).**

زئولیت zeolite (5%)	زئولیت zeolite (2.5%)	زئولیت zeolite (1%)	شاهد Control	تیمار تر و خشک شدن wetting and drying	خاک Soil
454	438	460	423	Without W&D	1
470	403	412	399	With W&D	
455	438	395	470	Without W&D	2
423	413	371	419	With W&D	
388	356	351	323	Without W&D	3
291	333	331	316	With W&D	
1103	1053	975	902	Without W&D	4
1151	992	981	892	With W&D	
386	373	469	524	Without W&D	5
338	340	443	492	With W&D	
462	506	487	498	Without W&D	6
439	484	468	482	With W&D	
541A	527A	524A	523A	Without W&D	Mean
519A	501A	500A	494A	With W&D	

حرف A نشان دهنده تفاوت معنی دار میانگینها در سطح احتمال ۱ درصد با آزمون دانکن می باشد.

Means followed by A letter aren't significantly different at  $P < 0.01$  by Duncan's test.

خاکهای ورتی سولز مورد مطالعه در مناطق با رژیم رطوبتی زیریک در نیمه شمالی و قسمت های مرکزی استان قرار دارند و همه آنها در گروه های بزرگ Calcixererts و Haploxererts (خاک های ۴ و ۵) قرار می گیرند. در واقع شرایط رطوبتی و حرارتی مناطق با رژیم رطوبتی یوستیک در ایران متفاوت از مناطق مرطوب بوده و فقط به علت میانگین

در استان فارس پس از راسته اینسپتی سولز و انتی سولز، خاکهای ورتی سولز بیشترین پراکندگی را دارند. اگرچه گسترش جهانی خاکهای ورتی سولز (حدود ۶۵ درصد مساحت آنها) در مناطق با رژیم رطوبتی یوستیک بوده و فقط ۴ درصد این خاکها در مناطق با رژیم رطوبتی زیریک قرار دارند (۳۰)، اما این روند در استان فارس متفاوت بوده و تقریباً تمام

نتیجه تورق لایه‌های رس (۲۸). برآیند این دو به فرآیند غالب بستگی داشته و تعیین‌کننده آزادسازی یا تثبیت پتاسیم می‌باشد (۲۰). پتاسیم تبدلی با کاربرد ژئولیت به مقدار قابل‌توجهی افزایش یافته است. به هر حال این افزایش در خاک ۴ کم‌تر از بقیه خاک‌ها می‌باشد که این می‌تواند در نتیجه تثبیت پتاسیم به‌وسیله کانی اسمکتیت باشد. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که ژئولیت تمایل زیادی برای جذب پتاسیم خاک دارد (۲۱). همان‌گونه که تجزیه ژئولیت نشان می‌دهد مقدار پتاسیم تبدلی در آن نسبت به پتاسیم محلول بسیار بیش‌تر می‌باشد. بنابراین در خاک‌های اسمکتیتی که قدرت تثبیت بالای پتاسیم دارند (مانند خاک ۴) و همچنین خاک‌های درشت‌بافت که افزایش پتاسیم محلول خطر آبخوبی این عنصر را افزایش می‌دهد کاربرد ژئولیت می‌تواند پتاسیم را در فاز تبدلی نگه داشته و از تثبیت و آبخوبی آن جلوگیری کند. این نتایج موافق یافته‌های فیلیچوا و تسادیلاس (۲۰۰۲) و رودریگز و همکاران (۲۰۰۵) می‌باشد که بیان می‌کنند کاربرد ژئولیت سبب افزایش معنی‌دار پتاسیم تبدلی خاک می‌گردد (۴، ۲۵). کاربرد ژئولیت سبب کاهش پتاسیم غیرتبدلی در خاک‌ها شده است. این بدین معنی است که ژئولیت سبب آزادسازی پتاسیم غیرتبدلی از کانی‌ها می‌شود. در این پژوهش تیمارهای تری و خشکی سبب کاهش مقدار پتاسیم غیرتبدلی گردید. با توجه به این‌که ژئولیت سبب کاهش پتاسیم غیرتبدلی و افزایش پتاسیم تبدلی شده است این امر نشان‌دهنده تمایل بالای ژئولیت در جذب پتاسیم از خاک و نگهداری آن به‌صورت تبدلی می‌باشد. کاربرد ژئولیت در خاک ۴ تأثیر متفاوتی داشته و سبب افزایش پتاسیم غیرتبدلی شده است. این امر نشان‌دهنده تثبیت پتاسیم در این خاک‌ها به‌دلیل مقدار بالای کانی‌های تثبیت‌کننده پتاسیم می‌باشد. اگر چه پدیده تثبیت پتاسیم همیشه به‌عنوان یک پدیده مضر در خاک

دمای بالا، خاک‌های مورد مطالعه در این رژیم رطوبتی قرار می‌گیرند. اگرچه از نظر کانی‌شناسی نوع کانی‌ها در خاک‌های مختلف کم و بیش مشابه می‌باشد اما همان‌طور که مشاهده می‌شود فراوانی کانی اسمکتیت در مناطق با بارندگی بالا و تبخیر و تعرق پایین (رژیم رطوبتی و حرارتی زیریک و مزیک) بسیار بالا و بیش از ۵۰ درصد می‌باشد. این در حالی است که مقدار این کانی در خاک‌های مناطق کم‌باران‌تر با رژیم رطوبتی یوستیک و رژیم حرارتی هایپرترمیک به ۱۷ درصد می‌رسد. از آن‌جا که خاک شماره ۴ با رده‌بندی Typic Haploxererts دارای بیش‌ترین مقدار اسمکتیت و رس بالایی می‌باشد، بیش‌ترین مقدار پتاسیم تبدلی و غیرتبدلی نیز مربوط به این خاک است و دارای کم‌ترین مقدار درصد کربنات کلسیم می‌باشد که با توجه به اثر رقت قابل انتظار می‌باشد. کاربرد ژئولیت بدون اعمال تیمار تر و خشکی و همراه با دوره‌های تر و خشک شدن سبب افزایش مقدار پتاسیم محلول در خاک‌های مختلف شده است. بیش‌ترین مقدار افزایش در خاک ۶ مشاهده شد که این می‌تواند در نتیجه کم‌تر بودن کانی اسمکتیت در این خاک باشد. نتایج پژوهش‌گران نشان می‌دهد که ژئولیت سبب افزایش مقدار پتاسیم محلول در خاک‌هایی که دارای پتاسیم محلول کم می‌باشند می‌شود، از طرف دیگر افزودن ژئولیت به خاک‌های دارای مقدار پتاسیم محلول بالا سبب کاهش مقدار پتاسیم محلول شده است (۲۲). در این پژوهش تیمار تری و خشکی سبب کاهش معنی‌دار پتاسیم محلول در همه نمونه‌ها شد. درجه تثبیت یا آزادسازی پتاسیم تحت شرایط تری و خشکی بستگی به نوع کلویدهای موجود و غلظت یون‌های پتاسیم در محلول خاک دارد. با خشک شدن خاک دو فرآیند متفاوت ممکن است اتفاق افتد: تثبیت پتاسیم در محل‌های تبدلی گوه‌ای شکل و آزادسازی پتاسیم در

تحت کشت برنج و یا در مناطق با بارندگی بالا، مفید می‌باشد (۳)، اما به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد زئولیت سبب تمرکز بیش‌تر پتاسیم خاک در فاز محلول و تبادل می‌شود که این نتایج می‌تواند در مدیریت کاربرد این مواد از نظر جلوگیری از هدرروی پتاسیم از خاک (آبشویی و تثبیت) بسیار مهم باشد.

### نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی کاربرد زئولیت سبب افزایش مقدار پتاسیم محلول و تبادل شد اما تأثیری بر مقدار پتاسیم غیرتبادلی نداشت که این به‌دلیل مقدار بالای پتاسیم در زئولیت و تمایل بالای زئولیت برای جذب پتاسیم می‌باشد. بیش‌ترین مقدار افزایش در پتاسیم تبادل می‌شود. تیمارهای تری و خشکی سبب کاهش مقدار پتاسیم محلول و غیرتبادلی و افزایش پتاسیم تبادل گردید. با توجه به کاهش محسوس مقدار پتاسیم قابل استفاده در خاک‌های ایران که در نتیجه کشاورزی فشرده و عدم استفاده از کودهای حاوی پتاسیم رخ داده است. استفاده از زئولیت با توجه به ذخائر انبوه زئولیت‌ها در کشور و همچنین کیفیت بالای آن‌ها، ممکن است بتواند سبب بهبود وضعیت پتاسیم در این خاک‌ها گردد.

در نظر گرفته نشده و حتی در بعضی موارد مانند خاک‌های درشت‌بافت تحت کشت برنج و یا در مناطق با بارندگی بالا، مفید می‌باشد (۳) اما به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد زئولیت سبب تمرکز بیش‌تر پتاسیم خاک در فاز محلول و تبادل می‌شود که این نتایج می‌تواند در مدیریت کاربرد این مواد از نظر جلوگیری از هدرروی پتاسیم از خاک (آبشویی و تثبیت) بسیار مهم باشد. زیرا اگر چه خاک‌های آهکی دارای کانی‌های غنی از پتاسیم هستند که قادرند مقادیر قابل‌توجهی پتاسیم برای گیاه مهیا کنند، این خاک‌ها می‌توانند در نتیجه افزایش هوادیدگی و آبشویی یا استخراج پتاسیم در سیستم‌های کشاورزی فشرده تبدیل به خاک‌های با کمبود پتاسیم شوند. با توجه به این‌که زئولیت سبب کاهش پتاسیم غیرتبادلی و افزایش پتاسیم تبادل شده است این امر نشان‌دهنده تمایل بالای زئولیت در جذب پتاسیم از خاک و نگهداری آن به‌صورت تبادل می‌باشد. کاربرد زئولیت در خاک ۴ تأثیر متفاوتی داشته و سبب افزایش پتاسیم غیرتبادلی شده است. این امر نشان‌دهنده تثبیت پتاسیم در این خاک‌ها به‌دلیل مقدار بالای کانی‌های تثبیت‌کننده پتاسیم می‌باشد. اگرچه پدیده تثبیت پتاسیم همیشه به‌عنوان یک پدیده مضر در خاک در نظر گرفته نشده و حتی در بعضی موارد مانند خاک‌های درشت‌بافت

### منابع

1. Asadi, Y. 2008. The effect of natural zeolite. Proceedings of the First International Conference of Iranian zeolite. (In Persian)
2. Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity. P 891-901, In: C.A. Black (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Madison (WI): America Society of Agronomy.
3. Dhaliwal, A.K., Gupta, R.K., Singh, Y., and Singh, B. 2006. Potassium fixation and release characteristics of some benchmark soil series under rice-wheat cropping system in the Indo-Gangetic plains of northwestern India. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 37: 827-845.
4. Filcheva, E.G., and Tsadilas, C.D. 2002. Influence of clinoptilolite and compost on soil properties. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 33: 3-4. 595-607.
5. Ghorbani, H., and Babaei, A. 2008. The effect of natural zeolite on ions adsorption and reducing solution electrical conductivity Na and K solutions. International meeting on soil fertility land management and agroclimatologu. Turkey, Pp: 974-955.

6. Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., and Nelson, W.L. 1999. Soil fertility and fertilizers. Prentice-Hall International (UK) Limited, London.
7. Heidari, A., Mahmoodi, S., Roozitalab, M.H., and Mermut, A.R. 2008. Diversity of Clay Minerals in the Vertisols of Three Different Climatic Regions in Western Iran. *J. Agr. Sci. Tech.* 10: 269-284.
8. Helmeke, P.A., and Sparks, D.L. 1996. Methods of soil analysis, part 3: Chemical methods. America Society of Agronomy, Madison, WI.
9. Jackson, M.L. 1975. Soil Chemical Analysis: Advanced Course. Department of Soils, College of Agriculture, University of Wisconsin, Madison, WI.
10. Jafari, S., and Baghernejad, M. 2007. Effects of wetting and drying, and cultivation systems on potassium fixation in some Khuzestan soils. *J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.* 11: 41. 90-98.
11. Kittrick, J.A., and Hope, E.W. 1963. A procedure for the particle size separation of soils for X-ray diffraction analysis. *Soil Science.* 96: 312-325.
12. Miller, D.L., Mora, C.I., and Driese, S.G. 2007. Isotopic variability in large carbonate nodules in Vertisols implications for climate and ecosystem assessments. *Geoderma.* 142: 104-111.
13. Nabiollahy, K., Khormali, F., Bazargan, K., and Ayoubi, Sh. 2006. Forms of K as a function of clay mineralogy and soil development. *Clay Miner.* 41: 739-749.
14. Najafi-Ghiri, M. 2010. Morphological and mineralogical characteristics of the soils of Fars Province. PhD thesis, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Shiraz. (In Persian)
15. Najafi-Ghiri, M., Abtahi, A., Jaberian, F., and Owliaie, H.R. 2010. Relationship between soil potassium forms and mineralogy in highly calcareous soils of southern Iran. *Austr. J. Basic Appl. Sci.* 4: 3. 434-441.
16. Najafi-Ghiri, M., Abtahi, A., Owliaie, H.R., Hashemi, S.S., and Koohkan, H. 2011. Factors affecting potassium pools distribution in highly calcareous soils of southern Iran. *Arid Land Research and Management.* 25: 313-327.
17. Najafi-Ghiri, M., and Owliaie, H.R. 2014. Effects of zeolite and vermicompost applications on Different forms of potassium in calcareous soils of Fars Province. *J. Soil Water Sci.* In press. (In Persian)
18. Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. P 961-1010, In: Sparks, D.L., Fendorf, S.E., Toner, Ch V., and Carski, T.H. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part III, 3<sup>rd</sup> Ed.*, Am. Soc. Agron., Madison, WI.
19. Nourbakhsh, G., Dordipour, A., and Khormali, F. 2011. Zeolite effect on the absorption and utilization efficiency of potassium fertilizers. Twelfth Congress of Soil Science. Tabriz, Iran. 80p. (In Persian)
20. Olk, D.C., Cassman, K.G., and Carlson, R.M. 1995. Kinetics of potassium fixation in vermiculitic soils under different moisture regimes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 423-429.
21. Panuccio, M.R., Crea, F., Sorgona, A., and Caccoa, G. 2007. Adsorption of nutrients and cadmium by different minerals: Experimental studies and modeling. *J. Environ. Manage.* 88: 890-898.
22. Pisanu, A., Manca, B., Mule, P., Chessa, F., and Meloni, S. 2007. Amended soils with natural zeolites: analysis of two-year tests on greenhouse tomato. *Acta Horticulture.* 747: 211-218.
23. Rezaei, M., and Movahedi Naeini, S.A.R. 2009. Kinetics of potassium desorption from the loess soil, soil mixed with zeolite and the clinoptilolite zeolite as influenced by calcium and ammonium. *J. Appl. Sci.* 9: 18. 3335-3342.
24. Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. U. S. Salinity Laboratory Staff. USDA. Hand book No. 60. Washington, DC, USA. 160p.
25. Rodriguez, F., Guerrero, C., Moral, R., Ayguade, H., and Mataix-Beneyto, J. 2005. Effects of composted and non-composted solid phase of pig slurry on N, P, and K contents in two Mediterranean soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 36: 635-647.

26. Rowell, D.L. 1994. Soil Science: Methods and applications. Longman Scientific and Technical, UK.
27. Smaranda, M., Benoni, L., and Corneliu, B. 2006. Zinc Extraction From Polluted Soils By Using Zeolite And Vicia sativa Plant. National R&D Institute For Industrial Ecology, ECOIND, Timsora.
28. Smith, S.J., Clark, L.J., and Scott, A.D. 1968. Exchangeability of potassium in soils: Ninth Intern. Congr. Soil Science. 2: 661-669.
29. Soil Survey Staff. 2014. Soil survey manual. USDA. Hand book No. 18. Washington, DC.
30. Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy, (12<sup>th</sup>), U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.
31. Srinivasa Rao, C., Singh, R.N., Ganeshamurthy, A.N., Singh, G., and Masood, A. 2007. Fixation and recovery of added phosphorus and potassium in different soil types of pulse-growing regions of India. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 38: 449-460.
32. Tarkalson, D.D., and Ippolito, J.A. 2011. Clinoptilolite zeolite influence on nitrogen in a manure-amended sandy agricultural soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 42: 2370-2378.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(4), 2016*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## **Effect of Zeolite on distribution of different soil potassium pools in Vertisols of Fars province**

**\*F. Jaberian<sup>1</sup>, Sh. Mahmoudi<sup>2</sup>, S.A. Abtahi<sup>3</sup> and M. Esfandiari<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran,

<sup>2</sup>Professor, Dept. of Soil Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran,

<sup>3</sup>Professor, Dept. of Soil Science, University of Shiraz, <sup>4</sup>Associate Prof., Dept. of Soil Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 09/15/2015; Accepted: 01/10/2016

### **Abstract**

**Background and Objectives:** Due to the large surface area and high cation exchange capacity zeolite as an amendment of physicochemical soil characteristics can have secondary effects on the ability to use nutrients such as potassium and changing different forms of the element and thus the cycle. However, the addition of this compound to Vertisols mainly with high amounts in clay mineral with high capacity for K fixation such as smectite can affect the distribution of potassium. To investigate this, the effects of adding different amounts of the zeolite and wetting and drying treatment were studied on 6 Vertisols that were collected from different regions of Fars province.

**Materials and Methods:** Based on previous soil maps, aerial photos and topographic maps of Fars province's Vertisols were selected and some soil profiles were dug in different climatic conditions. After description, six pedons were chosen as representative that almost all Vertisols studied in xeric moisture regimes in the northern and central parts of the province and all of them are in great groups Haploxererts and Calcixererts. Soils were located in the piedmont plain, plateau and lowland physiography. Experiment was a completely randomized 3×2×4×6 factorial arrangement on surface horizons after treatment of soils with zeolite (0, 1, 2.5 and 5%) and wetting and drying treatment. After 8 days, different forms of potassium consisting of soluble, exchangeable and non-exchangeable forms) were determined in the samples. Statistical analysis was done by using the software SPSS, Excel, SAS and comparison of means was carried out using the Duncan's test.

**Results:** The studied soils comprise ustic and xeric moisture regimes and mesic, thermic and hyperthermic temperature regimes. Although the mineralogical composition of the various soils were more or less the same, due to the different amounts of various clay minerals in different soils the amounts of different kinds of K was very different in soils. The results showed that zeolite application can increase the amounts of soluble and exchangeable potassium while it has no effect on non exchangeable potassium, which could be due to the high amount of potassium in zeolite and great tendency of zeolite to absorb potassium. Zeolite application with and without wetting and drying treatment has increased the amounts of soluble potassium in different soils. Maximum increase was observed in soil which has the lower amounts of smectites. Wetting and drying treatment caused significant reduction of soluble potassium in all samples. Exchangeable K has significantly increased by the addition of zeolite. Highest concentrations of exchangeable potassium were observed in soils with less amounts of smectite. Zeolite application has reduced non-exchangeable potassium in soils but had different effect on soil no. 4 and has increased the non-exchangeable potassium this indicates potassium fixation in the soils which could be due to the high amounts of minerals capable to fix potassium. Wetting and drying treatment caused the reduction of soluble and non-exchangeable K and increase of exchangeable K.

**Conclusion:** The increase of soluble K as a result of zeolite application can enhance possibility of potassium leaching but on the other hand it is also able to prevent the leaching and fixation of K by retention of potassium in exchangeable sites. Considering the very low amount of available potassium in highly calcareous soils of Fars, which is the results of intensive agriculture and little or no K fertilization, zeolite application, may be able to improve the status of potassium in these soils.

**Keywords:** Smectite, Clay minerals, Exchangeable potassium, Wetting and drying treatment

---

\* Corresponding Author; Email: [fjaberian@gmail.com](mailto:fjaberian@gmail.com)