سرعت رهاسازی پتاسیم غیر تبادلی با استفاده ازکلرید کلسیم رقیق در برخی راسته های خاک استان فارس

ابوالفضل آزادی [۱] ، مجید باقر نژاد [۲]، سیروس شاکری [۱]عبدالصمد غلامی [۱]
۱. دانشجویان دکتری ۲. استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

چکیده
هدف این پژوهش کاربرد معادلات سینتیکی در بررسی سرعت آزاد شدن پتاسیم غیر تبادلی در تعدادی از خاک‌های استان فارس به وسیله عصاره‌گیری مرحله‌ای با استفاده از کلرید کلسیم ۰۱/۰ مولار در مدت ۱۲۰۰ ساعت و بررسی رابطه سرعت آزادسازی پتاسیم غیر تبادلی با خصوصیات خاک بود. با توجه به بالا بودن ضرایب تشخیص و کم بودن خطای استاندارد برآورد، سرعت آزاد شدن پتاسیم غیر تبادلی به وسیله معادلات ایلوویچ، تابع توانی و مرتبه اول تشریح شد. بیشترین آزادسازی پتاسیم در خاک‌های ورتی سولز رخ داد که علت اصلی آن احتمالاً وجود مقادیر زیادتر رس و کانی میکا می‌باشد. به‌طور کلی آزادسازی پتاسیم از خاک‌ها براساس تکامل آنها روند ورتی سولز>آلفی‌سولز> اینسپتی‌سولز> انتی سولز>اریدی سولز را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم غیرتبادلی، آزادسازی پتاسیم، راسته‌های خاک

مقدمه
پتاسیم یکی از عناصر ضروری و پر مصرف برای گیاهان است. چهار شکل مختلف پتاسیم به ترتیب سهل الوصول بودن برای گیاهان عبارتند از: پتاسیم محلول، پتاسیم تبادلی، پتاسیم غیر تبادلی و پتاسیم ساختاری. با وجود اینکه پتاسیم کل در خاک به مراتب بیشتر از نیاز گیاه است ولی بخش اندکی از آن برای گیاه قابل دسترس است (مارتین و اسپارکز، ۱۹۸۵). زمانی که سطح پتاسیم تبادلی و محلول خاک بر اثر جذب گیاهان و یا آبشویی به افقهای پایین در مناطق مرطوب کاهش یابد، پتاسیم غیر تبادلی به صورت تبادلی آزاد می‌شود (اسپارکز، ۱۹۸۰). آزاد شدن پتاسیم از شکل غیرتبادلی به نوع و مقدار کانی‌های حاوی پتاسیم، اندازه ذرات، درجه هوادیدگی کانیها، سطح پتاسیم محلول خاک و پ هاش خاک بستگی دارد (ریچ، ۱۹۷۲). برای بررسی سینتیک آزادسازی پتاسیم معمولاً از مدلهای سینتیک مختلفی شامل معادلات الوویچ، پخشیدگی پارابولیک، تابع توانی، مرتبه صفر و مرتبه اول استفاده شدند، به طور کلی استفاده از معادله های مختلف برای بررسی سینتیک آزادسازی پتاسیم و تعیین بهترین معادله بستگی به ساز و کار اصلی مؤثر در آزادسازی پتاسیم، ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی خاک، نوع روش آزمایشگاهی استفاده شده و تیمار یا عدم تیمار خاک قبل از شروع آزمایش دارد. حسین‌پور و صفری سنجانی (۲۰۰۷)، هاولین و همکاران (۱۹۸۵) و لوپز- پینرو و گارسیا- ناوارو (۱۹۹۷)، بهترین معادله را برای سینتیک آزادسازی پتاسیم معادله الوویچ و یا استفاده از دو معادله برای بخش اول (شیب بیشتر) و بخش دوم (شیب کمتر) نمودار سینتیک آزادسازی پتاسیم پیشنهاد می کنند.

مواد و روش‌ها
۱۵ نمونه خاک سطحی (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر) به کار برده شده در این مطالعه از مناطق مختلف استان فارس جمع آوری شد. این نمونه ها پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلیمتری عبور داده شدند و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها اندازه‌گیری شد. برای مطالعات سینتیک آزادسازی پتاسیم ابتدا پتاسیم تبادلی و محلول از افقهای سطحی حذف گردید (مارتین و اسپارکز، ۱۹۸۵). برای این منظور نمونه‌های خاک با محلول ۱ نرمال کلرید کلسیم به مدت ۲۴ ساعت در تعادل قرار گرفتند تا نمونه‌ها کاملاً اشباع از کلسیم گردند. جهت حذف یون کلرید اضافی، نمونه‌ها با الکل و سپس آب مقطر شسته شده و سپس نمونه‌ها در آون خشک شدند.. در مرحله بعد حدود ۱ گرم از خاک اشباع با کلسیم در لوله سانتریفوژ ریخته ده میلی لیتر از عصاره گیر کلرید کلسیم ۰۱/۰ مولار اضافه گردید، پس از ۳۰ دقیقه مخلوط نمودن، نمونه ها به انکوباتور با دمای ثابت ۲۷ درجه سانتی گراد منتقل شدند. پس از گذشت دو ساعت از افزودن عصاره گیر، نمونه ها از انکوباتور خارج شده وبا ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شد و عصاره رویی برای اندازه گیری میزان پتاسیم رها شده جمع آوری گردید.
سپس بلا فاصله ۱۰ میلی لیتر دیگر عصاره اضافه گردید و به مدت ۳۰ دقیقه تکان داده شدند و به انکوباتور منتقل شدند. در فواصل زمانی و به مدت معین تکان داده شدند.(در فواصل زمانی ۲ ،۶ ،۱۲ ،۲۴ ،۴۸ ،۵۶ ،۷۲ ،۷۲ ،۱۲۰ ،۱۶۸ ،۱۶۸ و ۳۳۶ساعت). سپس نمونه سانتریفوژ شده و محلول زلال رویی جهت اندازه‌گیری غلظت پتاسیم نگهداری می‌شود. مجدداً محلول تازه به نمونه اضافه و این مراحل تکرار می‌گردد تا جایی که غلظت پتاسیم در عصاره به مقدار ثابتی برسد. غلظت نمونه‌ها در عصاره با دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد. پتاسیم غیرتبادلی آزاد شده نسبت به زمان با پنج مدل سینتیکی مرتبه اول، مرتبه صفر، الوویچ ساده شده، انتشارهذلولی و تابع نمایی برای برازش داده ها، مورد استفاده قرار گرفتند.

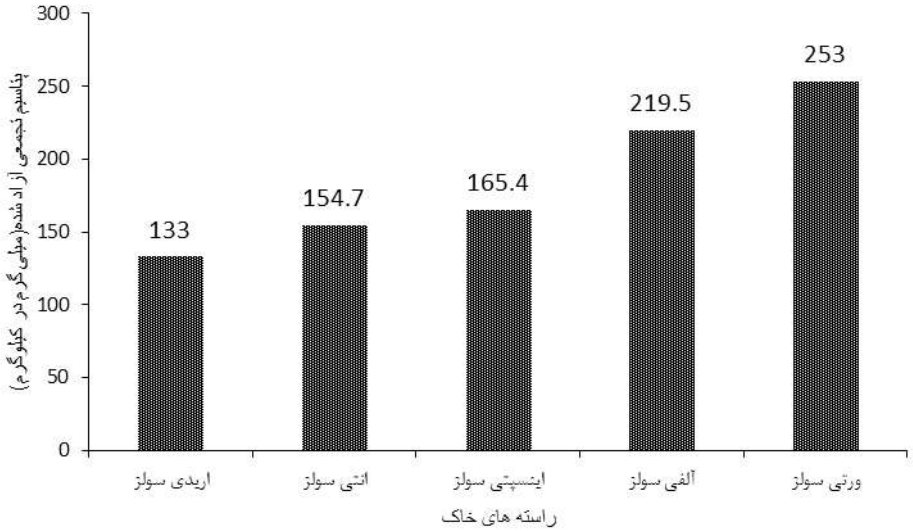
نتایج و بحث

مقادیر شکلهای پتاسیم و پتاسیم غیر تبادلی رها شده توسط عصاره گیری پی در پی با کلرید کلسیم درخاک های مورد مطالعه در شکل(۱)نشان داده شده است. خاکهای مورد مطالعه دارای دامنه وسیعی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی می‌باشند دامنه تغییرات پتاسیم غیرتبادلی رها شده توسط عصاره‌گیری متوالی با کلرید کلسیم ۱۰۴ تا ۲۸۶ با میانگین ۷/۱۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاك بود. در بین تمام خاک های مورد مطالعه بیشترین رها سازی پتاسیم در خاک شماره ۱۳ و کمترین مقدار را در خاک شماره ۱۰ می‌توان مشاهده نمود(شکل ۱). که رهاسازی بیشتر در خاک شماره ۱۳ که راسته آلفی سولز نیز می‌باشد احتمالاً به این دلیل است که این خاک دارای حداکثر مقدار پتاسیم غیرتبادلی بوده و ظرفیت تبادلی کاتیونی آن نسبت به اغلب خاکها بیشتر بوده و درصد کربنات کلسیم آن نیز پایین می‌باشد هم چنین کانی غالب آن میکا و اسمکتیت میباشد و کمترین مقدار نیز که مربوط به خاک راسته اریدی سولز می‌باشد که دارای مقدار پتاسیم غیرتبادلی پایینی بوده و ظرفیت تبادل کاتیونی آن پایین است و دارای درصد زیادی کربنات کلسیم بوده و هم چنین می تواند به دلیل غالب بودن ایلیت دی اکتا هدرال و یا کانی کلریت باشد که دارای بین لایه بروسیت حاوی منیزیم میباشد. دیلون و دیلون (۱۹۹۲)، سینتیک آزادسازی پتاسیم را در راسته‌های مختلف خاک‌های هند مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که خاک‌های آلفی‌سولز و اینسپتی‌سولز به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار پتاسیم را بر اثر تیمار با رزین اشباع با یون هیدروژن آزاد می‌کنند در خاک‌های مورد مطالعه بطور میانگین راسته ورتی سولز بیشترین آزادسازی و راسته اریدی سولز کمترین آزادسازی پتاسیم غیر تبادلی را داشت(شکل ۲). که بطور کلی اختلاف در میزان آزاد سازی پتاسیم را می توان نوع، میزان و اندازه کانی های حاوی پتاسیم موجود در بخش رس، سیلت و شن و سایر خصوصیات خاک ها(ظرفیت تبادل کاتیونی، میزان آهک، ماده آلی و...) نسبت داد. مطالعات همبستگی نشان داد که بین آزادسازی تجمعی پتاسیم در دامنه زمانی مورد مطالعه با درصد آهک، ظرفیت تبادل کاتیونی و پتاسیم محلول، تبادلی و غیرتبادلی همبستگی معنی‌داری وجود دارد. آزادسازی پتاسیم از خاک‌ها با عصاره گیر کلرید کلسیم با کربنات کلسیم به دلیل اثر رقت همبستگی منفی و معنی دار به ترتیب (r= -۰/۷۱۳**) با پتاسیم غیرتبادلی و ظرفیت تبادل کاتیونی همبستگی مثبت و معنی دار(r=۰/۷۷۵**) و (r=۰/۷۴۴**) نشان داد. در کلیه نمونه‌ها سرعت آزادسازی پتاسیم در مراحل اولیه زیاد و سپس به تدریج کاهش یافت. چنین روندی در مطالعات سینتیک معمولاً متداول است (سادوسکی و همکاران، ۱۹۸۷). آزادسازی سریع در مراحل اولیه را می توان به رهاسازی پتاسیم از مناطق لبه ای و گوهای شکل کانی ها نسبت داد ودر مرحله دوم با پیشرفت رهاسازی وبالا رفتن انرژی جذب پتاسیم در بین لایه ها و از طرفی افزایش فاصله پتاسیم از لبه های کانی و افزایش فاصله پخشیدگی، سرعت رهاسازی کاهش می یابد (سرینیواسارائو و همکارن،۱۹۹۹). به دلیل این که همه پتاسیم تبادلی در ابتدای آزمایش حذف گردیده قسمت سریع اولیه در این مطالعه نشان دهنده آزادسازی پتاسیم از مکانهای لبهای میباشد (جلالی، ۲۰۰۵). سینتیک رهاسازی پتاسیم غیرتبادلی به وسیله معادلات مرتبه صفر، مرتبه اول، تابع توان، پخشیدگی پارابولیک و تابع توان ارزیابی شد. به دلیل ضریب همبستگی پایین معادلات مرتبه صفر و پخشیدگی پارابولیک قادر به توصیف سینتیک پتاسیم غیر تبادلی نمی باشد ولی معادلات الوویچ، توانی و مرتبه اول دارای ضریب همبستگی بیشتر و خطای معیار تخمین کمتری بوده و در نتیجه به طور رضایت بخشی روند رهاسازی را توجیه کردند. رحمت الله و منگل (۲۰۰۰) بیان کردند که توجیه شدن رهاسازی تجمعی پتاسیم توسط معادله مرتبه اول، بیانگراینست که با گذشت زمان، سرعت رهاسازی کاهش می یابد.

شکل ۱: وضعیت شکل های پتاسیم و پتاسیم تجمعی پتاسیم آزاد شده از خاک با کلرید کلسیم ۰۱/۰ مولار ($mg\ kg^{-1}$)

شماره نمونه	طبقه‌بندی خاک	شکل‌های مختلف پتاسیم ($mg\ kg^{-1}$) محلول	تبادلی	غیرتبادلی	ساختمانی	کل	کلریدکلسیم(۰۱/۰مولار)
۱	*TypicUstorthents*	۶۰/۱	۹/۲۲۴	۸/۲۴۶	۰/۶۲۸۸	۴/۶۷۶۱	۱۳۵
۲	*Aquic Haplustepts*	۶۱/۱۱	۲/۲۸۴	۹/۴۸۰	۴/۵۷۳۷	۲/۶۵۱۴	۱۶۰
۳	*Calcic Haplustalfs*	۲۸/۵	۵/۲۵۵	۴/۴۵۲	۳/۵۴۳۷	۴/۶۱۵۰	۱۵۳
۴	*Aquic Calciustepts*	۴۱/۳	۴/۳۸۹	۹/۵۶۶	۱/۵۳۱۱	۷/۶۲۷۰	۲۲۱
۵	*Aquic Calciustepts*	۸۷/۰	۹/۲۲۵	۱/۵۶۶	۸/۴۷۶۹	۵۵۶۲/	۱۵۳
۶	*Typic Torriorthents*	۷۲/۱	۳/۱۷۵	۱/۵۳۶	۴/۴۵۰۸	۵/۵۲۲۱	۱۱۷
۷	*Typic Haplogypsids*	۶۷/۱۰	۱/۳۰۳	۸/۷۳۲	۰/۶۴۱۴	۵/۷۴۶۰	۱۷۰
۸	*Typic Haplocambids*	۶۲/۴	۳/۳۲۷	۶/۶۷۹	۹/۶۰۰۰	۳/۷۰۱۲	۱۴۸
۹	*Typic Calcigypsids*	۵۷/۳	۹/۱۹۷	۶/۵۱۱	۴/۴۲۳۰	۵/۴۹۴۳	۱۱۰
۱۰	*Typic Haplocambids*	۰۹/۲	۹/۱۷۴	۹/۵۵۱	۵/۴۹۴۹	۴/۵۶۷۸	۱۰۴
۱۱	*Typic Xerorthents*	۳۷/۳	۲/۵۶۴	۵/۱۴۳۱	۹/۱۳۱۰۹	۴/۱۵۱۰۹	۲۱۲
۱۲	*Typic Calcixerepts*	۰۶/۳	۱/۴۲۳	۰/۸۷۶	۷/۱۱۵۵۹	۸/۱۲۸۶۱	۱۸۰
۱۳	*Calcic Haploxeralfs*	۴۵/۹	۶/۷۹۲	۱/۱۴۴۶	۲/۱۲۸۶۱	۴/۱۵۱۰۹	۲۸۶
۱۴	*Typic Calcixerepts*	۵۲/۳	۷/۱۴۱	۲/۴۱۵	۰/۳۷۹۲	۵/۴۳۵۲	۱۱۳
۱۵	*Typic Haploxererts*	۱۱/۳۷	۹/۶۰۵	۷/۹۷۳	۹/۷۵۳۷	۸/۹۱۵۴	۲۵۳

هاولین و همکاران (۱۹۸۵) مدلهای مختلف آماری را جهت بررسی سینتیک آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی در خاکهای آهکی مورد مطالعه قرار دادند و بیان کردند که معادلات الوویچ، تابع توان و پخشیدگی پارابولیک آزادسازی تجمعی پتاسیم از این خاکها را به خوبی توصیف میکند.



شکل۲. وضعیت پتاسیم غیر تبادلی آزاد شده با عصاره‌گیر اگزالیک اسید در راسته‌های مختلف در خاک‌های مورد مطالعه

منابع

DhillonS.K., and Dhillon K.S. ۱۹۹۲. Kinetics of release of potassium by sodium tetraphenylboron from some top soil samples red (Alfisol), black (Vertisol), and alluvial (Inceptisols and Entisol) soils of Indian. Fertil. Res. ۳۲: ۱۳۵-۱۳۸.

Havlin, J. L., Westfall D. G. and Olsen S. R. ۱۹۸۵. Mathematical models for potassium release kinetics in calcareous soils. Soil. Sci. Soc. Am. J. ۴۹: ۳۷۱-۳۷۶.

Hosseinpur A.R, and Safari Sinegani A.A. ۲۰۰۷. Soil potassium-release characteristics and the correlation of its parameters with garlic plant indices. Communications in Soil Science and Plant Analysis, ۳۸(۱-۲):۱۰۷-۱۱۸.

Jalali M. ۲۰۰۵. Release kinetics of non-exchangeable potassium in calcareous soils. Commun. Soil Sci. and Plant Anal. ۳۶: ۱۹۰۳-۱۹۱۷.

Lopez-Pineiro A. and Garcia Navarro A. ۱۹۹۷. Potassium release kinetics and availability in unfertilized Vertisols of southwestern Spain. J. Soil Sci. ۱۶۲:۹۱۲-۹۱۸.

Martin, W.H and Sparks D.L. ۱۹۸۵. On the behavior of nonexchangeable potassium in soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. ۱۶: ۱۳۳-۱۶۲.

Rahmatullah and Mengel K. ۲۰۰۰. Potassium release from Mineral structures by H+ ion ـ resin. Geoderma ۹۶: ۲۹۱- ۳۰۵.

Rich C.I. ۱۹۷۲. Potassium in minerals. Proc. Colloq. Int. Potash Inst. ۹:۱۵-۳۱.

Sadusky M. C., Sparks D. L., Noll M. R. and Hendricks G. J. ۱۹۸۷. Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy Middle Atlantic Coastal Plain soils. Soil Sci. Soc. Am. J. ۵۱:۱۴۶۰-۱۴۶۵.

Srinivasarao C., Swarup, A., Subba Rao A. and Raja Gopal. V. ۱۹۹۹. Kinetics of non-exchangeable potassium

release from a Tropauepts as influenced by long-term cropping, fertilization, and manuring. Aust. J. Soil Res. ۳۷: ۳۱۷-۳۲۸.

Astract

The objective of this study included an investigation of the dynamics of non-exchangeable potassium in some soils from Fars Province by sequential extraction with CaCl۲ ۰.۰۱ M over a period of ۱۲۰۰ h and determination of the relation between Kinetics of Nonexchangeable Potassium Release with soil properties. Elovich, power function and First order equations described well the non-exchangeable potassium release kinetics based on their highest determination coefficient and their lowest value of the standard error of the estimate. Maximum of potassium release was observed in Vertisols, probably because of high amount of clay content and the clay mineral of mica. The amount of K release was in the following order: Vertisols>Alfisols> Inceptisols> Entisols>Aridisols.