



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گزن

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد هجدهم، شماره سوم، ۱۳۹۰  
www.gau.ac.ir/journals

## شکل‌های پتاسیم در خاک و اجزای آن در تعدادی از خاک‌های لسی و شبه لسی استان گلستان

اکرم فرشادی راد<sup>۱</sup>، \*اسماعیل دردی‌پور<sup>۲</sup>، فرهاد خرمالی<sup>۳</sup> و فرشاد کیانی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار، دانشیار و استادیار گروه خاک‌شناسی

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۱/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۲۴

### چکیده

پتاسیم یکی از عناصر ضروری و پرمصرف برای گیاهان است. چهار شکل مختلف پتاسیم به‌ترتیب سهل‌الوصول بودن برای گیاهان عبارتند از: پتاسیم محلول، پتاسیم تبادلی، پتاسیم غیرتبادلی و پتاسیم ساختاری. در این پژوهش شکل‌های پتاسیم در خاک‌های لسی و شبه‌لسی استان گلستان و اجزاء سیلت و رس آن‌ها اندازه‌گیری شد. هدف از انجام این پژوهش تعیین سهم هر یک از اجزاء خاک در آزادسازی پتاسیم و مدیریت کود در این خاک‌ها بود. متوسط مقدار پتاسیم عصاره‌گیری شده از جزء رس همه خاک‌ها بیشتر از مقدار آن در خاک و جزء سیلت بود. مقدار پتاسیم عصاره‌گیری شده توسط  $\text{HF}$  و  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ،  $\text{HNO}_3$  در خاک به‌ترتیب از ۶۳۲ تا ۱۲۰۰، ۱۰۳ تا ۴۷۶ و ۱۲۰۰۰ تا ۱۷۸۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک متغیر بوده است. در جزء رس متوسط مقدار پتاسیم تبادلی، غیرتبادلی و کل به‌ترتیب ۱۶۰/۶، ۱۱۵۵/۱ و ۱۹۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. میزان پتاسیم غیرتبادلی استخراج شده از جزء سیلت نصف مقدار استخراج شده از جزء رس بوده است.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، رس، سیلت، کانی‌شناسی

\* مسئول مکاتبه: dordipour@gmail.com

## مقدمه

در اواسط قرن ۱۷ میلادی پتاسیم به‌عنوان عنصر ضروری در رشد گیاهان شناخته شد (راسل، ۱۹۶۱). پتاسیم به‌طور متوسط ۲/۶ درصد از جرم پوسته زمین را تشکیل می‌دهد و بنابراین از نظر فراوانی عنصری هفتمین و به‌عنوان عنصر غذایی چهارمین عنصر شیمیایی در لیتوسفر می‌باشد (مکلین و واتسون، ۱۹۸۵). پتاسیم به‌طور معمول فراوان‌ترین عنصر غذایی پرنیاز در ۱۵ سانتی‌متری لایه سطحی خاک است. بیشترین مقدار پتاسیم در کانی‌های اولیه و ثانویه رسی وجود دارد (اسپارکز، ۱۹۸۷). مقدار پتاسیم در خاک‌های معدنی از ۰/۴ تا ۳ درصد یا بیشتر تغییر می‌کند. در خاک‌های آلی مقدار پتاسیم حدود ۰/۰۳ درصد است. چهار شکل مختلف پتاسیم به‌ترتیب سهل‌الوصول بودن برای گیاهان و میکروب‌ها عبارتند از: پتاسیم محلول، پتاسیم تبادلی، پتاسیم غیرتبادلی و پتاسیم ساختاری (مارتین و اسپارکز، ۱۹۸۵). با وجود این‌که پتاسیم کل در خاک به مراتب بیشتر از نیاز گیاه است ولی قسمت کوچکی از آن برای گیاه قابل دسترس می‌باشد. به‌طور کلی ۹۰ تا ۹۸ درصد کل پتاسیم خاک به‌شکل غیرقابل دسترس، ۱ تا ۱۰ درصد به‌کندی قابل دسترس و ۰/۱ تا ۲ درصد به‌سرعت قابل دسترس می‌باشد (مارتین و اسپارکز، ۱۹۸۵). تعادل موجود بین شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک، باعث تداوم تأمین پتاسیم می‌شود. پتاسیم محلول و تبادلی خیلی سریع با هم به‌تعادل می‌رسند، در حالی‌که تعادل بین پتاسیم تثبیت شده با پتاسیم تبادلی و محلول به‌کندی حاصل می‌شود (اسپارکز، ۱۹۸۷). عوامل مختلفی بر قابلیت استفاده پتاسیم تأثیر می‌گذارند از جمله این عوامل می‌توان به‌اندازه ذرات خاک، نوع کانی‌های تشکیل‌دهنده خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت بافری خاک، رطوبت، دمای خاک و pH اشاره کرد (ساردی و سیتاری، ۱۹۹۸).

**پتاسیم محلول:** پتاسیم محلول، پتاسیم موجود در محلول خاک است که با پتاسیم تبادلی در حال تعادل است (سالاردینی، ۲۰۰۳). پتاسیم در خاک به هر شکلی که باشد برای این که بتواند مورد استفاده گیاه قرار گیرد باید به شکل محلول در آید که اهمیت پتاسیم محلول را در تغذیه گیاه می‌رساند (حسین‌پور و همکاران، ۲۰۰۰). غلظت پتاسیم محلول خاک در نوسان بوده و اندازه‌گیری آن نیز مشکل است (اسپارکز، ۱۹۸۷). با این حال در خاک‌هایی که قدرت بافری خوبی دارند، توانایی تأمین پتاسیم چندان تحت تأثیر جذب توسط گیاه قرار نگرفته و غلظت پتاسیم محلول خاک در دوره رشد گیاه و از سالی به‌سال دیگر تقریباً ثابت باقی می‌ماند. مقدار پتاسیم موجود در محلول خاک نسبت به پتاسیم کل خاک بسیار ناچیز و از ۰/۱ تا ۲ درصد متغیر می‌باشد. مقدار پتاسیمی که در محلول خاک وجود دارد، بسته

به طبیعت گیاه، ساختار خاک، سطح کودی و میزان رطوبت بین ۱۰ و ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر است (سالاردینی، ۲۰۰۳). در خاک‌های رسی، غلظت پتاسیم محلول با افزایش مقدار پتاسیم تبادلی به کندی افزایش می‌یابد، درحالی که در خاک‌های شنی افزایش یادشده با سرعت بیشتری انجام می‌شود (نینگاپا و وانولد، ۱۹۸۹).

**پتاسیم تبادلی:** پتاسیم تبادلی پتاسیمی است که توسط بارهای منفی کلئیدهای آلی و معدنی نگهداری می‌شود (حسین‌پور و کلباسی، ۲۰۰۱) بخش نسبتاً کوچکی از پتاسیم کل خاک تبادلی بوده و در خاک‌ها از کمتر از ۱۰۰ تا بیش از ۲۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم تغییر می‌کند (کناندسن و همکاران، ۱۹۸۲). قسمت عمده پتاسیم قابل دسترس گیاه از پتاسیم تبادلی است، ولی گیاه تا حد معینی قادر به جذب پتاسیم تبادلی می‌باشد، چون اولاً با کاهش مقدار پتاسیم تبادلی باقی‌مانده آن با قدرت بیشتری توسط کلئیدها نگهداری می‌شود، ثانیاً کاهش غلظت پتاسیم تبادلی باعث فعال‌شدن مکانیزم آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی می‌گردد (مک لین و واتسون، ۱۹۸۵). مقدار پتاسیمی که در کمپلکس تبادلی نگهداری می‌شود به نوع و مقدار رس، موادآلی و pH خاک بستگی دارد (ریچاردز و بیتس، ۱۹۸۹).

**پتاسیم غیرتبادلی:** شکل‌های تبادلی و محلول بخش کوچکی از پتاسیم کل خاک را تشکیل می‌دهند و بقیه این عنصر به‌صورت غیرقابل تبادل و ساختاری در خاک موجود است. هرچند شکل غیرتبادلی پتاسیم به‌سرعت در دسترس گیاه قرار نمی‌گیرد اما با برداشت محصول مشاهده شده است که مقدار این شکل پتاسیم در خاک کاسته می‌شود (سرینواسارائو و همکاران، ۲۰۰۰). رها شدن پتاسیم از بخش غیرتبادلی بستگی به توزیع اندازه ذرات خاک، نوع کانی‌های خاک و کاهش پتاسیم در اثر جذب گیاه یا آب‌شویی و افزایش آن در اثر کوددهی دارد (توفیقی، ۱۹۹۵).

**پتاسیم ساختمانی:** منشأ اصلی پتاسیم در خاک‌ها، هوادیدگی کانی‌های حاوی پتاسیم می‌باشد (ملکوتی و همایی، ۲۰۰۵). این نوع پتاسیم معمولاً به‌عنوان ذخیره پتاسیم خاک محسوب می‌شود. کانی‌های پتاسیم دار خاک به‌طور عمده شامل میکا و فلدسپارها می‌باشند (ملکوتی و همایی، ۲۰۰۵). ساختمان میکاهای پتاسیم‌دار شامل لایه‌های ۲:۱ با بار لایه‌ای زیاد است که توسط یون‌های پتاسیم در کنار یکدیگر نگه‌داشته شده‌اند. یون پتاسیم در این کانی‌ها در داخل حفرات شش وجهی جای می‌گیرد. میکاها اغلب در بخش رس خاک موجودند. ساختمان فلدسپارها شامل تتراهدرال‌های  $\text{SiO}_4$  و  $\text{AlO}_4$  است که در یک آرایش سه بعدی نامحدود در کنار هم قرار گرفته‌اند. به‌طور متوسط فلدسپارهای

پتاسیم ۵ تا ۲۵ درصد بخش سیلت و شن خاک را تشکیل می‌دهند، در صورتی که کمتر از ۵ درصد از بخش رس خاک از فلدسپارهای پتاسیم تشکیل شده است (اسپارکس و هوانگ، ۱۹۸۵). مطالعات مختلفی بر روی مقدار پتاسیم در خاک و اجزای آن انجام گرفته است (فاتیما، ۲۰۰۷، آجی بوی و اگونویل، ۲۰۰۸؛ سیمارد و همکاران، ۱۹۹۳؛ حسین‌پور و کلباسی، ۲۰۰۱؛ منگل و همکاران، ۱۹۹۸؛ منگل و رحمت‌اله، ۱۹۹۴؛ توفیقی، ۱۹۹۹).

بر اساس مطالعات انجام شده غالب خاک‌های استان گلستان دارای منشا لسی می‌باشند. خاک‌های لسی جزء حاصل‌خیزترین خاک‌های جهان محسوب می‌شوند. اهمیت زیاد خاک‌های لسی در کشاورزی بیشتر از جنبه توزیع اندازه ذرات در آن‌ها و نوع کانی‌های تشکیل‌دهنده این ذرات می‌باشد. لس‌ها حاوی سیلت زیادی هستند و عموماً کانی‌های از نوع میکا که حاوی پتاسیم زیادی هستند در لس‌ها یافت می‌شوند. میزان پتاسیم آزاد شده از این ذرات (سیلت و رس) در تغذیه گیاه اهمیت پیدا می‌کند. به طوری که آگاهی از میزان پتاسیم که توسط این کانی‌ها آزاد می‌شود می‌تواند ما را در مدیریت کودی این خاک‌ها یاری دهد. غالب بودن جزء سیلت در خاک‌های لسی و در نتیجه نوع کانی‌های پتاسیم‌دار موجود در این بخش می‌تواند بر روی شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک و میزان پتاسیم قابل استفاده موثر باشد (یاش و همکاران، ۱۹۸۷).

کانی ایلیت یکی از کانی‌های اصلی این خاک‌ها می‌باشد. در بیشتر خاک‌ها کانی ایلیت غالب بوده و یا درصد زیادی را شامل می‌شود (خرم‌مالی و ابطحی، ۲۰۰۳). افزایش کانی اسمکتیت و در برخی موارد حضور کانی‌های مختلط ایلیت اسمکتیت نشان‌دهنده تبدیل ایلیت به اسمکتیت است (خرم‌مالی و ابطحی، ۲۰۰۳). زائر نومی (۲۰۰۷) طی آزمایش‌های کانی‌شناسی، در رژیم‌های مختلف رطوبتی استان گلستان، گزارش کرد که کانی‌های غالب در این خاک‌ها ایلیت، کلریت، اسمکتیت و کائولینیت می‌باشد.

اطلاع از درصد سهم هر یک از اجزاء تشکیل‌دهنده خاک (رس، سیلت و شن) در تامین پتاسیم مورد نیاز گیاه و نوع کانی‌های تشکیل‌دهنده هر جزء می‌تواند در تعیین روابط تعادلی بین شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک، حل پاره‌ای از مسائل تغذیه‌ای مانند تثبیت و آزادسازی پتاسیم و مدیریت کودی آن‌ها در خاک به ما کمک کند (حسینی‌فرد و همکاران، ۲۰۰۰). این پژوهش با هدف بررسی وضعیت پتاسیم در خاک و اجزای آن و ارتباط آن با کانی‌های موجود در خاک انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

در ابتدا نمونه برداری قبل از کشت اراضی به صورت مرکب از سطح (۰ تا ۳۰ سانتی متری) ۱۲ سری از خاک‌های لسی و شبه لسی استان گلستان انجام شد. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی متری به آزمایشگاه منتقل شد. بافت خاک به روش گی و بادر (۱۹۸۶)، pH و قابلیت هدایت الکتریکی به روش گل اشباع و کربنات کلسیم معادل به روش خشتی سازی با اسید (مکلین و واتسون، ۱۹۸۵)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم با  $\text{pH} = 8.2$  (چپمن، ۱۹۶۵)، کربن آلی به روش اکسیداسیون تر با اسید کرومیک و تیتراژ کردن با فرو آمونیوم سولفات به روش نلسون و سامرز (۱۹۸۲) اندازه گیری گردید. سپس شکل‌های مختلف پتاسیم خاک اندازه گیری شد. پتاسیم محلول خاک توسط آب مقطر با نسبت ۱ به ۵ خاک به آب، پتاسیم تبدالی توسط عصاره گیری با استات آمونیوم نرمال ( $\text{pH} = 7$ ) طی چهار مرحله شیکر و سانتریفوژ، پتاسیم غیر تبدالی به روش اسیدنیتریک جوشان (یک نرمال) تعیین گردید (کنادسن و همکاران، ۱۹۸۲) و پتاسیم کل به وسیله هضم با اسید HF تعیین شد (هلمک و اسپارکس، ۱۹۹۶). سرانجام مقدار پتاسیم در عصاره‌های مختلف فوق با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر اندازه گیری شده و کلیه آزمایش‌ها با ۳ تکرار انجام شد. در مرحله جداسازی نمونه‌های خاک بعد از خروج آهک، اکسایش موادالی و جداسازی اکسید آهن در یک سیلندر یک لیتری جهت جداسازی بخش رس (کمتر از ۲ میکرومتر) و سیلت به روش ترسیب منتقل شدند (کیتریک و هوپ، ۱۹۶۳). ذرات شن نیز توسط الک از ذرات سیلت جدا شدند. در نهایت شکل‌های مختلف پتاسیم (محلول، تبدالی، غیر تبدالی و کل) در خاک و ذرات جدا شده رس و سیلت اندازه گیری شد. جهت انجام مراحل کانی شناسی، مرحله خالص سازی بخش رس خاک‌ها به روش کیتریک و هوپ (۱۹۶۳) انجام گرفت. سپس بر روی هر یک از نمونه‌های رس به دست آمده چهار تیمار شامل منیزیم، منیزیم و گلیسرول، پتاسیم در دمای معمولی و پتاسیم در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد اعمال گردیده و با دستگاه اشعه ایکس Brucker مدل D8-ADVANCE اسکن گردیدند.

## نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در جدول (۱) ارائه شده است. خاک‌های مورد مطالعه دارای مقادیر مختلفی از شن، سیلت و رس می‌باشند. دامنه تغییرات درصد رس خاک‌ها از ۱۶ تا ۵۹ درصد، سیلت خاک‌ها بین ۳۷ تا ۶۴ درصد و شن خاک‌های مورد بررسی بین ۴ تا

۲۹ درصد می‌باشد. توزیع اندازه‌ای ذرات در خاک به‌عوامل مختلفی چون مواد مادری خاک، درجه تکامل خاک و فاکتورهای مختلف خاک‌سازی وابسته است. خاک‌هایی که مواد مادری آن‌ها لسی می‌باشد جزء سیلت در آن‌ها غالب است (خرمالی و ابطحی، ۲۰۰۳). حدود تغییرات pH خاک‌ها بین ۷/۳ تا ۷/۶ می‌باشد. خاک‌های مورد مطالعه به استثنای دو نمونه خاک شماره ۵ و ۱۱ از لحاظ شوری در محدوده غیرشور قرار دارند. دامنه ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌ها از ۱۴ تا ۳۹ سانتی‌مول بار در کیلوگرم خاک می‌باشد که می‌توان به نوع و میزان رس آن‌ها نسبت داد. بیشترین و کمترین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌ها به ترتیب مربوط به سری دانشمند و هتن-چات می‌باشد. نتایج آزمایش‌های کانی‌شناسی خاک‌های مورد مطالعه در جدول (۲) آورده شده است. بر اساس این جدول کانی‌های مشاهده شده در خاک‌های مورد مطالعه شامل ایلیت، اسمکتیت، کلریت، کائولینیت، ورمی‌کولیت و کانی‌های مختلط بودند. کانی‌های ایلیت، کلریت و کائولینیت دارای منشأ ارثی می‌باشند. خاک‌های مورد مطالعه دارای مواد مادری لسی هستند و طبق نتایج مطالعات انجام شده در استان گلستان، در این خاک‌ها میزان دو کانی ایلیت و کلریت نسبت به کانی‌های دیگر برتری دارد (زائر نومی، ۲۰۰۷).

**پتاسیم محلول:** به‌طوری‌که در جدول (۳) مشاهده می‌شود محدوده تغییرات پتاسیم محلول در نمونه‌های خاک از ۱۵ تا ۳۲ (متوسط ۲۳/۳۶) میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. حداقل آن در خاک شماره ۱۲ و حداکثر آن در خاک شماره ۹ مشاهده شد. بالا بودن پتاسیم محلول در خاک شماره ۹ را می‌توان به بالا بودن درصد سیلت و شن نسبت به رس مرتبط دانست (جدول ۳). مقدار پتاسیم محلول در خاک‌های مطالعه ۰/۰۸ تا ۰/۲۲ درصد پتاسیم کل خاک را به خود اختصاص داد. فاتیم (۲۰۰۷) با مطالعه خاک‌های جنوب هلند نشان داد میانگین پتاسیم محلول در خاک‌های با بافت سبک و خیلی سبک دو برابر بیشتر از خاک‌های با بافت متوسط و سه برابر بیشتر از خاک‌های سنگین بافت بود. مقدار پتاسیم محلول در اجزاء رس و سیلت به ترتیب بین ۶/۹ تا ۱۵/۲ و ۷/۱ تا ۱۸/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر بود که طبق مقادیر بر آورد شده از اختلاف حاصل جمع پتاسیم موجود در رس و سیلت نسبت به پتاسیم کل خاک، ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم آن به‌طور متوسط در طی مراحل جداسازی اجزای خاک حذف شده است. در مطالعه آجی بوی و اگونویل (۲۰۰۸) بر روی خاک‌های مصر و گینه حاصل جمع پتاسیم قابل استفاده عصاره‌گیری شده از اجزاء رس، سیلت و شن کمتر از پتاسیم عصاره‌گیری شده از خاک بود که این تفاوت را به‌مقدار پتاسیمی که در طی فرآیند جداسازی خاک‌ها حذف شده بود، نسبت دادند. مقدار پتاسیمی که در محلول خاک وجود دارد، بسته به طبیعت گیاه،

ساختار خاک، سطح کودی و میزان رطوبت بین ۱۰ تا ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر است (ملکوتی و همایی، ۲۰۰۵). غلظت پتاسیم محلول در درجه اول به سطح پتاسیم تبادلی مربوط نیست، بلکه با مقدار و نوع کانی‌های رسی در ارتباط است. در خاک‌های رسی، غلظت پتاسیم محلول با افزایش پتاسیم تبادلی، به کندی افزایش می‌یابد، در حالی‌که در خاک‌های شنی، با افزایش پتاسیم تبادلی، پتاسیم محلول با سرعت بیشتری صورت افزایش می‌یابد (نینگاپا و وانولد، ۱۹۸۹).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی منتخب خاک‌های مورد مطالعه.

شماره خاک	نام سری	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	آهک (درصد)	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	ظرفیت تبادل کاتیونی ( $\text{cmol}_+ \text{Kg}^{-1}$ )	ماده آلی (درصد)	پ. هاش
۱	قره سو	۴۸	۴۰	۱۲	۲۵	۳/۳۰	۲۷/۲۳	۲/۶۹	۷/۵۵
۲	صوفیان	۲۶	۶۲	۱۲	۱۳	۰/۳۱	۱۷/۸۷	۱/۳۳	۷/۴۳
۳	مینودشت	۳۹	۵۶	۵	۱۰	۰/۵۴	۲۹/۷۶	۳/۳۱	۷/۳۵
۴	دانشمند	۵۹	۳۷	۴	۱۳	۰/۴۳	۳۹/۰۱	۱/۳۱	۷/۴۵
۵	آریادشت	۳۲	۵۶	۱۲	۱۶	۱۵/۱۱	۲۲/۹۷	۱/۶۸	۷/۳۲
۶	گنبد	۳۴	۴۱	۲۵	۱۱	۳/۰۶	۳۲/۰۷	۳/۶۱	۷/۷۲
۷	یلی بدرق	۳۲	۶۴	۴	۱۳	۰/۱۵	۱۷/۴۳	۱/۹۵	۷/۴۱
۸	هتن - چات	۲۵	۶۰	۱۵	۱۲	۲/۰۲	۱۴/۷۴	۱/۳۸	۷/۳۳
۹	اوقچی	۱۶	۶۰	۲۴	۵	۰/۱۴	۱۵/۵۶	۱/۶۵	۷/۴۳
۱۰	گرگان	۳۰	۴۴	۲۶	۲۸	۰/۳۱	۲۷/۲۳	۲/۴۴	۷/۳۹
۱۱	دانشلی برون	۲۹	۴۶	۲۵	۱۷	۵/۴۴	۱۸/۸۲	۱/۱۱	۷/۴۵
۱۲	رامیان	۳۰	۴۱	۲۹	۱۵	۰/۹۶	۲۵/۷۱	۲/۸۴	۷/۵۶

جدول ۲- نتایج آزمایشات کانی‌شناسی.

شماره خاک	رده بندی خاک ها	کانی شناسی رس
۱	(Aquic Haploxerepts)	اسمکتایت < ایلیت < کلریت < کائولینیت
۲	(Typic Calcixerepts)	ایلایت < کلریت < اسمکتیت < کائولینیت
۳	(Typic Calcixerolls)	ایلایت < اسمکتیت < کلریت < ورمی کولیت < کائولینیت
۴	(Typic Haplosalids)	ایلایت < کلریت < کائولینیت < اسمکتیت
۵	(Typic Haplosalids)	ایلایت < کلریت < کائولینیت < اسمکتیت
۶	(Typic Haploxerepts)	ایلپت < کائولینیت < اسمکتیت < کلریت
۷	(Typic Calcixerepts)	ایلپت < کلریت < کائولینیت
۸	(Typic Torriorthents)	ایلپت < کلریت < کائولینیت < کانی های مختلط
۹	(Typic Haploxerepts)	ایلپت < کلریت < کائولینیت
۱۰	(Typic Calcixerolls)	ایلپت < اسمکتیت < کانی های مختلط < کلریت < کائولینیت
۱۱	(Typic Torriorthents)	ایلپت < کلریت < کائولینیت < اسمکتیت
۱۲	(Typic Haploxerolls)	ایلپت < ورمی کولیت < اسمکتیت < کائولینیت < کلریت

پتاسیم تبادلی: میزان پتاسیم تبادلی در نمونه‌های خاک، رس و سیلت به ترتیب از ۱۰۳ تا ۴۷۶ (میانگین ۲۶۰)، ۸۳/۶ تا ۲۶۱/۳ ( میانگین ۱۶۰/۶۳) و ۱۳/۹ تا ۴۲/۳ (میانگین ۲۲/۴) میلی گرم بر کیلوگرم متغیر بود (جدول، ۳). نتایج نشان داد به‌طور متوسط حدود ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم این شکل از پتاسیم در طی مراحل جداسازی اجزای خاک حذف شده است. داده‌های به‌دست آمده از مطالعه آجی بوی و اگونویل (۲۰۰۸) بر روی خاک‌های مصر نشان داد که جزء رس دارای بیشترین مقدار پتاسیم تبادلی نسبت به سیلت و شن می‌باشد. آن‌ها مقدار پتاسیم تبادلی را در جزء شن، سیلت و رس به ترتیب ۱۱/۷ تا ۳۱/۲، ۳۱/۲ تا ۶۶/۳ و ۴۲/۹ تا ۱۰۸/۷ میلی گرم بر کیلوگرم خاک به‌دست آوردند. حداقل پتاسیم تبادلی در نمونه خاک شماره ۱۲ (سری رامیان) و حداکثر آن در نمونه خاک شماره ۹ (سری اوقچی) مشاهده شد که این تفاوت را می‌توان به متفاوت بودن مقدار و نوع کانی‌های رسی (جدول ۲) موجود در این خاک‌ها نسبت داد. خاک شماره ۱۲ به‌علت هواپدگی بیشتر (وجود کانی ورمی کولیت) دارای مقدار پتاسیم کمتری می‌باشد. میزان پتاسیم تبادلی در نمونه‌های رس (متوسط ۱۶۰ میلی گرم در کیلوگرم) بیشتر از سیلت (متوسط ۲۵ میلی گرم در کیلوگرم) بود که دلیل آن را می‌توان به سطح ویژه بالاتر رس نسبت داد. رس‌ها به‌دلیل داشتن بار منفی قادر به جذب کاتیون‌های بیشتری در سطح خود



می‌باشند. پتاسیم تبدالی در خاک‌ها از کمتر از ۱۰۰ تا بیش از ۲۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم تغییر می‌کند (کنادسن و همکاران، ۱۹۸۲). مقدار پتاسیم تبدالی ۰/۸ تا ۳/۲ درصد از پتاسیم کل خاک را به خود اختصاص داد.

**پتاسیم غیر تبدالی:** مقدار پتاسیم عصاره‌گیری شده با اسید نیتریک جوشان در خاک‌های مورد مطالعه از ۶۳۲ تا ۱۲۰۰ (با میانگین ۵/۸۵۹) میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک متغیر بود (جدول، ۳). نتایج نشان می‌دهد که پتاسیم غیرتبدالی بخش رس و سیلت در خاک شماره ۱۲ دارای کمترین مقدار بود که نشان‌دهنده پیشرفت مراحل هوادیدگی در این خاک می‌باشد. همچنین نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد که پتاسیم غیرتبدالی در بخش رس و سیلت به‌ترتیب بین ۶۶۸ تا ۱۵۸۷ و ۱۳۳ تا ۹۴۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک متغیر بود. نتایج پژوهش حسین‌پور و همکاران (۲۰۰۰)، آجی بوی و آگونویل (۲۰۰۸) و فاتیما (۲۰۰۷) بر روی خاک‌های گیلان، مصر و هلند نشان داد پتاسیم غیرتبدالی بخش رس این خاک‌ها از پتاسیم غیرتبدالی بخش سیلت بیشتر است. نتایج کانی‌شناسی در جدول (۲) نشان می‌دهد که در خاک شماره ۹ که بیشترین مقدار پتاسیم غیرتبدالی را داراست، کانی ایلیت غالب است. خاک‌هایی که مقدار زیادی میکا دارند، پتاسیم را با قدرت بیشتری جذب می‌کنند، که به راحتی قابل تبادل نبوده و می‌تواند مقدار بیشتری پتاسیم را با اسید نیتریک استخراج کند (مارتین و اسپارکز، ۱۹۸۵). البته اهمیت نسبی پتاسیم اجزاء خاک در تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه به عوامل متعددی از جمله سرعت آزاد شدن پتاسیم از کانی‌های آن‌ها بستگی دارد. اگرچه بیشتر گزارش‌ها مؤید نقش مهم‌تر جزء رس خاک در تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه می‌باشد ولی در بعضی خاک‌ها سایر اجزاء نیز نقش قابل ملاحظه‌ای در تأمین پتاسیم گیاه دارند (منگل و همکاران، ۱۹۹۸). نتایج این پژوهش نشان داد سهم رس و سیلت به‌ترتیب در پتاسیم غیرتبدالی خاک به‌طور متوسط ۴۱ و ۲۵ درصد می‌باشد. به دلیل بالا بودن درصد رس و سیلت در خاک‌های شماره ۱ و ۴ انتظار می‌رفت که پتاسیم غیرتبدالی عصاره‌گیری شده از این خاک‌ها بیشترین مقدار باشد. اما چنین نتیجه‌ای به‌دست نیامد. این امر می‌تواند احتمالاً به دلیل کاهش مقدار پتاسیم آزاد شده توسط عصاره‌گیر از بخش رس در حضور بخش سیلت در این خاک‌ها باشد (الکنعانی و همکاران، ۱۹۸۴). همچنین حضور آهک در اندازه سیلت و رس خاک‌ها ممکن است باعث ایجاد خطا در تعیین مقدار پتاسیم عصاره‌گیری شده از خاک و کمتر بودن مقدار آن در خاک نسبت به بخش رس باشد (حسین‌پور و همکاران، ۲۰۰۱). پتاسیم غیرتبدالی در بیشتر موارد، به‌میزان متوسط تا ضعیف، قابل جذب برای گیاه است (سربینواسارائو و همکاران، ۲۰۰۰).

جدول ۳- شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک و اجزای آن.

شماره خاک	پتاسیم محلول			پتاسیم تبادل			پتاسیم غیر تبادل			شماره خاک		
	رس	سیلت	خاک	رس	سیلت	خاک	رس	سیلت	خاک			
۱	۱۲/۱	۱۱/۵	۱۷/۹	۱۳/۱۲	۱۸/۲	۲۵/۳	۸۴/۵	۵۹۹/۷	۷۸۲/۳	۲۱۸۰۷/۲	۷۳۷/۶	۱۶۷۴۳/۵
۲	۱۳/۵	۱۴/۲	۲۰/۵	۱۷۴/۲	۳۷/۲	۲۶۳/۳	۱۲۵۲/۵	۲۶۹/۳	۸۷۰/۸	۱۹۵۵۹/۸	۱۳۳۸۶/۳	۱۳۹۴۵/۴
۳	۸۷	۹/۸	۱۵/۵	۲۱۸/۸	۱۳/۹	۱۵۰/۸	۸۶۰/۶	۲۱۹/۵	۷۴۷/۶	۲۲۲۱۱/۹	۱۰۴۵۶/۸	۱۷۰۸۶/۱
۴	۱۴/۸	۱۶/۵	۲۹/۹	۱۴۶/۳	۴۲/۳	۳۱۳/۴	۸۹۹/۵	۴۲۰/۵	۷۶۷/۶	۱۶۸۴۹/۴	۹۵۲۰/۷	۱۲۶۸۹/۱
۵	۱۱/۴	۱۲/۷	۱۸/۶	۲۶۱/۳	۱۶/۹	۲۰۹/۲	۱۰۸۹/۸	۶۰۶/۹	۹۵۱/۷	۱۷۰۳۷/۵	۸۶۶۳/۵	۱۳۸۱۱/۰
۶	۱۲/۹	۱۳/۵	۲۰/۸	۸۸/۸	۱۵/۷	۱۴۶/۶	۱۱۵۵/۴	۱۳۳/۴	۷۸۰/۸	۱۸۳۴۲/۹	۱۱۱۳۷/۴	۱۲۵۵۱/۸
۷	۱۳/۷	۱۵/۱	۲۳/۱	۱۷۱/۱	۲۵/۴	۲۷۴/۸	۹۴۸/۳	۳۷۷/۸	۸۸۰/۹	۱۶۸۶۶/۹	۸۵۸۱/۷	۱۰۸۲۱/۲
۸	۱۲/۰	۱۴/۷	۲۸/۳	۱۱۲/۷	۲۰/۵	۲۷۷/۵	۸۸۹/۷	۲۱۵/۴	۶۳۶/۹	۱۶۵۸۵/۶	۱۰۹۴۹/۴	۱۲۷۵۷/۳
۹	۱۵/۲	۱۸/۳	۳۲/۹	۲۰۲/۸	۱۸/۷	۴۷۶/۶	۱۵۸۷/۹	۹۱۴/۲	۱۲۰۰/۵	۱۴۵۹۴/۱	۹۱۴۸/۸	۱۲۷۹۰/۰
۱۰	۱۳/۹	۱۳/۱	۲۶/۷	۱۷۷/۷	۳۶/۶	۳۵۰/۷	۱۴۹۶/۴	۹۶۴/۱	۱۱۴۶/۸	۲۱۲۱۲/۰	۱۳۲۸۶/۲	۱۴۴۷۵/۸
۱۱	۱۴/۵	۱۵/۱	۳۰/۶	۱۶۹/۱	۱۹/۳	۳۱۹/۱	۱۲۶۳/۸	۵۶۱/۱	۹۱۹/۶	۱۸۵۵۲/۶	۱۲۸۰۴/۵	۱۳۰۳۰/۷
۱۲	۶/۹	۷/۱	۱۵/۶	۸۳/۶	۱۴/۵	۱۰۳/۵	۶۶۸/۱	۲۳۳/۴	۶۳۲/۲	۱۵۵۴۱/۴	۹۹۴۵	۱۲۲۴۸/۷
کمینه	۶/۹	۷/۱	۱۵/۵	۸۳/۶	۱۳/۹	۱۰۳/۵	۶۶۸/۱	۱۳۳/۴	۶۳۲/۲	۱۴۵۹۴/۱	۷۳۷/۶	۱۰۸۲۱/۲
بیشینه	۱۵/۲	۱۸/۳	۳۲/۹	۲۶۱/۳	۴۲/۳	۴۷۶/۶	۱۵۸۷/۹	۹۶۴/۱	۱۲۰۰/۵	۲۲۲۱۱/۹	۱۳۳۸۶/۳	۱۷۰۸۶/۱
میانگین	۱۲/۴	۱۳/۵	۲۲/۲	۱۶۰/۶	۲۲/۴	۲۶۱/۸	۱۰۸۰/۱	۴۷۶/۳	۸۸۴/۴	۱۸۲۶۳/۴	۱۰۴۲۹/۴	۱۳۵۸۰/۱

اگر آزادسازی مستقیم پتاسیم از کانی‌های اولیه حاوی پتاسیم (در اندازه رس) نتواند بخش قابل توجهی از پتاسیم قابل دسترس گیاهان را تأمین نماید، جزء سیلت و حتی شن نیز به‌خوبی جزء رس می‌توانند پتاسیم مورد نیاز گیاهان را تأمین کنند (منگل و رحمت‌اله، ۱۹۹۴).

**پتاسیم ساختاری:** میانگین پتاسیم ساختاری در خاک‌های مورد مطالعه ۱۳۵۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. مقدار این شکل پتاسیم در خاک، رس و سیلت به‌ترتیب بین ۱۰۸۲۱ تا ۱۷۰۸۶، ۱۴۵۹۴ تا ۲۲۲۱۱ و ۷۳۷۰ تا ۱۳۲۸۶ متغیر بوده است. خاک شماره ۳ و ۷ به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین پتاسیم ساختاری بودند. این شکل از پتاسیم معمولاً به‌عنوان مخزن پتاسیم خاک در نظر گرفته می‌شود. قابلیت در دسترس بودن این شکل از پتاسیم به عواملی مانند مقدار پتاسیم در سایر فازها و درجه هوادیدگی فلدسپارها و میکاهای حاوی پتاسیم بستگی دارد.

با توجه به این‌که حد بحرانی پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه ۲۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد (دردی‌پور و فرشادی‌راد، ۲۰۰۹)، حدود ۴۲ درصد از خاک‌ها با کمبود پتاسیم قابل استفاده مواجه هستند اما با عنایت به‌حضور کانی‌های میکایی در خاک در طولانی مدت این منبع پتاسیم می‌تواند به‌تدریج آزاد شده و در دسترس گیاه قرار گیرد. با توجه به بالا بودن میزان سیلت در خاک‌های مورد مطالعه و مقدار قابل توجه پتاسیم اندازه‌گیری شده در این جزء خاک، سیلت می‌تواند به‌عنوان یک منبع سهل‌الوصول‌تر نسبت به رس برای تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه مطرح شود. به‌طوری‌که مطالعات سیمارد و همکاران (۱۹۹۳) نشان داد، بیشترین مقدار سرعت آزاد شدن پتاسیم در بخش سیلت ریز وجود دارد. منگل و همکاران (۱۹۹۸) بر روی آزاد شدن پتاسیم از بخش شن و سیلت خاک‌های با منشأ لسی با روش الکترو اولترافیلتراسیون<sup>۱</sup> مطالعه‌ای انجام داده و دریافتند که مقدار پتاسیم آزاد شده از بخش شن + سیلت نصف مقدار پتاسیم آزاد شده از کل خاک بود، در حالی‌که وزن خشک محصول چمن در بخش شن + سیلت با وزن خشک چمن در کل خاک تفاوتی نداشت. این امر نشان می‌دهد که مقدار پتاسیم در بخش شن و سیلت به‌آسانی توسط گیاه جذب می‌شود. نتایج این پژوهش نشان داد که بخش سیلت خاک‌های با منشأ لس به‌دلیل مقدار زیاد میکا در فراهم کردن پتاسیم مورد نیاز گیاه نقش زیادی دارند.

1- Electro Ultra Filtration = EUF

هم‌بستگی بین شکل‌های مختلف پتاسیم و برخی از خصوصیات خاک: نتایج آزمون هم‌بستگی (جدول ۴) نشان داد که میان پتاسیم محلول، پتاسیم تبادلی و غیرتبادلی ارتباط معنی‌داری وجود دارد. ظرفیت تبادل کاتیونی با شکل‌های پتاسیم هم‌بستگی معنی‌داری نشان نداد. توفیقی (۱۹۹۵) در مطالعه خود با توجه به نبودن هم‌بستگی بین ظرفیت تبادل کاتیونی و شکل‌های مختلف پتاسیم به این نتیجه رسید که علاوه بر مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی نوع پدیده پخشیدگی از جمله دیفیوژن ذره‌ای و فلیم دیفیوژن نیز بر روی رهاسازی پتاسیم تأثیر گذار می‌باشند. چون هم‌بستگی بین مقدار رس، سیلت و ظرفیت تبادل کاتیونی با شکل‌های مختلف پتاسیم معنی‌دار نشد، بنابراین علاوه بر مقدار رس و سیلت خاک‌ها احتمالاً نوع کانی‌ها و مرحله هوادیدگی کانی‌ها نیز در رهاسازی پتاسیم از خاک‌ها می‌تواند مؤثر باشد.

جدول ۴- ضرایب هم‌بستگی (r) شکل‌های مختلف پتاسیم و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک.

ظرفیت تبادل کاتیونی	سیلت	رس	پتاسیم ساختاری	پتاسیم غیر تبادلی	پتاسیم تبادلی	پتاسیم محلول
						پتاسیم محلول
					۱	۰/۸۵**
				۱	۰/۸۳**	۰/۶۴*
			۱	۰/۰۴	-۰/۰۱	-۰/۳۱
		۱	۰/۲۳	۰/۵۶*	-۰/۲۶	-۰/۰۲
	۱	-۰/۶۱	-۰/۰۱	۰/۳۹	۰/۲۳	۰/۰۶
۱	-۰/۷۶**	۰/۸۲**	۰/۲۱	-۰/۴۹	-۰/۳۷	-۰/۲۵

\*, \*\* به ترتیب یعنی در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد و ns معنی‌دار نمی‌باشد.

### نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد در تمام خاک‌ها و اجزاء آن میزان پتاسیم غیرتبادلی بیشتر از مقدار پتاسیم تبادلی و محلول بود. مقدار تمام شکل‌های پتاسیم در جزء سیلت کمترین مقدار بود. اما به دلیل سهل‌الوصول تربودن پتاسیم در این جزء، می‌تواند به‌عنوان یک منبع مهم تامین‌کننده پتاسیم گیاه مطرح شود. کانی رسی غالب در خاک‌های مورد مطالعه (به استثنای خاک شماره ۱) ایلیت بود. بنابراین تفاوت در مقدار پتاسیم در خاک‌های مختلف را می‌توان به درجه هوادیدگی ایلیت و تا

حدودی به کانی غالب بعد از ایلیت در خاک‌ها نسبت داد. خاک‌هایی که درجه هوایدگی بالاتری را نشان می‌دهند (خاک شماره ۱۲) دارای مقدار پتاسیم کمتری در شکل‌های مختلف می‌باشند.

## منابع

1. Ajiboye, G.A., and Ogunwale, J.A. 2008. Potassium distribution in the sand, silt and clay separates of soils developed over talc at Ejiba, Kogi State, Nigeria. *World Journal of Agricultural Sciences*. 4: 6, 709-716.
2. AL-Kanani, T., MacKenzie, A.F. and Ross, G.J. 1984. Potassium status of some Quebec soils: K released by nitric acid and sodium tetra phenyl boron as related to particle size and mineralogy. *Canadian Journal of Soil Science*. 64: 95-106.
3. Chapman, H.D. 1965. Action Exchange Capacity. P891-901, In: Black, A. (ed.), *Method of Soil Analysis, Part 2*, American Society of Agronomy, Madison, WI., USA.
4. Dordipour, E., and Farshadirad, A. 2009. Determination of potassium critical level in wheat and investigation of its response to  $K_2SO_4$  in some loess soils of Golestan province. P 1055-1057. *Proceedings of 11<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress*. Gorgan, Iran. (In Persian)
5. Fotyma, M. 2007. Content of potassium in different forms in the soils of southeast Poland. *Polish journal of soil science*, vol.1:19-31. *Polish Journal of Soil Science*, Vol. 1: 19-31.
6. Gee, G.H., and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis. P383-411, In: Klute, A. (ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 1*, ASA, Madison, WI., USA.
7. Helmke, P.A., and Sparks, D.L. 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium and cesium. P551-574, In: Sparks, D.L. (ed.), *Method of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods*. No. 5, SSSA and ASA, Madison, WI. USA.
8. Hosseinifard, J. M., Karimian, A., Jalalian, A., and Monshi, M. 2000. Application of new method of slope in quantity analysis clay minerals in soils. P520. *Proceedings of 6<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress*. Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
9. Hosseinpour A., Kalbasi M. 2001. Potassium fixation and charge characteristics of clay in some soils of central and northern Iran. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Water Resources, Water and Soil Science*. 5: 3, 79-93.
10. Hosseinpour, A., Kalbasi M., and Khademi, H. 2000. Kinetics of non-exchangeable K release in soil and soil components of Gilan province. *Iranian Journal of Soil and Water Sciences*. 14: 2, 99-113.
11. Khormali, F., and Abtahi, A. 2003. Origin and distribution of clay minerals in calcareous arid and semiarid soils of Fars Province, Southern Iran. *Clay Minerals*. 38:511-527.

12. Kittrick, J.A., and Hope, E.W. 1963. A procedure for the particle size separation of soils for X- ray diffraction analysis. *Proceedings-Soil Science Society of America* (former title). 37: 201-205.
13. Knudsen, D., Peterson, G.A., and Pratt, P.F. 1982. Lithium, sodium and potassium. P225-246, In: Page, A.L., et al., (eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2*. American Society of Agronomy, Madison. WI. USA.
14. Malakouti, M.J., and Homaei, M. 2005. Soil fertility of arid and semi-arid regions "Difficulties and Solutions". 2<sup>nd</sup>. ed., Tarbiat Modares University Press, Tehran, Iran. 508p.
15. Martin, W.H., and Sparks, D.L. 1985. The behavior of non-exchangeable K in soils. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 16: 133-162.
16. McLean, E.O., and Watson, M.E. 1985. Soil measurements of plant available potassium. P277-308, In: Munson, R.D. (ed.), *Potassium in agriculture*. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI., USA.
17. Mengel, K., Rahmatullah and Dou, H. 1998. Release of potassium from the silt and sand fraction of loess-derived soils. *Soil Science*. 163: 10:805-813.
18. Mengel, K. and Rahmatullah, 1994. Exploitation of potassium by various crop species from primary minerals in soils rich in mica. *Biology and Fertility of Soils*. 17: 75-79.
19. Ningapa, N., and Vanuld, N. 1989. Potassium fixation in acid soils in Karnataka. *Indian Society of Soil Science*. 37: 391-393.
20. Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. P539-579, In: Page, A.L. (ed.), *Methods of soil Analysis, Part 2*, American Society of Agronomy, Madison. WI. USA.
21. Richards, J.E., and Bates, T.E. 1989. Studies on the potassium-supplying capacities of southern Ontario soils: III. Measurement of available K. *Canadian Journal of Soil Science*. 69: 596-610.
22. Russell, E.W. 1961. *Soil Conditions and Plant Growth*. 9<sup>th</sup> edition, Longmans Green and Co., London. 530p.
23. Salardini, A.A. 2003. *Soil fertility*. Tehran University Press, 410p.
24. Sardi, K., and Csitari, G. 1998. Potassium fixation of different soil types and nutrient levels. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 29: 11-14. 1843-1850.
25. Simard, R.S., Dekimpe, C. R., and Zizka, J. 1993. Release of potassium and magnesium from soil fractions and its kinetics. *Soil Science Society of America Journal*. 56: 1421-1428.
26. Sparks, D.L. 1987. Potassium dynamics in soils. *Advances in Soil Sciences*. 6: 1-6.
27. Sparks, D.L., and Huang, P.M. 1985. Physical chemistry of soil potassium. P201-276, In: Munson, R. (ed.), *Potassium in Agriculture*. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wi. USA.

28. Srinivasarao, C., Subba Rao, A., and Rupa, T.R. 2000. Plant mobilization of soil reserve potassium from fifteen smectitic soils in relation to soil test potassium and mineralogy. *Soil Science Society of America Journal*. 165:7. 578-586.
29. Towfighi, H. 1999. Comparison of four chemical extractants for estimation of available potassium in paddy soils in north of Iran. *Iranian Journal of Agriculture Science*. 30 (3): 631-647.
30. Towfighi, H. 1995. Kinetics potassium release from paddy soils of north of Iran. I. Comparison and evaluation of first-order, zero order and parabolic diffusion rate equations. *Iranian Journal of Agriculture Science*. 26(4): 27-41.
31. Yash, P., Mike, W., and Bob, G. 1987. Forms of potassium and potassium adsorption behavior of south-west Australian soils. *Soil Sciences and Plant Nutrition*. 29: 37-43.
32. Zaernomeli, S. 2007. Distribution of the different K pools and its relation with soil profile development and clay mineralogy in some selected soils of Golestan Province. M. Sc. Thesis in Soil Science. Soil Science Department. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 110p.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 18(3), 2011*  
*www.gau.ac.ir/journals*

## **Potassium forms in soil and its separates in some loess and loess-like soils of Golestan providence**

**A. Farshadirad<sup>1</sup>, E. Dordipour<sup>2</sup>, F. khormali<sup>3</sup> and F. kiani<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc Student, <sup>2</sup>Assistant Prof., <sup>3</sup>Associate Prof., and <sup>4</sup>Assistant Prof. of Soil Sciences Dept.  
Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, Respectively

Received: 2010-2-16 ; Accepted: 2011-6-14

### **Abstract**

Potassium is essential plant macronutrients. According to the conceptual approach soil potassium (K) can be classified into four forms: soil solution K, exchangeable K, fixed K and structural K. In this research, potassium forms were determined in loess and loess like derived soils of Golestan Province and in the silt and clay fractions of them. The objective of this research was to determine the contribution of soil separates in release of potassium and to be fertilizer management in the soils. Mean extracted potassium content in clay particles of all soils was more than that of soil and silt fraction. The quantity of K extracted by HNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>OAc and HF in soils varied from 632 to 1200, 103 to 476 and 12000 to 17800 mg/Kg, respectively. The mean of exchangeable, nonexchancheable and total potassium contents were 160.6, 1155.1 and 19100 mgKg<sup>-1</sup>, respectively in clay fraction. The quantity of non exchancheable K extracted from silt fraction was a half of its quantity in clay fraction.

**Keywords:** Clay; Mineralogy; Potassium; Silt.

---

\* Corresponding Author; Email: dordipour@gmail.com