

بررسی وضعیت پتاسیم در راسته‌های مختلف خاک ایستگاه تحقیقاتی کشاورزی خرکه کردستان

*فرهاد خرمالی^۱، کمال نبی‌اللهی^۲، کامبیز بازرگان^۳ و کامران افتخاری^۳

^۱استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه

علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، تهران

تاریخ دریافت: ۸۴/۹/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۱/۱۸

چکیده

بررسی شکل‌های پتاسیم (محلول، تبادل، قابل استخراج با اسیدنیتریک و ساختمانی) در چهار راسته خاک (ورتنی سولز، انتی‌سولز، اینسپتی سولز و مالی سولز) به‌عنوان تابعی از مقدار و نوع رس در خاک‌های ایستگاه تحقیقاتی خرکه در استان کردستان صورت گرفت. همه شکل‌های مختلف پتاسیم (تبادل، غیر تبادل، ساختمانی و کل) راسته ورتنی سولز در مقایسه با سایر راسته‌ها بیشتر بود که به‌طور عمده به‌دلیل بیشتر بودن مقدار رس و غالب بودن اسمکتیت در بخش رس در راسته ورتنی سولز نسبت به بقیه راسته‌ها بود. در تمامی نمونه‌ها با افزایش مقدار رس، پتاسیم ساختمانی افزایش یافت که این افزایش در نمونه‌هایی که ایلیت بیشتری داشتند در مقایسه با نمونه‌های با ایلیت کمتر، بیشتر بود. در راسته‌های انتی‌سولز، مالی سولز و اینسپتی سولز، مقدار شکل‌های مختلف پتاسیم (قابل استخراج با اسید نیتریک، اسید فلوریدیک و استات آمونیوم) خاک‌هایی که از لحاظ مقدار رس و اسمکتیت غالب بودند، بیشتر از بقیه بود.

واژه‌های کلیدی: جزء رس، تحول خاک، پتاسیم

مقدمه

نیتریک مولار جوشان و ساختمانی تقسیم می‌شود. با وجود آنکه مقدار پتاسیم محلول در خاک‌ها کم است به‌طور مستقیم توسط گیاه جذب می‌شود. پتاسیم تبدلی با استات آمونیوم جایگزین می‌شود که به وسیله بار منفی مواد آلی و ذرات رس نگه داشته شده و به آسانی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد (آرنولد و کلوز، ۱۹۶۱؛ کونیرز و مک‌لین، ۱۹۶۹). پتاسیم قابل جذب با اسید نیتریک، پتاسیمی است که با اسید نیتریک مولار جوشان استخراج

پتاسیم یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاه است و اهمیت آن در کشاورزی مشخص شده است (کیلر و همکاران، ۱۹۶۸؛ اسپارکز و هانگ، ۱۹۸۵). پتاسیم کل خاک زیاد است اما توزیع شکل‌های پتاسیم از خاکی به خاک دیگر به‌عنوان تابعی از کانی‌های موجود در خاک‌ها فرق می‌کند (مک‌لین و واتسون، ۱۹۸۵). پتاسیم خاک به چهار شکل پتاسیم محلول، تبادل، قابل استخراج با اسید

به‌عنوان نمونه‌ای از اراضی کشاورزی استان کردستان صورت گرفت.

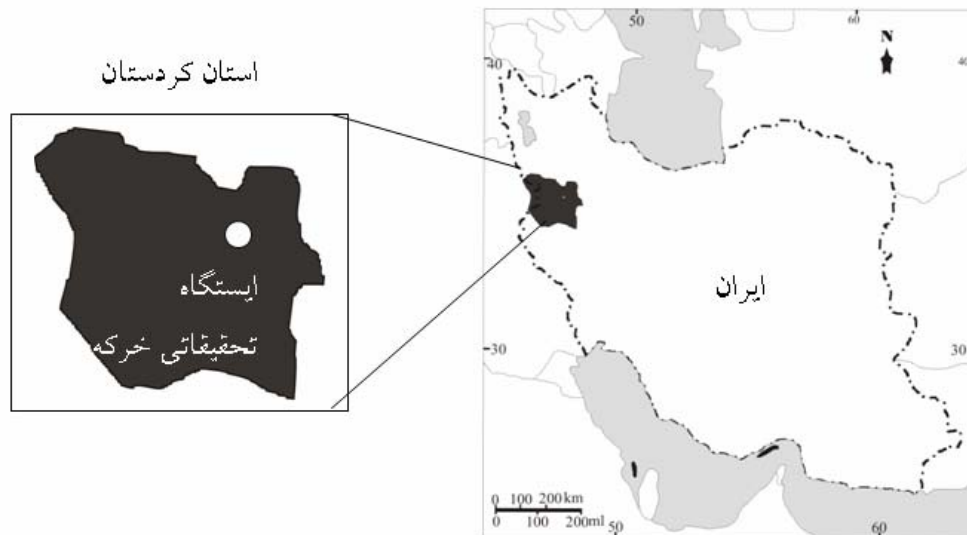
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در ایستگاه تحقیقاتی خرکه در ۸۰ کیلومتری شمال سنندج در استان کردستان واقع در غرب ایران است (شکل ۱). مساحت منطقه ۲۳۵ هکتار، رژیم رطوبتی آن زیریک و رژیم حرارتی آن نیز مزیک می‌باشد. متوسط میزان بارندگی سالیانه ۵۷۲ میلی‌متر است. قدیمی‌ترین رسوبات منطقه پرمین و بیشتر سنگ‌های مادری منطقه شیل و آندزیت می‌باشد. مکان‌های حفر پروفیل براساس مطالعات پیشین نقشه‌های خاک و از واحدهای مختلف فیزیوگرافی بودند که در مجموع در چهار راسته ورتی سولز^۱، انتی سولز^۲، اینسیتی سولز^۳ و مالی سولز^۴ قرار گرفتند که شامل گروه‌های بزرگ: Calcixerpts, Haploxerepts Endoaquolls, Xerofluvents و Haploxerolls, Calcixerolls می‌باشند. نمونه‌ها از افق‌های مختلف ده پروفیل خاک برای تجزیه‌های فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی گرفته شد. آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی: توزیع اندازه ذرات بعد از حل کردن کربنات کلسیم با اسید کلریدریک ۲ نرمال و تجزیه مواد آلی با آب اکسیژنه ۳۰ درصد اندازه‌گیری شد. پس از تکرار شستشو برای از بین بردن نمک‌ها، خاک‌ها به‌وسیله هگزامتاسفات سدیم دیسپرس شدند و اجزا رس، سیلت و شن به وسیله رسوبگذاری جدا و به روش پیپت تخمین زده شدند (دی، ۱۹۶۵). آهک به روش خشتی‌سازی با اسید (پیچ، ۱۹۸۲) و نیز کربن آلی به روش اکسیداسیون تر با اسید کرومیک و تیترا کردن با فروآمونوم سولفات به روش نلسون (۱۹۸۲) اندازه‌گیری شد.

می‌شود. این پتاسیم نشان‌دهنده پتاسیم تبدالی همراه با پتاسیم قابل جذب از کانی‌های فیلسیلیکاته^۱ و تکتوسیلیکاته^۲ بوده و هنگامی که میزان پتاسیم تبدالی در سطوح پایین باشد عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. خاک‌هایی که ورمیکولیت و میکای بیشتری دارند مقدار زیادی پتاسیم قابل جذب با اسید نیتریک دارند و خاک‌هایی که کائولینیت، کوارتز و دیگر کانی‌های سیلیکاته دارند پتاسیم محلول و تبدالی کمی دارند (مارتین و اسپارکز، ۱۹۸۵). پتاسیم ساختمانی شامل پتاسیم تثبیت شده و ساختمانی (بومی) داخل کانی‌ها (بیوتیت^۳، مسکویت^۴ و فلدسپار^۵) است که مقدار زیادی از پتاسیم کل خاک را (بیشتر از ۹۰ درصد) تشکیل داده و فقط بر اثر هوادیدگی به کندی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (مارتین و اسپارکز، ۱۹۸۵). پتاسیم به‌عنوان یکی از عناصر سازنده چند کانی شناخته شده است. این کانی‌ها پتاسیم را به شکل‌های محلول و تبدالی به وسیله هوادیدگی با سرعت‌های متفاوت آزاد می‌کنند (هانگ، ۱۹۷۷). بعضی از کانی‌ها هم دارای قابلیت تثبیت پتاسیم اضافه شده هستند که پتاسیم را به‌صورت غیرتبدالی وارد ساختمان خود می‌کنند. آزادسازی پتاسیم توسط کانی‌ها به شکل‌های محلول و تبدالی و جذب آن از مکان‌های محلول و تبدالی به‌صورت متقابل می‌باشد (مکلین و واتسون، ۱۹۸۵). اسمکتیت، کلریت، ایلیت، کائولینیت، پالیگورسکیت و ورمیکولیت کانی‌های رسی اصلی هستند که در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران وجود دارند (خرم‌مالی و ابطحی، ۲۰۰۳). ارتباط بین خاک‌های مختلف و مقدار و نوع رس آنها با شکل‌های پتاسیم در تعیین کردن پتاسیم ذخیره‌ای خاک و پیش‌بینی چرخه پتاسیم و جذب توسط گیاه در خاک‌های کشاورزی مهم است. تحقیق حاضر به‌منظور بررسی وضعیت پتاسیم و کانی‌شناسی رس در راسته‌های مختلف خاک‌های ایستگاه تحقیقاتی خرکه

- 6- Vertisols
- 7- Entisols
- 8- Inceptisols
- 9- Mollisols

- 1- Phyllosilicate
- 2- Tectosilicate
- 3- Biotite
- 4- Muscovite
- 5- Feldspar



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه.

واکنش با اسیدکلریدریک یک نرمال دیده نشد. موادآلی سپس به وسیله تیمار خاکها با H_2O_2 ۳۰ درصد در حمام آب هضم شد که این تیمار MnO_2 را نیز هضم می کند. اکسیدهای آهن آزاد از نمونه ها به وسیله روش مهرا و جکسون (۱۹۶۰) حذف شدند. سپس رس ها توسط سانتریفوژ نمونه ها به مدت ۵/۴ دقیقه با دور ۷۵۰ در دقیقه جدا شده و به وسیله روش دستگاه پراش اشعه ایکس مطالعه شدند. دیفراکتوگرام های اشعه ایکس از رس های اشباع شده با منیزیم قبل و بعد از تیمار با اتیلن گلیکول گرفته شد. نمونه های اشباع شده با پتاسیم همچنین به وسیله پراش اشعه ایکس بعد از خشک کردن در دمای اتاق و بعد از حرارت دادن در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد برای ۲ ساعت مطالعه شدند. برآورد نیمه کمی مقدار کانی های رسی از طریق مقایسه سطح زیرمنحنی پیک های رده اول کانی ها صورت گرفت (جونز و همکاران، ۱۹۵۴).

نتایج و بحث

خاک های مطالعه شده همگی آهکی بوده و مقدار رس زیادی دارند (جدول ۱). این خاک ها در چهار راسته رتی سولز، مالی سولز، اینسپتی سولز و انتی سولز قرار گرفتند. کانی های عمده شناسایی شده شامل ایلیت،

pH به روش گل اشباع (بیچ، ۱۹۸۲)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم در $pH=8/2$ (چپمن، ۱۹۶۵)، مقدار شکل های پتاسیم در هر نمونه با روش کنودسون (۱۹۸۲)، پتاسیم محلول به روش عصاره اشباع، پتاسیم تبدالی به روش استات آمونیوم یک نرمال در $pH=7$ ، پتاسیم قابل جذب با اسیدنیتریک به روش اسیدنیتریک مولار جوشان و پتاسیم کل به روش اسیدفلوریدیک اندازه گیری شدند. پتاسیم تبدالی از تفاضل پتاسیم محلول و پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم، پتاسیم ساختمانی از تفاضل پتاسیم قابل استخراج با اسیدنیتریک و پتاسیم قابل استخراج با اسیدفلوریدیک، پتاسیم غیرتبدالی از تفاضل پتاسیم قابل استخراج با اسیدنیتریک و پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم به دست آمدند. آنالیزهای آماری مقایسه میانگین ها با نرم افزارهای MINITAB, EXCEL و SPSS صورت گرفت.

آزمایش های کانی شناسی: حذف شیمیایی مواد ملاتی و جداسازی اجزا رس از تمام افق های هر ۱۰ پروفیل مطابق با روش کیتریک و هوپ (۱۹۶۳) و جکسون (۱۹۷۵) انجام شد. کربنات ها در ابتدا توسط استات سدیم بافر شده یک نرمال در $pH=5$ حذف شدند. اضافه کردن استات سدیم یک نرمال تا هنگامی صورت گرفت که دیگر اثر

کلریت، اسمکتیت و کائولینیت می‌باشد. مقدار کائولینیت و کلریت تقریباً در تمام پروفیل‌ها یکنواخت می‌باشد که به نظر می‌رسد از مواد مادری به ارث رسیده باشند ولی مقدار ایلیت و اسمکتیت در پدوئ‌های مورد مطالعه با توجه به عمق سفره آب‌زیرزمینی و خصوصیات خاک و

هوایدگی تغییراتی را نشان می‌دهند. پتاسیم تبادلی، قابل استخراج با اسیدنیتریک، ساختمانی و کل در راسته ورتی‌سولزها بیشتر از سایر خاک‌های مورد مطالعه بود (جدول‌های ۱ و ۲).

جدول ۱- مقدار شکل‌های مختلف پتاسیم، درصد رس، نوع رس و CEC خاک‌ها.

نام خاک	پتاسیم ساختمانی درصد	پتاسیم غیر تبادلی $mg\ kg^{-1}$	پتاسیم تبادلی $mg\ kg^{-1}$	پتاسیم محلول $meq\ L^{-1}$	رس درصد	CEC $cmol\ kg^{-1}$	ایلیت درصد	اسمکتیت درصد	افق
ورتیک	۱/۳۳	۵۱۵	۳۳۷	۰/۱۱	۵۷	۵۰	۳۶	۲۶	A
هاپلوزرولز	۱/۱۴	۴۸۷	۲۵۱	۰/۰۹	۵۵	۴۶	-	-	AB
فلوآکونیتیک	۰/۹۲	۱۸۵	۱۱۷	۰/۰۳	۳۲	۴۰	۱۵	۵۵	B _k
اندوآکولز	۱/۱۶	۱۴۷	۱۰۱	۰/۰۲	۳۰	۳۵/۷	۱۸	۳۵	B _{g1}
	۰/۹۱	۱۶۵	۹۲	۰/۱۳	۲۸	۳۵	-	-	B _{g2}
تیپیک	۰/۸۵	۳۶۹	۲۵۲	۰/۰۷	۳۰	۳۵	۴۱	۲۶	A
زروفلونتر	۰/۸۹	۲۸۳	۱۶۱	۰/۰۹	۳۸	۴۰	۳۰	۲۰	C1
	۰/۹۹	۲۷۸	۱۹۰	۰/۱۴	۲۷	۳۳/۸	-	-	C2
تیپیک	۱/۰۵	۳۰۹	۱۴۸	۰/۰۸	۳۰	۳۵	۲۲	۳۵	A _p
هاپلوزرپتر	۱/۰۱	۳۷۹	۱۷۲	۰/۰۸	۲۸	۳۱/۲	-	-	B _{w1}
	۰/۹۳	۳۶۴	۱۵۱	۰/۰۸	۳۲	۳۵	۳۰	۳۶	B _{w2}
	۱/۱۰	۲۹۰	۱۵۳	۰/۱۸	۲۹	۳۱/۸	-	-	B _{w3}
تیپیک	۱/۰۸	۳۸۴	۲۲۵	۰/۰۹	۳۴	۳۰	۱۵	۳۵	A _p
هاپلوزرولز	۱/۲۳	۳۰۲	۱۷۹	۰/۰۸	۴۰	۲۵/۸	۱۳	۳۳	B _{k1}
	۰/۹۹	۴۳۵	۱۵۱	۰/۰۸	۴۶	۲۱	-	-	B _{k2}
	۰/۶۸	۳۹	۱۳۰	۰/۱۳	۴۸	۳۸/۳	۲۷	۲۷	C
تیپیک	۱/۵۸	۹۱۰	۴۷۵	۰/۰۷	۵۲	۴۰	۹	۴۵	A
هاپلوزررت	۱/۶۸	۸۸۱	۳۸۵	۰/۱۳	۵۵	۴۰	۳۵	۲۵	B _k
	۱/۵۱	۱۲۷	۶۳۰	۰/۳۶	۵۲	۴۰	-	-	C _k
تیپیک	۱/۴۸	۸۱۳	۴۵۴	۰/۱۳	۵۰	۴۰/۴	۱۶	۱۶	A _p
زوررتنتز	۱/۴۳	۷۲۰	۳۴۱	۰/۱۳	۵۰	۴۰	۳۴	۲۳	AC
	۰/۷۳	۴۹	۱۵۴	۰/۰۶	۴۳	۲۶/۸	-	-	C _k
	۰/۷۱	۱۴	۴۹	۰/۵۴	۱۱	۲۰/۲	-	-	C _r
تیپیک کلسی	۱/۲۰	۵۸۰	۳۸۲	۰/۰۸	۴۸	۳۳/۲	۵۱	۱۴	A _p
زررتز	۰/۷۷	۸۳	۲۰۲	۰/۱۱	۲۷	۱۳/۶	۴۰	۱۵	B _k
	۰/۴۴	۱/۶	۸۳	۰/۱۷	۴۵	۴۱/۶	۲۵	۳۱	C _k
تیپیک کلسی	۱/۱۷	۶۲۴	۴۶۸	۰/۱۸	۴۳	۳۶/۴	۵۲	۶	A _p
زرولز	۰/۹۷	۲۳۸	۲۲۹	۰/۱۰	۳۹	۲۵/۶	-	-	AB
	۰/۷۲	۷۷	۱۲۱	۰/۰۴۲	۲۴	۳۱/۲	۴۱	۱۶	B _k
	۰/۸۸	۱۰۴	۹۱	۰/۲۱	۱۳	۲۰/۸	-	-	C _k
لیتیک	۱/۳۲	۸۰۶	۲۱۰	۰/۱۰	۳۰	۴۰	۲۱	۳۸	A
زوررتنتز	۱/۰۵	۲۵۱	۱۸۲	۰/۰۸	۵۴	۵۰/۸	-	-	C

جدول ۲- میانگین مقدار فرم‌های مختلف پتاسیم، CEC، رس، مواد آلی و pH در چهار راسته خاک.

راسته خاک	ماده آلی	پتاسیم قابل استخراج		pH	رس	پتاسیم محلول		پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم	CEC
		با اسیدفلوریدیک	پتاسیم قابل استخراج			meqL ⁻¹	ppm		
ورتی سولز	۱	۱۷۴۷ ^a	۱۵۲۴ ^a	۷/۶	۵۲	۰/۱۹۴	۵۰۰ ^a	۴۰	
مالی سولز	۳/۵	۱۰۸۷ ^b	۴۴۰ ^b	۷/۷	۳۷	۰/۰۹۶	۲۰۰ ^b	۳۶	
انتی سولز	۱/۲	۱۰۶۸۷ ^b	۵۵۲ ^b	۷/۶	۳۸	۰/۱۳۷	۱۸۴ ^b	۳۹	
اینسپتی سولز	۱/۴	۹۶۳۳ ^b	۵۰۱ ^b	۷/۷	۳۵	۰/۱۶۳	۲۰۴ ^b	۳۲	

*اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون از لحاظ آماری معنی دار نمی‌باشند.

ورمیکولیت، ظرفیت تثبیت پتاسیم این خاک‌ها برای یون‌های پتاسیم و آمونیوم بیشتر شده است. خاک‌هایی که پتاسیم تبدلی زیاد دارند بر اثر انجماد و ذوب شدن و تر و خشک شدن مقداری از پتاسیم قابل تبادل را به شکل کند جذب در می‌آورند و این واکنش می‌تواند نقش مهمی در ذخیره پتاسیم بعضی خاک‌ها داشته باشد و این بویژه در هنگامی است که مقدار پتاسیم تبدلی خاک زیاد باشد (ملکوتی و همایی، ۱۹۹۴).

در راسته مالی سولز در بین مالی سولزهای مطالعه شده، خاک مالی سولز، ورتیک‌هاپلوزرالز به دلیل داشتن خاصیت ورتیک و در نتیجه بیشتر بودن مقدار رس، درصد اسمکتیت و ظرفیت تبادل کاتیونی آن نسبت به بقیه مالی سولزها، از لحاظ شکل‌های پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم، اسیدنیتریک و اسیدفلوریدیک بیشتر از بقیه مالی سولزها بود (جدول ۳). سواگ و سینگ (۲۰۰۴) هم ورتی سولزهای با اسمکتیت غالب و مقدار کم ورمیکولیت، میکا و کائولینیت و مقدار پتاسیم کل زیاد گزارش کردند.

این تفاوت اساساً به دلیل درصد رس و مقدار اسمکتیت بیشتر در راسته ورتی سولز می‌باشد. اما بقیه راسته‌ها به دلیل کانی‌های رسی مخلوط و عدم تفاوت معنی دار از لحاظ نوع و درصد رس اختلافات زیادی از لحاظ شکل‌های مختلف پتاسیم با همدیگر نداشتند. حسین پور و همکاران (۲۰۰۱) بیشترین میزان پتاسیم غیرتبدلی را در خاک‌هایی گزارش کردند که دارای بیشترین درصد رس و اسمکتیت زیاد بودند. ورتی سولز مورد مطالعه به دلیل دارا بودن مقدار رس زیاد (بیشتر از ۳۰ درصد) و کانی‌های رسی از نوع اسمکتیت دارای پتاسیم کل زیاد و کافی برای رشد گیاه می‌باشند اما ممکن است به دلیل ظرفیت تبدلی زیاد، بار لایه‌ای زیاد و تر و خشک شدن خاک‌ها نگهداری و تثبیت پتاسیم در این خاک‌ها روی دهد.

سواگ و سینگ (۲۰۰۴) گزارش کردند که در منطقه شمال استرالیا ورتی سولزهای با اسمکتیت غالب و مقدار کم ورمیکولیت، میکا و کائولینیت مقدار پتاسیم کل زیادی داشته اما به دلیل بار لایه‌ای زیاد اسمکتیت و نزدیک به

جدول ۳- میانگین شکل‌های مختلف پتاسیم، CEC، درصد رس و اسمکتیت در گروه‌های بزرگ مالی سولز.

زیر رده	پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم		CEC	پتاسیم قابل استخراج با اسیدفلوریدیک		اسمکتیت رس
	ppm	cmol kg ⁻¹		ppm	%	
تیبیک کلسی زرولز	۲۳۰/۰ ^{ab}	۲۸/۰ ^b	۹۸۹۰/۹ ^b	۲۶۰/۷۵ ^{ba}	۲۹/۷ ^b	۱۱/۰ ^b
فلوواکونتییک اندوآکوالز	۱۰۵/۳ ^b	۳۶/۶۶ ^b	۱۰۲۷۵/۰ ^b	۱۶۵/۶۶ ^b	۳۰/۰ ^b	۳۵/۰ ^{ab}
تیبیک هاپلوزرولز	۱۷۳/۳۳ ^b	۲۸/۵۰ ^b	۱۰۴۲۰/۵۰ ^b	۲۰۹/۰ ^{ba}	۴۲/۰ ^b	۳۱/۶ ^{ba}
ورتیک هاپلوزرولز	۲۸۵/۳۳ ^a	۴۸/۰ ^a	۱۲۹۲۰/۳۳ ^a	۴۸۱/۳۳ ^a	۵۰/۶ ^a	۴۵/۵ ^a

*اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون از لحاظ آماری معنی دار نمی‌باشند.

در راسته اینسپتی سولز نیز خاک اینسپتی سولز تیبیک هاپلوزرپتز که در قسمت پنجه شیب قرار گرفته از لحاظ پتاسیم قابل استخراج با اسیدفلوریدیک و اسیدنیتریک بیشتر از تیبیک کلسی زرپتز بود که در قسمت هموار شیب قرار دارد که این مسئله با داشتن درصد اسمکتیت، درصد رس و ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر تیبیک هاپلوزرپتز در مقایسه با تیبیک کلسی زرپتز مطابقت دارد. در واقع، خاک تیبیک هاپلوزرپتز به دلیل موقعیت پست تری که دارد شرایط برای تشکیل اسمکتیت در آن مناسب تر بوده و باعث بیشتر شدن مقدار اسمکتیت نسبت به تیبیک کلسی زرپتز شده است (جدول ۴). برای تشکیل اسمکتیت در خاک با زهکشی ضعیف تا متوسط و بالا بودن سطح آب زیرزمینی ضروری است. در خاک‌های مورد مطالعه روند افزایش اسمکتیت تقریباً با کاهش ایلیت همراه است که نشان‌دهنده تبدیل این کانی به اسمکتیت در اثر خروج یون پتاسیم است. خرمانی و ابطی (۲۰۰۳) تبدیل ایلیت به اسمکتیت را در خاک‌های خشک و نیمه‌خشک ایران گزارش کرده‌اند.

در راسته آنتی سولز، خاک لیتیک زراورتنز از لحاظ

شکل‌های پتاسیم قابل استخراج با اسیدنیتریک و اسید فلوریدیک از بقیه آنتی سولزها بیشتر می‌باشد که بیشتر به دلیل داشتن مقدار رس، درصد اسمکتیت و ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر لیتیک زراورتنز نسبت به بقیه آنتی سولزها می‌باشد (جدول ۵). بونسل و همکاران (۱۹۹۲) هم بیشترین مقدار پتاسیم تبدالی را برای خاک‌هایی گزارش کردند که دارای بیشترین درصد اسمکتیت بودند.

درجه تحول خاک از طریق تاثیر بر نوع و مقدار کانی‌های خاک می‌تواند کنترل کننده مقدار شکل‌های پتاسیم در خاک باشد. به طوری که قدرت بافری پتاسیم یا شیب خط رابطه بین پتاسیم محلول و تبدالی و رابطه بین پتاسیم ساختمانی و درصد رس به روشنی تحت تاثیر نوع کانی‌های موجود در خاک هستند. قدرت بافری پتاسیم در نمونه‌هایی که اسمکتیت بیشتری داشتند در مقایسه با نمونه‌هایی که اسمکتیت کمتری داشتند بیشتر بود که نشان می‌دهد میزان پتاسیم قابل جذب خاک برای گیاه به مدت طولانی تری فراهم بوده و نیاز کمتری به مصرف کود پتاسیمی در خاک می‌باشد.

جدول ۴- میانگین پتاسیم قابل استخراج با اسیدفلوریدریک، پتاسیم قابل استخراج با اسیدنیتریک، CEC، درصد رس و اسمکتیت در گروه‌های بزرگ اینسپتی سولز.

زیر رده	CEC	پتاسیم قابل استخراج با اسیدنیتریک	پتاسیم قابل استخراج با اسیدفلوریدریک	رس	اسمکتیت
	cmol kg^{-1}	ppm		%	
تیبیک کلسی زرپتز	۲۹	۴۹۳	۸۵۴۱	۳۰	۲۰
تیبیک هاپلوزرپتز	۳۵	۵۱۰	۱۰۷۲۵	۴۰	۳۶

جدول ۵- میانگین پتاسیم قابل استخراج با اسیدفلوریدریک، پتاسیم قابل استخراج با اسیدنیتریک، CEC، درصد رس و اسمکتیت گروه‌های بزرگ آنتی سولز.

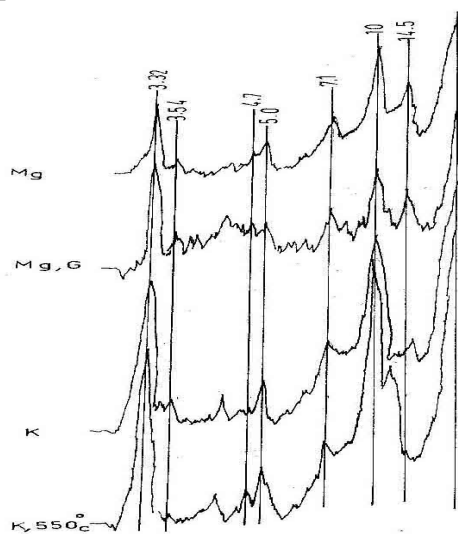
گروه بزرگ	CEC	پتاسیم قابل استخراج با اسیدنیتریک	پتاسیم قابل استخراج با اسیدفلوریدریک	رس	اسمکتیت
	cmol kg^{-1}	ppm		%	
تیبیک زراورتنز	۳۰	۵۲۰	۱۱۰۲۰	۳۶	۲۰
لیتیک زراورتنز	۴۵	۷۲۸	۱۱۹۹۰	۴۳	۳۸
تیبیک زرفلوونت	۳۶	۴۱۰	۹۰۵۱	۳۱	۲۳

تحقیق نیز قسمتی از زاگرس بوده و شیل و آندزیت از سنگ‌های مادری غالب منطقه می‌باشد. دیفراکتوگرام اشعه ایکس این سنگ‌ها نشان داده که آنها دارای مقدار زیاد کانی‌های غنی از پتاسیم میکا و فلدسپار هستند (شکل ۲). مطابق با مطالعات هوتچن و همکاران (۲۰۰۰) رسوبات شیل مقدار قابل توجهی پتاسیم دارند.

نتیجه‌گیری

مقدار پتاسیم ساختمانی در منطقه مطالعه شده بالا بوده و مقدار شکل‌های پتاسیم در ارتباط نزدیک با نوع و مقدار کانی‌های رسی می‌باشد. از لحاظ کانی‌شناسی نوع کانی‌ها در خاک‌های مختلف کم و بیش مشابه بوده و فقط راسته ورتی سولز به دلیل داشتن رس زیاد و مقدار اسمکتیت غالب، مقادیر شکل‌های پتاسیم در آن از بقیه راسته‌ها بیشتر می‌باشد. در راسته مالی سولز، خاک ورتیک هاپلوزرالز، در راسته اینسپتی سولز، خاک تپیک هاپلوزرپتز، و در راسته انتی سولز، خاک لیتیک زراورتنز از لحاظ شکل‌های پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم، اسید نیتریک و اسید فلوریدیک بیشتر از بقیه بودند که این امر به دلیل بیشتر بودن درصد رس، درصد اسمکتیت و ظرفیت تبادل کاتیونی این خاک‌ها نسبت به بقیه خاک‌ها می‌باشد.

با افزایش درصد رس، پتاسیم ساختمانی افزایش می‌یابد، اما این افزایش در نمونه‌هایی که ایلیت بیشتری دارند در مقایسه با نمونه‌هایی که ایلیت کمتری دارند بیشتر بود (جدول ۱) یعنی پتاسیم ساختمانی با افزایش درصد رس در نمونه‌های با ایلیت بیشتر، افزایش بیشتری دارد. به‌طوری کلی پتاسیم ساختاری در ساختار کانی‌های اولیه از قبیل میکا و فلدسپار و بعضی کانی‌های ثانویه محبوس شده است. شارپلی (۱۹۸۹) هم بیشترین شیب رگرسیون بین پتاسیم ساختمانی و مقدار رس را برای خاک‌های اسمکتیتی در مقایسه با خاک‌های مخلوط و کائولینیتی گزارش کرد. کیمرین و همکاران (۲۰۰۴) نتیجه‌گیری کردند که پتاسیم غیر تبادل‌پذیری خاک‌های منطقه گاواس^۱ تحت تاثیر مقدار ایلیت و پتاسیم تبادل‌پذیری تحت تاثیر مواد آلی و ایلیت می‌باشد. سوراپانن و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند خاک‌هایی که پتاسیم غیر تبادل‌پذیری داشتند دارای میکای بیشتری در بخش رس بودند. در واقع، قدرت تهیه پتاسیم خاک‌ها در ارتباط مستقیم با میکای موجود در بخش رس است. خرمالی و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تشکیلات زمین‌شناسی متفاوت رشته کوه‌های زاگرس دارای مقدار قابل توجهی از ایلیت هستند که اثری می‌باشند. منطقه مورد مطالعه در این



شکل ۲- دیفراکتوگرام پراش اشعه ایکس بخش رس سنگ مادری شیل.

منابع

1. Arnold, P.W., and Close, B.M. 1961. Potassium- releasing power of soils from the Agdell rotation experiment assessed by glass house cropping. *J. Agric. Sci. Soc. Am. Proc.* 33: 226- 230.
2. Bhonsle, N.S., Pal, S.K., and Sekhon, G.S. 1992. Relationship of forms and release characteristics with clay mineralogy. *Geoderma*. 54: 258-293.
3. Chapman, H.D. 1965. Cation Exchange Capacity. In: *Methods of soil analysis, Part 2*; ed. Black, C. A., 891-901. American Society of Agronomy: Madison, WI.
4. Cimrin, K.M., Akca, E., Senol, M.B. and Kapur, S. 2004. Potassium potential of the soils of the Gaves Region in Eastern Anatolia. *Turk J Agric.* 28: 259-266.
5. Conyers, E.S., and Mclean E.O. 1969. Plant Uptake and chemical extractions for evaluating potassium release characteristics of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33: 226-230.
6. Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle-size Analysis. In: *Methods of Soil Analysis, Part 1*; ed. Black, C.A., 545-567. American Society of Agronomy: Madison, WI.
7. Hosseinpour, A., Kalbasi M., and Khademi, H. 2001. Kinetics of non-exchangeable K release in soil and soil components of Gilan Province Iran soil and water *Journal*. 14: 112-119. (In Persian).
8. Huang, P.M. 1977. Feldspars, olivine's, pyroxenes and amphiboles. In: *Minerals in soil environments*, eds. J. B. Nixon and S. Weed, 553-602. Madison, Wisconsin: SSSA.
9. Hutcheon, I., Bloch, J., and Modus, S. 2000. Potassium enrichment in shale-fluid transport or prorenance. *Journal of Geochemical Exploration*. 69-70: 17-22.
10. Jackson, M.L. 1975. *Soil Chemical Analysis: Advanced Course*; University of Wisconsin, college of Agriculture, Dept. of Soils: Madison, WI. 187p.
11. Johns, W.D., Grim, R.E., and Bradley, F. 1954. Quantitative estimation of clay minerals by diffraction methods. *J. Sediment. Petrol.* 24, 242-251.
12. Khormali, F., and Abtahi, A. 2003. Origin and distribution of clay minerals in calcareous arid and semiarid soils of Fars Province, southern Iran. *Clay Miner.* 38: 511-527.
13. Khormali, F., Abtahi, A., and Owliaie, H.R. 2005. Late Mesozoic-Cenozoic clay mineral succession of southern Iran and their palaeoclimatic implications. *Clay Miner.* 40: 191-203.
14. Knudsen, D., Peterson, G.A., and Partt, P.E. 1996. Lithium, sodium and potassium. In: *Methods of soil analysis. Part 2.* ed. A.L. Page et al., 403-429. American Society of Agronomy: Madison, WI.
15. Kilmer, V.J., Younts, S.E., and Brady, N.C. 1968. The role of potassium in agriculture. American Society of Agronomy: Madison, WI.
16. Kittrick, J.A., and Hope, E.W. 1963. A procedure for the particle size separation of soils for X-ray diffraction Analysis. *Soil Sci.* 96: 312-325.
17. Malekouti, M., and Homaei, M. 1994. Fertility of the soils of arid regions, Tarbiat Modarres Publ, Tehran, Iran. 494p. (In Persian).
18. Martin, H.W., and Sparks, D.L. 1985. On the behavior of nonexchangeable potassium in soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 16: 133-162.
19. Mclean, E.O., and Watson, M.E. 1985. Soil measurement of plant available of potassium. In: *Potassium in agriculture.* ed. R.D. Munson 277-308. American Society of Agronomy: Madison, WI.
20. Mehra, O.P., and Jackson, M.L. 1960. Iron Oxide Removal from Soils and Clays by a Dithionate Citrate System with Sodium Bicarbonate. *Clay Miner.* 7: 317-327.
21. Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. In *Methods of soil Analysis, Part 2*, ed. Page, A.L., 539-579. American Society of Agronomy: Madison, WI.
22. Page, A.L. 1982. *Methods of Soil Analysis, Part 2.* American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 181– 199.
23. Sevag, B., and Singh, B. 2004. Kinetics of potassium release from Vertisols from northern NSW. Australian published on CDRom. Website www.Regional.Org.au/au/assi/.
24. Sharply, A.N. 1989. Relationship between forms of potassium with mineralogy. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 1023-1027.
25. Sparks, D.L., and Huang, P.M. 1985. Physical chemistry of soil potassium P. In: *Potassium in agriculture of temperature region soils.* Ed. R.E. Munson 201-276.
26. Surapaneni, A., Palmer, A.S., Tillman, R.W., Kirkman, J.H., and Gregg, P.E.H. 2002. The mineralogy and potassium supplying power of some loessial and related soils of New Zealand. *Geoderma*. 110: 191- 204.

Potassium status in different soil orders of Kharkeh Research Station, Kurdistan

***F. Khormali¹, K. Nabiollahy², K. Bazargan³ and K. Eftekhari³**

¹Assistant Prof. Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran,

²Former M.Sc. Student, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, ³Assistant Prof. Soil and Water Research Institute of Iran, Iran

Abstract

Different pools of potassium (exchangeable, HNO₃-extractable, mineral and total) were studied as a function of type and abundance of clay minerals in four soil orders of Vertisols, Inceptisols, Mollisols and Entisols in Kharkeh Research Station, Kurdistan Province, Western Iran. All of the different pools of K (exchangeable, HNO₃-extractable, mineral and total) were higher in Vertisols compared to other soil orders which is mainly due to the higher clay content and the dominance of smectite in the clay fraction of Vertisols. Mineral K increased by increasing clay content in all samples, with higher values for the soils rich in illite. In Inceptisols, Mollisols and Entisols, different pools of K (HNO₃-extractable, exchangeable and total) were higher in soils with higher smectite and clay content.

Keywords: Clay fraction; Soil evolution; Potassium.

*- E-mail: khormali@yahoo.com