شماره ۹۱، تابستان ۱۳۹۰

نشریه زراعت

(پژوهش و سازندگی)

منحنی کمیت – شدت پتاسیم (Q/I) برای دو خاک و تاثیر زئولیت بر آن

• میثم رضایی

دانش آموخته کارشناسی ارشد خاک شناسی، دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی گرگان (نویسنده مسئول)

• سید علیرضا موحدی نائینی و • فرهاد خرمالی

دانشیاران گروه خاک شناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ‌دریافت: آذر ماه ۱۳۸۶ تاریخ‌پذیرش: آذر ماه ۱۳۸۸

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۶۲۰۹۳۱۰

Email : mrezai_ ada@yahoo.com

چکیده

پتاسیم فراوان ترین عنصر غذایی موجود در افق سطحی خاک با مواد آلی بالا می باشد که علاوه بر وظایف فیزیولوژیکی بسیار مهمی که در گیاه به عهده دارد، در بهبود کیفیت محصولات کشاورزی نیز جایگاه ویژه ای را به خود اختصاص داده است. در ارزیابی قابلیت استفاده پتاسیم خاک و مدیریت مصرف کود، منحنی های کمیت - شدت (Q/I) اطلاعات مفیدی ارائه می کنند. این بررسی جهت تعیین رابطه کمیت - شدت پتاسیم Q/I وبدست آوردن پارامترهایی مانند پتاسیم به سهولت قابل تبادل (ΔK^o)، پتاسیم به سختی قابل تبادل (K_x)، نسبت فعالیت پتاسیم (AR^K)، نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل (AR^K_e) و ظرفیت بالقوه بافری (PBC^k) در خاکی با رس غالب ایلایت و تأثیر اختلاط زئولیت با خاک بر این پارامترها در مقایسه با خاکی با خصوصیات مشابه و رس غالب کائولینایت بود. نمونه های خاک از ۳۰-۰ سانتی متر خاک پردیس گرگان و لورک اصفهان تهیه گردید. بافت، ظرفیت تبادل کاتیونی و پتاسیم قابل عصاره گیری این دو خاک مشابه و میزان رس ایلایت در خاک پردیس غالب بود. زئولیت با شدت بالای پتاسیم در محلول خاک ها موجب افزایش ظرفیت بالقوه بافری گردید. با شدت های کمتر از ۰/۰۰۱ $(mol^{-1})^{0.5}/meq.100g^{-1}$) در محلول خاک با رس غالب ایلایت، پتاسیم موجود در مکان های غیر اختصاصی در زئولیت ممکن است پتاسیم مصرف شده از محلول خاک را با سرعت بیشتری بافر نماید. انتظار همبستگی بین پتاسیم قابل جذب گیاه و ظرفیت بالقوه بافری پتاسیم (PBC^k) در خاک پردیس وجود ندارد (در این خاک بین پتاسیم قابل جذب گیاه و پتاسیم قابل عصاره گیری با استات آمونیوم همبستگی وجود نداشت). ولی ممکن است مابین جذب ریشه ای پتاسیم و پتاسیم به سهولت قابل تبادل (ΔK^o) و یا نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل (AR^K_e) همبستگی وجود داشته باشد که بررسی آن نیازمند کارهای بعدی تحقیقاتی است.

کلمات کلیدی: منحنی کمیت- شدت، ظرفیت بالقوه بافری پتاسیم، زئولیت، ایلایت

www.SID.ir

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 91 pp: 27-34

Potassium quantity – intensity (Q/I) curves for two soils as affected by Zeolite additions

By: Rezaei. M. M Sc Student, Soil Scienc Department, College of Agriculture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, (Corresponding Author; Tel: +989126209310), Movahedi Naeini, S. A. R., and Khormali, F. Associate Profs. of Soil Science Department, College of Agriculture, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Potassium is one of the most plentiful nutrients in the soil surface with important physiological roles in plant, improving their quality. Quantity-intensity (Q/I) relationships present beneficial information when assessing plant potassium availability and fertilizer application management. The objective of this research was to determine the K Q/I relationships and their related parameters; labile K (ΔK^o), slowly exchangeable K (K_X), potassium activity ratio (AR^K), potassium activity ratio at equilibrium (AR^k_e) and potassium buffering capacity (PBC^k) for two different soils as are affected by zeolite additions. Soil samples with illite and kaolinite prevailing in their clay fraction obtained respectively from 0-30 cm depths of Rahmat Abad series (Gorgan University-Pardis) and Lavark (Isfahan). Texture, cation exchang capacity (CEC) and K (using 1 M NH4OAc) were same for both soils. Zeolite increased PB_C^k with high K intensities in soil solution. With ARke less than $(mol^{-1})^{0.5}/(meq.100g^{-1})^{0.001}$ in a soil with illite prevailing in clay fraction, K from non specific sites in zeolite may increase buffering rate for plant roots K uptake. For plant potassium uptake in Pardis (no correlation with NH4-OAc extractable potassium), no correlation is expected with potassium buffering capacity (PBC^k) but there might be a correlation with potassium activity ratio at equilibrium (AR^k_e) or labile K (ΔK^o) which needs further investigation.

Key words: Quantity-intensity (Q/I) curves, Potassium buffering capacity, Zeolite, Illite

مقدمه

نقش پتاسیم به عنوان عنصر ضروری در محصولات کشاورزی به خوبی شناخته شده است (۳۸). بسیاری از خاک ها با رس غالب ایلایت، خاک هایی با قدرت بالا برای جذب و نیز رها سازی پتاسیم می باشند (۱۴، ۱۹) پتاسیم در خاک معمولا به اشکال ساختاری، تثبیت شده، تبادلی و محلول یافت می شود و بین این اشکال رابطه تعادلی وجود دارد که در تغذیه گیاه از اهمیت بالایی برخوردار می باشند (۳۵). این روابط، سطح پتاسیم محلول و قابل دسترس گیاه را تحت تاثیر قرار می دهند (۲۵، ۳۴). اگرچه پتاسیم محلول وتبادلی به عنوان دو شکل قابل دسترس[1] برای گیاه تلقی می شوند، مطالعات و تحقیقات انجام شده نشان می دهند که دو شکل پتاسیم تثبیت شده و ساختاری نیز می توانند در تامین پتاسیم مورد نیاز گیاه نقش داشته باشند (۱۸، ۲۴، ۲۷). از روش های رایج تعیین پتاسیم قابل استفاده گیاه و نیاز کودی، عصاره گیری با استفاده از کاتیون های جانشین شونده از جمله استات آمونیوم نرمال است ولی در بعضی از خاک ها بویژه خاک های غنی از کانی های میکا به علت وجود مواضع اختصاصی جذب پتاسیم و نگهداری مقدار زیادی پتاسیم با انرژی بالا، تنها بخشی از این پتاسیم با عصاره گیر استات آمونیوم استخراج می شود، که این موضوع احتمالا یکی از دلایل همبستگی ضعیف بین پتاسیم استخراج شده با استات آمونیوم و پاسخ گیاه به کوددهی پتاسیمی است (۲ ، ۳۲). در حقیقت اندازه گیری پتاسیم خاک ها با عصاره گیرهای قوی تری که علاوه بر پتاسیم تبادلی، غیر تبادلی را عصاره گیری می کنند، اطلاعات قابل اعتمادتری از توانایی تامین پتاسیم خاک ها به ما خواهد داد (۲۴). در خاک لسی پردیس دانشگاه علوم کشاورزی گرگان با رس غالب ایلایت، پتاسیم عصاره گیری شده با استات آمونیوم بسیار زیاد و بدون همبستگی با جذب پتاسیم توسط گیاه گزارش گردید. در خاک اراضی پردیس، علی رغم مقادیر بالای پتاسیم قابل عصاره گیری با استات آمونیوم یک نرمال (مابین ۲۷۰ تا ۵۸۰ میلی گرم در کیلوگرم)، پتاسیم مهمترین عامل محدودکننده رشد گندم دیم است (۱ ، ۴). در این خاک استفاده از زئولیت موجب افزایش جذب پتاسیم و عملکرد گردید (۵). زئولیت سبب افزایش جذب پتاسیم در مخلوط با خاک پردیس می شود (۲۹). همچنین یون های کلسیم و آمونیوم باعث افزایش رهاسازی پتاسیم در خاک، زئولیت و مخلوط خاک با زئولیت شده و با افزایش غلظت آنها میزان رهاسازی پتاسیم نیز بیشتر می گردد (۲۹ ، ۳۰). روش دیگر برای ارزیابی وضعیت پتاسیم قابل استفاده خاک و نیاز گیاه به کود پتاسیمی، استفاده از روابط تعادلی بین پتاسیم و کلسیم + منیزیم است (۱۰، ۳۸). شدت پتاسیم در یک خاک در حال تعادل با محلول خاک را می توان با استفاده از نسبت فعالیت پتاسیم تعریف کرد (۱۲). این رابطه نشان دهنده کاهش جذب پتاسیم بوسیله ذرات خاک در نتیجه افزایش فعالیت کلسیم و منیزیم در محلول است. بدین ترتیب قابلیت جذب پتاسیم براساس مقدار نسبی این عنصر نسبت به مجموع کلسیم و منیزیم قابل اندازه کیری است. در این رابطه AR^K عامل شدت یا نسبت فعالیت پتاسیم از رابطه ۱ محاسبه می گردد. در رابطه زیر، Ca، K و Mg به ترتیب فعالیت پتاسیم، کلسیم و منیزیم در محلول تعادلی خاک است.

$$AR^K = \left(\frac{a_k}{(a_{Ca} + a_{Mg})^{1/2}} \right) \quad (1)$$

خاک های مختلف که دارای نسبت فعالیت پتاسیم یکسانی هستند ممکن است با جذب پتاسیم توسط ریشه گیاه توانایی حفظ نسبت مذکور را به یک میزان نداشته باشند بنابراین تنها اندازه گیری شدت پتاسیم کافی نبوده بلکه روش Q/I یا روشی که در آن رابطه پتاسیم محلول و لبایل مشخص شود مناسب تر می باشد (۱۲ ، ۱۳). پژوهشگران زیادی روابط کمیت

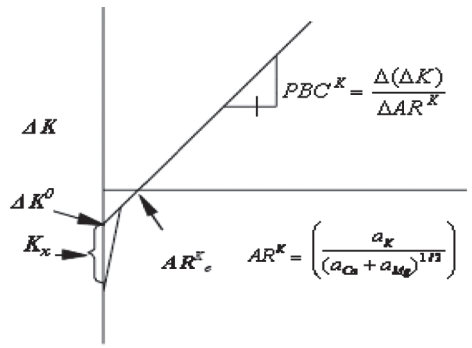
Archive of SID

www.SID.ir

- شدت را برای توصیف وضعیت پتاسیم قابل استفاده خاک به کار برده اند (۲،۹، ۱۱، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۲۳، ۳۱، ۳۴ ، ۳۷). در شکل ۱ منحنی کلاسیک Q/I آورده شده است. در این شکل AR^k نسبت فعالیت پتاسیم یا عامل شدت پتاسیم در خاک (I) می باشد که کود دهی پتاسیم باعث افزایش آن می شود (۱۳ ، ۲۱). ΔK^o یا عامل کمیت (Q) بیانگر تغییر در پتاسیم تبادلی می باشد. ΔK^o تخمین بهتری از پتاسیم به سهولت قابل استفاده (لبایل) نسبت به پتاسیم قابل تبادل است (۲۱). Lerouxe (۱۹۶۸) دریافت که مقادیر بیشتر پتاسیم لبایل ($-\Delta K^o$) به معنی پتاسیم آزاد شده بیشتر در محلول خاک خواهد بود، AR^K_e نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل که با افزایش پتاسیم افزایش می یابد (۳۴)، K_X مقدار پتاسیم سخت قابل تبادل یا جذب شده در محل های اختصاصی و PBC^k که شیب قسمت خطی نمودار Q/I است ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک را نشان می دهد (۳۴). PBC^k توانایی بالقوه خاک را برای ثابت نگه داشتن شدت ثابتی از پتاسیم مورد نیاز نشان می دهد که از رابطه (۲) حاصل می گردد.

$$PBC^K = \frac{\Delta(\Delta K)}{\Delta AR^K} \qquad (۲)$$

این نمودار از دو بخش خطی و غیر خطی تشکیل شده است که بخش خطی نشانگر جذب الکترواستاتیک پتاسیم در جایگاه های غیراختصاصی در سطوح خارجی کانی است و در مقادیر زیاد نسبت فعالیت پتاسیم بوجود می آید (۱۲ ، ۳۳). بخش غیر خطی که در مقادیر کم نسبت فعالیت پتاسیم بوجود می آید نشاندهنده تمایل زیاد جایگاه های اختصاصی در لبه های سطوح داخلی کریستال های رس و لبه های هوادیده کانی میکا برای جذب ویا رها سازی پتاسیم است (۲). مقادیر بالای PBC^k نمایانگر خوبی برای فراهمی پتاسیم است، در حالی که مقادیر پایین آن نیاز به میزان کوددهی را پیشنهاد می کند (۲۱). عوامل اصلی کنترل کننده سرعت فراهمی پتاسیم برای جذب توسط ریشه گیاه سه عامل شدت پتاسیم در محلول خاک، ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک و ضریب انتشار موثر (De) پتاسیم در خاک اند که عوامل شدت (I) و ظرفیت بافری را می توان از منحنی Q/I بدست آورد (۲ ، ۲۶). استفاده از مواد اصلاح کننده[۲] در خاک که دارای عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بوده و یا شرایط را برای جذب عناصر غذایی موجود در خاک فراهم می کنند می توانند بر مقادیر فوق تاثیر بسزایی داشته باشند. یکی از مواد با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد مانند ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، خاصیت جذب و نگهداری آب، جذب و رهاسازی انتخابی کاتیون ها زئولیت است. زئولیت ها آلومینوسیلیکات های معدنی کریستالی و با شبکه سه بعدی می باشند، اسکلت باز آنها شامل کانال ها و حفراتی حاوی



شکل۱- منحنی کلاسیک کمیت - شدت (Q/I) پتاسیم

کاتیون ها و مولکول های آب است و به علت تحرک این کاتیون ها، پدیده تبادل یون که یکی از ویژگی های زئولیت هاست میسر می گردد (۳ ،۲۰). وجود منابع غنی کانی زئولیت کلینوپتیلولایت در ایران ضرورت تحقیقات جامع در مورد اثرات این ماده برحاصلخیزی خاک و رشد گیاه را اجتناب ناپذیر می نماید. زئولیت کلینوپتیلولایت از معادن سمنان حاوی مقادیر فراوان پتاسیم است (۳). این بررسی جهت تعیین رابطه کمیت - شدت پتاسیم Q/I و ارتباط اجزای آن با خصوصیات شیمیایی و مینرالوژیکی خاک و اثر اصلاح کننده زئولیت بر این اجزا در دو نوع خاک با بافت یکسان در دانشگاه علوم کشاورزی گرگان به اجرا درآمد.

مواد و روش ها

برای انجام این پژوهش یک نمونه خاک مرکب سطحی (عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری) از خاک های زراعی دو منطقه لورک اصفهان (Typic Haploargid) و پردیس دانشگاه علوم کشاورزی گرگان (Typic Calcixerols) با بافت یکسان (لوم رسی سیلتی) انتخاب شدند. قابل ذکر است که خاک مرکب سطحی از سری های مختلف با سابقه چندین ساله کشت محصولات زراعی که در یک ردیف ارضی اقلیمی در سطح استان گلستان واقع بودند شامل مناطق رادکان، کنار رودخانه ای ناهارخوران، پردیس دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی مزرعه کریمی در آق قلا و کلاله، نمونه برداری شد. که پس از بررسی های اولیه و تجزیه های خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ها به دلیل وجود برخی تشابهات فیزیکی و شیمیایی و خصوصیات مینرالوژی خاک پردیس دانشگاه علوم کشاورزی گرگان سری رحمت آباد به عنوان شاخص انتخاب گردید. زئولیت مورد نیاز از معادن زئولیت سمنان تهیه گردید و معادل ۲۰ تن در هکتار با قطر کمتر از ۲ میلیمتر به خاک اضافه شد. این مقدار زئولیت معادل ۳۵۷۱ میلی گرم در کیلوگرم خاک برای اختلاط تا عمق ۴۰ سانتیمتری خاک است. نمونه ها پس از خشک کردن در هوا و عبور از الک دو میلیمتری برای اندازه گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بدست آوردن منحنی Q/I پتاسیم آماده شدند. در این نمونه ها، تجزیه های لازم شامل هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع، واکنش گل اشباع (۲۸)، کربن آلی به روش والکی – بلاک (۲۸)، بافت خاک به روش هیدرومتری (۲۸) و پتاسیم قابل تبادل به روش استات آمونیوم یک مولار با pH برابر۷ انجام شد (۲۸). جهت بدست آوردن ترکیب کاتیونی کمپلکس تبادلی و همچنین تعیین ظرفیت تبادل کاتیونی، میزان کاتیون ها و آنیون ها در محلول خاک از جمله پتاسیم محلول (عصاره گل اشباع) و فاز تبادلی (عصاره گیری با نیترات آمونیوم نرمال) بدست آمد (۲۲). تجزیه های مورد نیاز بر روی زئولیت مورد آزمایش مشابه با خاک مزرعه تعیین گردید. درصد اشباع پتاسیم که به عنوان شاخصی از پتاسیم قابل استفاده خاک برای گیاه است از رابطه ۳ بدست آمد:

$$EPP = Kast / CEC \qquad (۳)$$

EPP[۳] درصد پتاسیم تبادلی، Kast پتاسیم تبادلی اندازه گیری شده و CEC ظرفیت تبادلی کاتیونی خاک بر حسب سانتی مول بار بر کیلوگرم می باشد. اطلاعات لازم برای بدست آوردن پارامترهای منحنی Q/I هر نمونه خاک بدین ترتیب بدست آمد که ۱۰ میلی لیتر از محلول های ۰/۰۰۳۴ مولار کلسیم (کلرید کلسیم) با قدرت یونی برابر با خاک پردیس دانشکاه علوم کشاورزی گرگان که غلظت پتاسیم (کلرید پتاسیم) در آنها به ترتیب صفر،

Archive of SID

www.SID.ir

۴۰ ، ۶۰، ۸۰، ۱۱۰، ۱۲۰، میلی گرم در لیتر بود به نمونه های یک گرمی هر خاک در دو تکرار اضافه (یک تیمار با دو تکرار) و به مدت ۲۰ ساعت در دمای ۱ ± ۲۶ درجه سانتی گراد تکان داده شد (۳۴). پس از سانتریفیوژ کردن در ۳۰۰۰ دور در دقیقه وبه مدت ۵ دقیقه، هدایت الکتریکی (EC)، غلظت Ca + Mg به روش کمپلکسومتری و تیتراسیون با EDTA و غلظت K بادستگاه فلیم فتومتر اندازه گیری گردید. تغییر در پتاسیم تبادلی (ΔK) از تفاوت غلظت پتاسیم در محلول اولیه و محلول تعادلی بدست آمد. برای محاسبه AR^K یا نسبت فعالیت پتاسیم (از تقسیم فعالیت پتاسیم بر مجذور فعالیت کلسیم + منیزیم) ابتدا قدرت یونی (I) با استفاده از هدایت الکتریکی (EC) از رابطه تجربی I = ۰/۰۱۳ EC محاسبه شد (۲۴، ۳۸). سپس ضریب فعالیت یون (λi) با استفاده از معادله دیویس محاسبه و فعالیت هر یون (ai) ازفرمول $ai = \lambda iCi$ بدست آمد (Ci غلظت یون مورد نظر می باشد) و نسبت فعالیت پتاسیم از رابطه (۱) بدست آمد (۲۲) و در نهایت با رسم مقادیر ΔK در مقابل AR^K، نمودارها و پارامترهای Q/I برای هر تیمار محاسبه شد (۷ ، ۸). برای ترسیم نمودارها نیز از نرم افزار Excel بهره گرفته شد. جهت تعیین همچنین همبستگی پارامترهای مختلف منحنی کمیت - شدت با پارامترها و سایر خصوصیات مختلف خاک، زئولیت و اختلاط خاک و زئولیت از نرم افزار SAS استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک های مورد بررسی در جدول ۱ آورده شده است. بافت، پتاسیم قابل عصاره گیری با استات آمونیم یک نرمال و ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک لورک و پردیس یکسان می باشند. هدایت الکتریکی خاک لورک از پردیس بیشتر است. ظرفیت تبادل کاتیونی و پتاسیم قابل عصاره گیری با استات آمونیم برای زئولیت با خاک های لورک و پردیس تفاوت زیادی دارد. گستره تغییرات از نظر ظرفیت تبادل کاتیونی، ۱۶/۵۵۷-۷۴/۸۳۶ میلی اکی والان بر صد گرم، ماده آلی ۰/۰۴۳ - ۱/۹ درصد، هدایت الکتریکی ۰/۷۵۳ - ۲/۸۱ دسی زیمنس بر متر، پتاسیم محلول ۶/۹۷ - ۱۳/۷۸ میلی گرم در لیتر، پتاسیم تبادلی به روش استات آمونیوم مولار ۲۸۱/۰۲ - ۱۹۸۳/۳ میلی گرم در کیلو گرم می باشد. جذب آنیونی کلر در خاک پردیس ۷/۰۶ سانتی مول برکیلوگرم و خاک لورک ۳/۵۱ سانتی مول بر کیلوگرم خاک و مقدار آهک خاک پردیس و لورک به ترتیب ۸/۵ و ۴۵ درصد بود. در این خاک ها با pH بالا احتمالا جذب آنیونی بدلیل وجود بار مثبت روی سطح کلوئید ها نیست بلکه بیانگر لایه دوگانه منقطع پخشیده است که در اثر سطح ویژه زیاد این خاک ها و مجاری بسیار ریز آنهاست. ترتیب فراوانی کانی های خاک پردیس از زیاد به کم ایلایت، کلرایت، اسمکتایت و کائولینایت می باشد (۱، ۳ ، ۴). این ترتیب فراوانی برای خاک لورک کائولینایت، ایلایت، پالی گورسکایت و کلرایت می باشد (۶).

شکل ۲، نمودار Q/I را برای خاک های مورد آزمایش نشان می دهد. همانطور که دیده می شود روند کلی نمودارها شبیه منحنی کلاسیک می باشد. در این نمودارها در مقادیر کم ΔK (محدوده پتاسیم بسختی قابل تبادل)، رابطه ΔK و AR^K به صورت منحنی و در مقادیر بالای آن (محدوده حضور پتاسیم لبایل و تبادلی)، این رابطه خطی است. K_X، اختلاف فاصله تلاقی خط و منحنی با محور ΔK می باشد. جدول ۲، مقادیر پارامترهای نمودار کمیت- شدت (Q/I) را نشان می دهد. در این بررسی ΔK^o دارای گستره ۰/۰۵۷ - ۷/۳۶۳ میلی اکی والان درصد گرم، K_X دارای گستره تغییرات ۰/۱۷۷۸ - ۰/۷۳۲۸میلی اکی والان در صد گرم بود و AR^K_e یا نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل در خاک دارای گستره ۰۰۰۷۵/۰ - ۰۰۲۵/۰ $(mol\ L^{-1})^{0.5}$ بود.ظرفیت بالقوه بافری پتاسیم از $(meq.100g^{-1})/(mol\ l^{-1})^{0.5}$ ۶۰/۵۲۴ تا ۶۴۵۱/۰۹ متغیر بود. زئولیت با ظرفیت بالقوه بافری و ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، موجب افزایش ظرفیت بالقوه بافری و CEC در دو خاک پردیس و لورک گردید. استفاده از زئولیت به میزان ۲۰ تن در هکتار موجب کاهش محدودیت جذب پتاسیم در خاک های پردیس و افزایش محصول گندم دیم می گردد (۵).

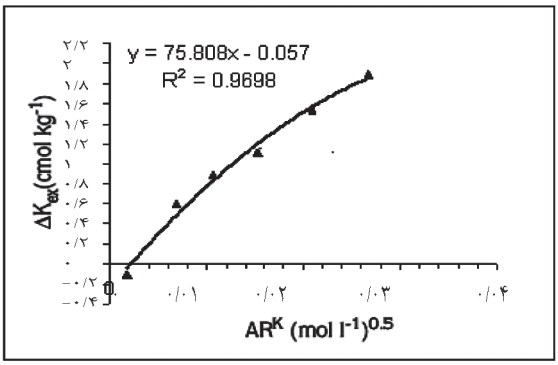
بیشترین مقدار AR^K_e در خاک لورک و لورک + زئولیت (به ترتیب ۰/۰۰۲۵ و ۰/۰۰۲۴) $(mol^{-1})^{0.5}$ و کمترین آن در خاک پردیس و پردیس + زئولیت (به ترتیب ۰/۰۰۰۸۵ و ۰/۰۰۰۷۵) بدست آمد. Schouwnburg و Schuffelen (۱۹۶۳) عنوان کردند که اگر ARKe از ۰/۰۰۱ $mol\ (l^{-1})^{-0.5}$ کمتر باشد جذب پتاسیم از موقعیت لبه های کلوئیدها صورت می گیرد و اگر بیشتر از ۰/۰۱ باشد پتاسیم جذب سطوح کانی های رسی می شود (۳۳). رس غالب خاک پردیس ایلایت می باشد که موجب فیکس شدن پتاسیم در بین لایه های خاک پردیس می گردد. در خاک لورک مهمترین عامل محدود کننده رشد گیاه، پتاسیم گزارش نشده است. مهمترین عامل محدود کننده رشد گیاه در این خاک معمولا آهن خاک گزارش می شود. در خاک لورک میزان پتاسیم لبایل ΔK^o و AR^K_e و پتاسیم محلول نسبت به خاک پردیس بیشتر است. بنابراین پتاسیم با ترجیح بیشتری نسبت به کلسیم جذب خاک پردیس شده است بطوریکه مقدار ΔK^o وAR^K_e نسبت به خاک لورک کمتر و PBC^K افزایش یافته

جدول ۱ - برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه های خاک وزئولیت برای ترسیم نمودار Q/I.

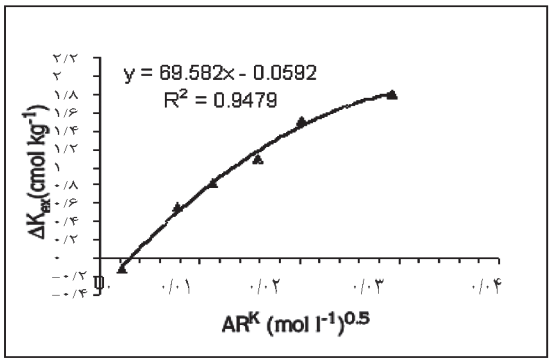
نام خاک	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	بافت	جذب آنیونی کلر	ظرفیت تبادل کاتیونی	درصد اشباع (SP)	ماده آلی (٪)	واکنش	هدایت الکتریکی	پتاسیم محلول	پتاسیم تبادلی
					$meq.100g^{-1}$					$dS.m^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.kg^{-1}$
پردیس	۳۴	۶۰	۶	Si.C.L	۷/۰۶	۱۶/۷۳۰۳	۵۰/۴۵	۱/۸۸	۷/۴۵	/۷۵۳	۹/۳۵۸	۲۸۹/۴۴
لورک	۳۸/۷	۴۵/۳	۱۶	Si.C.L	۳/۵۱	۱۶/۵۵۷۴	۴۵/۱	۱/۵	۷/۷۲	۱/۴۹	۱۳/۷۸	۲۸۱/۰۲
پردیس+ زئولیت				Si.C.L		۱۸/۷۱۶۲	۵۰/۴۲	۱/۸۹	۷/۴	/۷۹۲	۷/۲۱	۲۹۶/۶۳
لورک+زئولیت				Si.C.L		۱۸/۷۱۶	۴۵/۱۷	۱/۵۲	۷/۶۹	۱/۵۲	۱۱/۵۵	۳۰۳/۵۸
زئولیت	۱	۱۷	۸۲	S		۷۴/۸۳۶۰	۵۰	۰/۰۴۳	۷/۳۴	۲/۸۱	۶/۹۷۶	۱۹۸۳/۳

Archive of SID

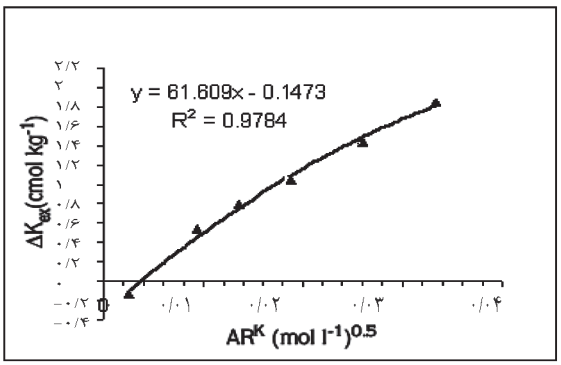
www.SID.ir



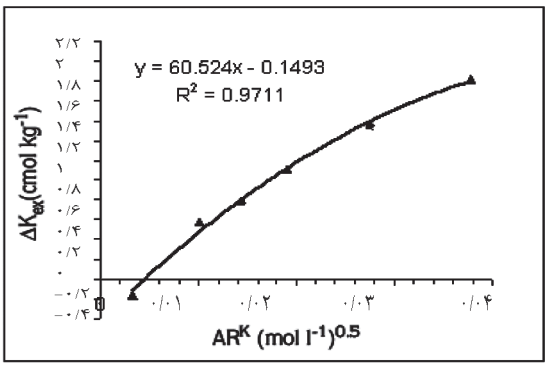
روابط Q/I خاک پردیس+زئولیت



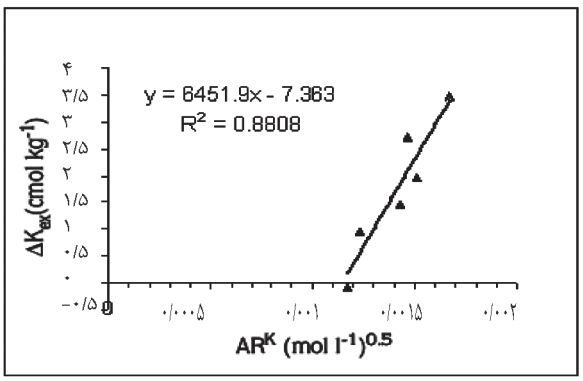
روابط Q/I خاک پردیس



روابط Q/I خاک لورک+زئولیت



روابط Q/I خاک لورک



روابط Q/I زئولیت

شکل ۲- نمودارQ/I خاک های مورد مطالعه.

است. با توجه به بیشتر بودن جذب آنیونی کلر در خاک پردیس نسبت به لورک (۳)، میزان انقطاع لایه دوگانه در خاک پردیس ممکن است از لورک بیشتر باشد. با افزایش انقطاع لایه دوگانه پخشیده و افزایش نمک های خنثی در لایه دو گانه، ممکن است کاتیون های یک ظرفیتی، با سهولت بیشتری نسبت به کاتیون های دو ظرفیتی باقی بمانند. به همین دلیل نسبت مولی پتاسیم به کلسیم و AR^K در محلول کاهش و مقدار جذب پتاسیم توسط خاک و PBC^K افزایش و ΔK^o کاهش می یابد. با استفاده از رابطه بار-غلظت الکترولیت-پتانسیل الکتریکی (۳۶) که در زیر آمده است برای تثبیت بار(δ) با افزایش غلظت الکترولیت در کلوئیدهای با بار دائم، باید مقدار پتانسیل الکتریکی (Ψ_0) و یا بار کاتیونی موجود در (DDL Z) کاهش یابد. بنابراین با افزایش غلظت الکترولیت و افزایش انقطاع لایه دوگانه، کاتیون های یک ظرفیتی، کاتیون های دو ظرفیتی را بیشتر از داخل DDL جایگزین می کنند.

(۴)

$$\Psi = \delta\ (2\cos RT/\pi)\cdot/5\ \sin h\ (ZF\cdot/2RT)$$

علی رغم AR^K_e و ΔK^o (پتاسیم لبایل) بیشتر با خاک لورک نسبت به پردیس، میزان پتاسیم قابل عصاره گیری با استات آمونیوم در خاک لورک نسبت به پردیس بیشتر نیست. ممکن است انقطاع کمتر لایه دوگانه پخشیده از افزایش زیاد غلظت پتاسیم در لایه دوگانه منقطع پخشیده جلوگیری کند. غلظت پتاسیم قابل عصاره گیری با استات آمونیوم در

www.SID.ir

خـاک پردیس که مقدار بالایی نیز هسـت (از جـدول ۲، ۰،۷۴۲ میلی اکی والان بـر صـد گرم معـادل ۲۸۹ میلی گرم بر کیلوگرم) بـا عملکرد گندم و جذب پتاسـیم همبسـتگی ندارد (۱و۴)، زیرا در این خاک ها پتاسـیم قابل عصاره گیری با اسـتات آمونیوم تابعی از میزان انقطاع لایه دو گانه می باشد، در حالیکه این پتاسیم موجود در مجاری ریز خاک قابلیت کمی برای انتشار به سـمت ریشـه ها و جذب دارد. بعلاوه پتاسیم با جذب لبه ای که با استات آمونیوم عصاره گیری می شود به سـهولت قابل جذب ریشـه گیاه نیست. در این خاک ها عصاره گیری از پتاسـیم به روش هایی که با رسـوب پتاسیم در محلول خاک میزان انتشـار پتاسیم از سطوح جامد خاک و شدت ترسیب را اندازه گیری می کنند (اسـتفاده از تترافنیل بران سـدیم)، همبستگی بالایی با پتاسـیم قابل جذب گندم و عملکرد داشت (۴). میزان پتاسـیم به سختی قابل تبادل (K_X) و ظرفیت بالقوه بافری (PBC^K) در خاک پردیس نسـبت به خاک لورک بیشـتر اسـت. این ظرفیت بالقوه بافری بالا که با اسـتفاده از منحنـی های Q/I بدسـت می آیـد احتمالاً برای خـاک پردیس در شرایط رطوبـت مزرعه واقعی نیسـت زیرا با لایه دوگانه منقطع و سـطح تماس کم بـا محیط محلول خاک، به صورت به سـختی قابل تبادل خواهد بود. در این صورت قادر به بافر کردن پتاسـیم محلول خاک با رهاسـازی سریع پتاسیم محلول نخواهد بود در صورتیکه با سـهولت بیشـتری آن را جذب می کند. علی رغم بیشـتر بودن پتاسـیم لبایل، AR^K_e و پتاسـیم محلـول با زئولیت نسـبت به هـر دو خاک، با افزایـش زئولیت به خاک تغییرات پتاسـیم قابل ملاحظـه نبود. احتمالاً مدت آزمایش برای مشـاهده اثـر زئولیت کافی نبود در صورتیکـه در روش هـای معمول از همین مدت زمان اسـتفاده می شود (۳، ۳۱ ، ۳۵). ظرفیـت تبادل کاتیونی، پتاسـیم تبادلـی و PBC^K زئولیت نسـبت به هر دو خاک بیشتر اسـت جدول۲، در صورتی که مقادیر ظرفیت تبادل کاتیونی و پتاسـیم تبادلی برای دو خاک تقریباً یکسان است. بنابراین افزایـش زئولیت به خـاک موجب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و پتاسـیم تبادلـی (EPP) و PBC^Kو در نتیجه احراز یک همبسـتگی معنی دار بین ایـن سـه فاکتور می گـردد. ضریب همبسـتگی ظرفیت تبـادل کاتیونی و پتاسـیم تبادلی ۰/۹۹ (p=۰/۰۱)، ظرفیت تبـادل کاتیونی و PBC^K ۰/۹۹ (p= ۰/۰۵) و پتاسـیم تبادلـی و PBC^K ۰/۹۹ (p= ۰/۰۴) معنـی دار بود. صمدی (۲۰۰۶) نشـان داد که ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت بالقوه بافری خاک های غرب ایران همبسـتگی بالایی با هم دارند (۳۱). به دلیل اینکه با افزایش زئولیت به خاک ها افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی نسـبت به افزایش پتاسـیم تبادلی بیشتر اسـت (۲۹ و ۳۰) بنابراین با افزایش زئولیت به خاک و افزایش PBC^K نسـبت پتاسـیم تبادلـی به ظرفیت تبـادل کاتیونی که همان درصد پتاسـیم تبادلی (EPP) اسـت کاهش یافت (همبستگی منفی ۰/۹۹ و p= ۰/۰۱). چـون ظرفیت بالقوه بافری خاک پردیس با رس کمتر از خاک لورک، بیشـتر شده اسـت و با زئولیت در اندازه شن (۱) ظرفیت بالقوه بافری خاک ها افزایش یافته اسـت، به همین دلیل همبستگی میزان رس و PBC^K ملاحظـه نشـد (۰/۵۴ و p= ۰/۶۳). انقطاع لایه دوگانه پخشـیده با خاک پردیس بیشتراسـت که ممکن اسـت موجب جذب بیشـتر پتاسیم در لایـه دوگانه گردد و در نتیجه شیب منحنـی در خاک پردیس با رس کمتر از خاک لورک، بیشـتر است. بنابراین پتاسـیم جذب شده در خاک پردیس با PBC^K بیشـتر ممکن اسـت در شرایط مزرعه قادر بـه بافر کردن شدت پتاسیم در محلول خاک با سرعت کافی نباشد و با همان سرعت مورد انتظار از خاک های معمولی به تعادل نرسـد و با زراعت، غلظت پتاسـیم موجود در محلول خاک و میزان پتاسـیم قابل استفاده ریشه گیاه کافی نباشد. ظرفیت بالقوه بافری و CEC با زئولیت نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود و بنابراین ظرفیت بالقوه بافـری و CEC با افزایش زئولیت به خاک ها افزایش یافت. در صورت اسـتفاده از کود پتاسـیم در خاک پردیس با محدودیت پتاسیم قابل استفاده، افزایش CEC و ظرفیت بالقوه بافری پتاسیم با تیمار زئولیت می تواند موجب افزایش میزان پتاسـیم قابل اسـتفاده گیـاه گردد. مقدار پتاسـیم لبایل (ΔK^o) و شدت پتاسـیم در حال تعادل (AR^K_e) با افزایش زئولیـت به خاک ها تغییر قابل ملاحظه ای نکرد. چون شدت پتاسـیم در حـال تعادل ARKe برای زئولیت (۰/۰۰۱۱) از خاک پردیس (۰/۰۰۰۸۵) بیشـتر اسـت، ممکن اسـت زئولیت قـادر به تامیـن نیاز پتاسـیم گیاه با غلظت های پایین پتاسیم در محلول خاک در اثر جذب ریشه ای باشد. چون مقدار AR^K_e خاک پردیس از ۰/۰۰۱ کمتر بود، جذب پتاسیم به سختی قابل تبادل (از لایه دوگانه منقطع) صورت می گیرد و بنابراین سـرعت رهاسازی پتاسیم در حال تعادل بسیار کند است که حضور زئولیت با غلظت های کم پتاسـیم در محلول خاک (بدون کاربرد کود پتاسیم) نیز ممکن است بتواند موجب افزایش سـرعت رهاسازی پتاسـیم و جذب ریشه ای گردد. زئولیت معادل ۲۰ تن در هکتار بدون کاربرد پتاسـیم موجب افزایش پتاسیم قابل اسـتفاده گندم و افزایش عملکرد در اراضـی زراعی پردیس گردید (۵). در شرایط فوق معادل ۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار مصرف شد ولی بر اساس مطالعـات جذب و رهاسـازی Rezaei و Movahedi Naeini (۲۰۰۹) تبدیل اوره به آمونیوم و تبادل کاتیونی، بر رهاسازی پتاسیم با زئولیت موثر نیسـت. ولی در مورد خاک پردیس میزان جذب پتاسیم با تیمار پتاسیم + آمونیوم از میزان رهاسـازی آن کمتر بود (۲۹) و بنابراین آمونیوم رهاسازی پتاسـیم را با خاک پردیس افزایش می دهد. در نتیجه گیری کلی می توان

جدول ۲- برخی از ویژگی های شیمیایی و پارامترهای Q/I خاک های مورد مطالعه

نام خاک	EPP	پتاسیم محلول	پتاسیم تبادلی	ظرفیت تبادل کاتیونی	ΔK^o	$_KX$	AR^K_e	PBC^K
	(٪)	$meq.100g^{-1}$					$(mol^{-1})^{-0.5}$	$(mol^{-1})^{-0.5}(meq.100g^{-1})$
پردیس	۴/۳۶	۰/۱۲۱	۰/۷۴۲	۱۶/۷۳۰۳	۰/۰۵۹۲	۰/۳۰۰۷	۰/۰۰۰۸۵	۶۹/۵۸۲
لورک	۳/۲۷	۰/۱۵۹	۰/۷۲۰	۱۶/۵۵۷۴	۰/۱۴۹۳	۰/۲۶۸۹	۰/۰۰۲۵	۶۰/۵۲۴
پردیس+زئولیت	۳/۲۶	۰/۰۹۱	۰/۷۳۴	۱۸/۷۱۶۲	۰/۰۵۷	۰/۱۸۷۱	۰/۰۰۰۷۵	۷۵/۸۰۸
لورک + زئولیت	۳/۱۱	۰/۱۳۱	۰/۷۷۸	۱۸/۷۱۶	۰/۱۴۷۳	۰/۱۷۷۸	۰/۰۰۲۴	۶۱/۶۰۹
زئولیت	۵/۶۵	۰/۰۷۳	۵/۰۸۵	۷۴/۸۶۳	۷/۳۶۳	۰/۷۳۲۸	۰/۰۰۱۱	۶۴۵۱/۰۹

PBC^K: ظرفیت بالقوه بافری پتاسیم، AR^K_e: نسبت پتاسیم در حال تعادل، K_X: پتاسیم به سختی قابل تبادل $\Delta T K^o$: پتاسیم به سهولت قابل تبادل و EPP درصد اشباع پتاسیم

Archive of SID

www.SID.ir

گفت که با توجه به جذب آنیونی در دو خاک مورد آزمایش با pH بالاتر از خنثی و در نتیجه احتمال وجود حجم زیادی از لایه های دو گانه پخشیده دوگانه منقطع در این خاک ها، فقط پتاسیم موجود در خلل و فرج درشت تر که فاقد لایه های پخشـیده منقطع است، به سهولت قابل دسترس گیاه می باشند. با استات آمونیوم نرمال مقداری از پتاسیم از مجاری باریک خاک نیـز عصاره گیری می شود و بنابراین غلظت پتاسـیم عصاره گیری شده با استات آمونیوم نرمال در این خاک ها با پتاسیم قابل جذب گیاه همبستگی نـدارد. در خـاک پردیس این عدم همبسـتگی برای گنـدم دیم دیده شد (۱ ، ۴). در غلظـت های بالای محلول خاک (با کوددهی) بر اسـاس روش پیمانـه ای، افزایش ظرفیت بالقوه بافری با افزایش زئولیت می تواند موجب افزایش پتاسـیم قابل استفاده برای گیاه در خاک لورک و پردیس گردد. در خاک پردیس چون با افزایش کود پتاسـیم، در اثر ورود پتاسـیم به درون لایه منقطـع دوگانه و خروج محـدود در شرایط رطوبـت مزرعه افزایش ظرفیت بالقوه بافری پتاسـیم واقعی نبوده و قابل رهاشدن با سـرعت کافی نیسـت، افزایش ظرفیت بالقوه بافری بـا زئولیت، احتمالا عامل مهمی برای افزایش پتاسیم قابل استفاده گیاه است. چون شدت پتاسیم در حال تعادل AR^K_e بـا زئولیت از خاک پردیس بیشـتر اسـت، با جذب ریشـه ای در شدت های پایین پتاسـیم محلـول خاک (کمتر از زئولیـت همراه خاک)، پتاسیمی که از سطح زئولیت آزاد می شود با سرعت بیشتری پتاسیم جذب شده توسـط ریشه را بافر نموده و موجب افزایش جذب پتاسیم توسط گیاه مـی گردد. در خاک پردیـس بدون کود دهی، کاربرد توأم کود پتاسـیم و اوره موجب افزایش جذب پتاسـیم وعملکرد گندم دیم گردید (۱). اوره در خـاک به آمونیوم مبدل می شود که رقابت NH^+_4 با K^+ برای ورود به لایه دوگانه پخشـیده، موجب طولانی تر شدن روند جذب شدن پتاسیم توسط خاک و افزایش غلظت پتاسـیم در محلول خاک برای مدتی طولانی تر می شود. با غلظت بالاتر پتاسـیم در محلول خـاک، زئولیت مخلوط با خاک از طریق افزایش ظرفیت بالقوه پتاسـیم ممکن اسـت موجب افزایش بیشـتر غلظت پتاسـیم در طول این مدت با خاک پردیس گردد. توصیه می گردد در تحقیقات آتی کشـت گندم در خاک های لسـی بـا لایه دوگانه منقطع پخشـیده، کاربرد توأم زئولیت + کود پتاسیم + اوره بر عملکرد گندم دیم و جذب پتاسیم توسط این گیاه مورد بررسی قرار گیرد. بررسی رابطه کمیت - شدت پتاسـیم Q/I با تیمارهای این تحقیق در محلول حاوی NH^+_4 (با غلظت های نزدیک توصیه شده از کاربرد کود اوره) و نیز کود سوپر فسفات (حاوی کلسـیم) ممکن است بتواند اطلاعات مفیدی از نحوه تغییرات اجزاء رابطه کمیت - شدت پتاسـیم Q/I در خاک لسـی پردیـس با رس غالب ایلایـت و محدویت پتاسـیم برای رشد گیاه و نحوه کـود دهی و مطالعات حاصلخیزی خاک فراهم نماید. در پردیس مشـاهده شد که افزایش سـوپر فسـفات به خاک موجب کاهش جذب پتاسیم و عملکرد گندم دیم گردید (۱، ۴، ۵). در خـاک پردیـس بـا رس غالب ایلایت، پتاسـیم لبایل (ΔK^o) (و غلظـت پتاسـیم در حـال تعادل AR^K_e نسـبت به خاک لـورک کمتر می باشد. بنابراین در خاک پردیس با محدودیت جذب کافی پتاسـیم برای رشد گیاه که اسـتات آمونیوم یک نرمال عصاره گیر مناسـبی برای تعیین پتاسیم قابل اسـتفاده خاک نبود، دو پارامتر فوق الذکر، ممکن است معیار مناسـب تری برای مقایسه پتاسیم قابل جذب این خاک ها باشند. ظرفیت بالقوه بافری پتاسیم معیار مناسبی برای این ارزیابی نیست. برای تعمیم این نتایج در شرایط مزرعه باید نکات زیر مورد توجه قرار گیرد:

الف- در مزرعه سطح تماس محلول و لایه دوگانه منقطع پخشیده کمتر از شرایط پیمانه ای اسـت. در نتیجه احتمال کمتر بودن غلظت پتاسیم در محلول خاک نسبت به این آزمایش زیاد است.

ب- با شرایط پیمانه ای هنوز هم لایه دوگانه منقطع ممکن است وجود داشته باشد زیرا ذرات کاملاً دیسپرس نیستند ولی به دلیل حجم بالای محلول نسبت به شرایط رطوبتی مزرعه و سرعت پخشیدگی و تبادل افزایش می یابد. بنابراین میزان جذب نسبت به زئولیت با CEC بالاتر کمتر و میزان رهاسازی نیز با خاک پردیس نسـبت به زئولیت بیشتر است. ولی در اراضی با رطوبت کمتر و افزایش انقطاع لایه دوگانه و کاهش سطح تماس محلول خاک با لایه دوگانه احتمالا میزان جذب و رهاسازی با زئولیت نسبت به خاک بیشتر است، اختلاط زئولیت با خاک موجب افزایش پتاسـیم قابل جذب گیاه در محلول می گردد. با اختلاط زئولیت، مقدار ظرفیت بافری برای هر دو خاک افزایش می یابد. بدون لایه دوگانه پخشـیده منقطع و جذب لبه ای پتاسیم با کانی ایلایت، افزایش ظرفیت بالقوه بافری با زئولیت، به معنی سـرعت بالای بافر نمودن پتاسیم محلول خاک (با غلظت بالای پتاسیم در محلول خاک پس از کوددهی) است. ولی با شرایط جذب لبه ای پتاسیم و لایه دوگانه منقطع ممکن است جذب پتاسـیم خوب ولی رهاسازی آن با روش Q/I و ظرفیت بافری، بخصوص در شرایط مزرعه قابل توصیف نباشد. میزان پتاسیم لبایل زئولیت از خاک ها بیشـتر اسـت ولی میزان پتاسـیم لبایل اختـلاط زئولیت با خاک در شرایـط پیمانه ای افزایش نیافت. در شرایـط مزرعه که میزان نگهداری پتاسـیم توسـط لایه دوگانه منقطع پخشـیده افزایش می یابد ممکن است پتاسـیم لبایل و محلول حاصل از زئولیت نسـبت به خـاک پردیس خیلی بیشـتر باشـد که موجب افزایش پتاسـیم لبایل و محلول خـاک مخلوط با زئولیت و کاهش ARKé گردد.

پاورقی ها

1- Available
2- Soil conditioner
3- Exchangeable Potassium Percentage

منابع مورد استفاده

۱- امینی، س. (۱۳۸۵) بررسی تاثیر مواد زاید کارخانه کاغذ سازی بر حاصلخیزی خاک و رشد گندم، پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲- بستانی، ع. ثوابقی فیروزآبادی. ا. غ، (۱۳۸۵) منحنی کمیت- شدت پتاسیم و همبستگی پارامتر های آن با خصوصیات تعدادی از خاک های زیر کشت نیشکر خوزستان . مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۲۷ شماره ۳:۴۷۱-۴۷۹.

۳- رضایی، م. (۱۳۸۷) تاثیر اصلاح کننده زئولیت بر سینتیک جذب و رهاسازی آمونیوم، فسفر و پتاسیم در خاک سری رحمت آباد استان گلستان. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۴- سبطی، م. (۱۳۸۶) رشد جمعیت میکروبی وازتوباکتر با اضافه کردن ورمی کمپوست به خاک و تأثیر جمعیت میکروبی بر رشد و عملکرد گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک شناسی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۵- فائز نیا، ف. (۱۳۸۳) بررسی تاثیر کمپوست مواد آلی (مالچ و مخلوط با خاک)،

Archive of SID

زئولیت و لیکا بر حاصلخیزی خاک و رشد گندم، پایان نامه کارشناسی ارشد خاک شناسی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۶- لکزیان، ا. (۱۳۶۸) چگونگی تحول، تکامل و بررسی خصوصیات کانی های رسی خاک های سری خمینی شهر در مزرعه آزمایشی لورک نجف‌آباد. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک شناسی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۷- مجللی، ح. (۱۳۷۳) شیمی خاک (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی.
۸- ملکوتی، م، ج و مهدی همایی. (۱۳۸۳) حاصلخیزی خاک های مناطق خشک و نیمه خشک مشکلات و راه حل ها. چاپ دوم. دانشگاه تربیت مدرس.
9- Afifi, A. M. (1996) Potassium potential and potential buffering capacity of a Torripssameny in the United Arab Emirates. *Commun. Soil Sci. Plant Anal*. 27: 27-36.
10- Akinrinde, E.A. (1999) Quantity-intensity parameters of potassium in relation to uptake by Guinea corn in representative soils of the ecological zones of Nigeria. *Commu. Soil Sci. Plant Anal.* 30: 2695-2710.
11- Bansal. S. K. & Sing. M. (1993) *K-availability as affected by Q/I relationship Regional Symposium on K-availability of soils in West Asia and North Africa*, Tehran-Iran.
12- Becket, P. H. T. (1964a) Studies on soil potassium. II: The Immediate Q/I relation of labile potassium in the soil. *J. Soil Sci.* 15: 9-23.
13- Becket, P. H. T. (1972) Critical activity ratios. *Adv. Agron*. 24: 376-412.
14- Beek, J. G. H. Bolt. Bruggenwert, M. G. M. De Haan, f. A. M. Kamphorst, A. Novozamsky, I. Van Bremen, N. Brinkman, R. Zwerman. P. J. (1976) Soil chemistry. Elsevier Scientific Publishing Company.
15- Bijar Singh., Sharma K. N. & Rana. D. S. (1978) The quantity-intensity relation of potassium in soils from plots having nine fixed crop relation for six year. Plant and Soil. 50: 363-370.
16- Deshmukh. V. N. & khera. M. S. (1993) Q/I parameters of potassium as influenced by K depletion in an ustochrepts. *J. potassium Res*. (9) 1:1-7.
17- Evangelou, V. P. (1986) The influence of onion on potassium quantity-intensity relationships. *Soil Sci. Soc. Am J.* 50: 1182-1188.
18- Goulding, K. W. T. (1984) The availability of potassium in soil to crops as measured by its release to a calcium-saturated cation exchange resin.*J. Agric. Sci. Camb.* 103: 265-275.
19- Havlin, J. L., Bbeaton, J. D., Tisdale, S. L., Nelson, W. L. (2005) *Soil fertility and fertilizers.* Prentice, Hall. U. S. A.
20- Kithome, M. , Paul, J. W. Lavkulich, L. M. and Bomke.A. A. (1998) Kinetics of ammonium adsorption and desorption by the natural zeolite Clinoptilolite. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 62: 622-629.
21- LeRouxe, J., and Sumner. M. E. (1968) Labile potassium in soils: I. Factors affecting the quantity-intensity (Q/I) parameters. *Soil Sci*. 106: 35-41.
22- Lindsay, W. (1979) *Chemical equilibria in soils*. John Wiley and Sons, New York.
23- Lumbaranja, J. & Evangelou. V. P. (1992) Potassium quantity-intensity relationships in the presence and absence of NH4 for three Kentucky Soils. *Soil Sci.* 154: 366-376.
24- Malavolta, E. (1990) *Potassium status of tropical and subtropical region*. P. 163-200. In R. D. Munson (ed) Potassium in Agriculture ASA,CSSA,SSSA, Madison, WI.
25- Martin, H. W. & Sparks. D. L. (1985) On the behavior of non-exchangable potassium in soils. Commun. *Soil Sci. Plant Anal*. 16: 133-162.
26- Mengel, K. & Kirkby. E. A. (1980) Potassium in crop production. *Adv. Agron*. 35: 59-110.
27- Mitsios, I. K., & Rowell. D. L. (1987) Plant uptake of exchangeable and non-exchangable potassium.I. Measurmentand modeling for onion roots in a chalky Boulder clay soil. *Soil Science,* 38: 53-63.
28- Page، A. L. V. and Moller Keeney, R. H. (1992) *Method of soil analysis.* Part 1 and 2, American Society of Agronomy. Madison WI. , USA. 1159 p.
29- Rezaei, M and Movahedi Naeini. S. A. R. (2009) Effects of ammonium and Iranian natural zeolite on potassium adsorption and desorption kinetics in the loess soil. *International Journal of Soil Science.* 4 (2): 27-45.
30- 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. *Journal of Applied Science*. 9 (18): 3335-3342.
31- Samadi, A. (2006) Potassium Exchange Isotherms as a Plant Availability Index in Selected Calcareous Soils of Western Azarbaijan Province, Iran.*Turk J Agric For*. 30: 213-222.
32- Schofield, R. K. (1947) A ratio law governing the equilibrium of cations in the soil solution. *Proc. Int. Pur. Appl. Chem*. 11: 275-261.
33- Schouwenburg, J., Van, Ch. and Schuffelen. A. C. (1963) Potassium-exchange behavior of an illite. Neth. *J. Agric. Sci.* 11: 13-2.
34- Sparks, D. L. & Libhardt. W. C. (1981) Effect of long-term lime and potassium application on quantity- intensity (Q/I) relationships in sandy soil. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 66: 786-986.
35- Sparks, D. & Huang. L. (1985) *Physical chemistry of soil potassium.* In: R. Munson (ed.) Potassium in Agriculture. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wis., USA.
36- Sparks, D. L. (1986) *Soil physical chemistry.* CRC Press, Inc. USA.
37- Timenez, C. & Parra. M. (1991) Potassium quantity-intensity relationships in calcareous vertisols and inceptisol of southwestern spain. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55: 985-989.
38- Wang, J.J. and Scott. A.D. (2001) Effect of experimental relevance on potassium Q/I relationships and its implications for surface and subsurface soils. Commu. *Soil. Sci. Plant Anal.* 32: 2561-2575.

Archive of SID

www.SID.ir