سرعت رهاسازی پتاسیم غیرتبادلی با استفاده از محلول کلرید کلسیم در برخی خاک‌های استان کهگیلویه‌و بویراحمد

زینب براتی [۱]، حمیدرضا اولیایی [۲]، ابراهیم ادهمی [۲]، مهدی نجفی قیری [۳]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشگاه یاسوج، ۲- دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه یاسوج، ۳-استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب دانشگاه شیراز

چکیده
اطلاعات درباره خاکهای جنگلی زاگرس بسیار کم است، در حالی که این جنگل‌ها سطحی در حدود ۴۱ درصد از مساحت جنگل‌های ایران را به خود اختصاص داده‌اند. . پتاسیم از عناصر ضروری گیاه بوده و نقش مهمی در روابط آبی گیاه دارد. در این تحقیق سینتیک آزادشدن پتاسیم غیر تبادلی در ۱۰ خاک انتخابی (مربوط به دو عمق) جنگلی استان کهگیلویه و بویراحمد با استفاده از کلرید کلسیم ۰۱/۰ مولار در مدت ۸۸۴ ساعت مطالعه شد. رهاسازی پتاسیم در همه خاک‌ها در مراحل اولیه سریع بود و در مراحل بعدی با سرعت کمتری ادامه یافت. براساس ضرایب تشخیص و خطای استاندارد برآورد، سرعت آزاد شدن پتاسیم غیرتبادلی به وسیله معادله‌های الوویچ و تابع توانی و مرتبه اول توصیف شد. کانی‌های موجود در بخش رس خاک‌ها شامل ایلیت، کلریت، اسمکتیت، پالیگورسکیت و کوارتز بود.

واژه‌های کلیدی: آزاد شدن پتاسیم، سینتیک، پتاسیم غیرتبادلی، خاک جنگلی

مقدمه
در گذشته وسعت جنگل‌های زاگرس ۱۰ میلیون هکتار برآورد گردیده بود که به دلیل بهره‌برداری بی‌رویه به‌سرعت از وسعت آن کاسته شد و اکنون حدود ۵ میلیون هکتار تخمین زده می‌شود (اولیایی و همکاران، ۱۳۹۰). اصلی‌ترین گونه گیاهی این جنگل‌ها، گونه بلوط است. تحقیقات نشان داده است که ۳۹ گونه و زیرگونه بلوط در منطقه رویشی زاگرس، در ایران وجود دارد که گونه *Quercus brantii Lindl* وسیع‌ترین پراکنش را بین گونه‌های جنس بلوط در حوزه رویشی زاگرس دارا بوده و از دره سیلوانا در آذربایجان غربی تا ارتفاعات جنوبی روستاهای دادنجان و چنار سوخته شهرستان فیروزآباد فارس گسترش دارد. این گونه معروف به بلوط ایرانی، بلوط زاگرس و بلوط غرب است. بلوط ایرانی درختی بزرگ با ارتفاع متوسط حدود ۸ متر (گاهی ارتفاع آن به ۲۰ متر نیز می‌رسد) با برگ‌هایی یکنواخت و تخم‌مرغی با حاشیه دندانه‌ای شکل می‌باشد. از نظر نیازهای اکولوژیکی، عموماً روی خاک‌هایی با منشاء تشکیلات آهکی و pH قلیایی فاقد آبشویی، آهک و رس استقرار یافته است (متینی زاده و همکاران، ۱۳۸۵). خاک این رویشگاه‌ها عموماً کم‌عمق تا نسبتاً عمیق بوده و از تکامل خوبی برخوردار نمی‌باشند.

پتاسیم فراوان‌ترین عنصر غذایی موجود در عمق ۱۵ سانتی‌متری بخش رویین خاك است که بجز وظایف فیزیولوژیکی مهمی که در گیاه به عهده دارد، در بهبود کیفیت محصولات کشاورزی نیز جایگاه خاصی را به خود اختصاص داده است. هوازدگی کانی‌های پتاسیمی و تداوم مصرف کودهای پتاسیمی از عامل‌های مؤثر بر ورود پتاسیم به بخش قابل دسترس خاك است (آزادی و همکاران، ۱۳۹۲). شکل‌های مختلف پتاسیم در خاك به ترتیب قابلیت استفاده برای گیاه شامل پتاسیم محلول، تبادلی، غیرتبادلی (تثبیت‌شده) و ساختمانی می‌باشند (Sparks & Huang, ۱۹۸۵ ؛ Martin & Sparks, ۱۹۹۵). میزان پتاسیم محلول بسیار پایین است و حدود ۵ درصد از کل نیاز گیاه را در طی فصل رشد تأمین می‌کند (Mengel & Kirkby, ۲۰۰۱). پتاسیم محلول خاک، شکل قابل استفاده برای جذب گیاهان است. به‌طور معمول سطح پتاسیم محلول خاک پایین است مگر این‌که کود پتاسیم به خاک افزوده‌شده باشد (Sparks, ۱۹۸۷). پتاسیم قابل‌تبادل که با جایگزینی آمونیوم از استات آمونیوم تعیین می‌شود دارای پیوند الکتروستاتیکی با سطح کانی‌های رسی و مواد آلی است و قابل‌تبادل با دیگر کاتیون‌ها بوده، به آسانی برای گیاه قابل‌استفاده است (Sparks, ۱۹۸۷). پتاسیم در شکل غیرتبادلی در کریستال کانی تثبیت نشده است اما بین لایه‌ها، در حفره‌های شش‌وجهی بین صفحات چهاروجهی‌های مجاور در میکاها و ورمیکولیت های با هشت‌وجهی دوجایی و سه جایی و کانی‌های رسی بینابین مانند میکا- ورمیکولیت نگه‌داشته شده است (Sparks, ۱۹۸۷). این پتاسیم به‌راحتی با دیگر کاتیون‌ها، قابل‌تبادل نیست.پتاسیم غیرتبادلی، پتاسیم تبادلی را که در نتیجه آبشویی و جذب گیاهی کم شده است پشتیبانی می‌کند (Sparks et al., ۱۹۸۰). پتاسیم ساختمانی که ۹۰ تا ۹۸ درصد کل پتاسیم خاك را تشکیل می‌دهد، در ساختمان کانی‌های اولیه دارای پتاسیم مثل میکاها و فلدسپارها نگه‌داشته می‌شود. این منبع به آرامی در خاك آزاد می‌شود و پتاسیم تبادلی و غیرتبادلی را تجدید می‌کند (Sharpley, ۱۹۹۰). تعادل موجود بین شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک، سبب تداوم تأمین پتاسیم برای گیاه می‌شود (جلالی، ۲۰۰۶). پتاسیم کل در خاک، حاصل مجموع این چهار شکل است. چون وجود کاتیون‌های مختلف در محلول خاك بر قابلیت استفاده پتاسیم خاك تأثیرگذار است، بنابراین بررسی روند آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی در حضور کاتیون‌های غالب ضروری به نظر می‌رسد.آنها علاوه بر رقابت بر سر مکان‌های تبادلی، بر ضریب فعالیت و درنهایت فعالیت یون‌ها در محلول خاك و سرعت رهاسازی پتاسیم تأثیرگذارند (Murashkina et al, ۲۰۰۷). یون غالب و تأثیرگذار در خاکهای آهکی، یون کلسیم است که روی آزادسازی

پتاسیم غیرتبادلی در خاك تاثیر می‌گذارد، بنابراین برخی مطالعات مربوط به سینتیک آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی با استفاده از محلول کلرید کلسیم انجام شده است (بحرینی طوحان و همکاران، ۱۳۸۹. جلالی و ضرابی، ۱۹۹۷). مکانیزم عمل یون کلسیم، جانشینی می‌باشد، بنابراین یون کلسیم به علت اندازه و انرژی هیدراتاسیون بالایی که نسبت به یون پتاسیم دارد، به‌راحتی نمی‌تواند با پتاسیم‌های بین لایه‌ای تبادل شود و در خاک‌های با کانی غالب انبساط ناپذیر مثل ایلیت این موضوع بیش‌تر نمایان می‌شود (Srinivasarao et al,۱۹۹۹).

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری در ۱۰ نقطه از مناطق عمده جنگلی استان کهگیلویه و بویراحمد با پوشش غالب درخت بلوط، در دو بخش سردسیری و گرمسیری استان انجام شد و از خاک زیر سایه‌انداز درختان به فاصله حدود نصف فاصله تنه تا لبه خارجی تاج پوشش از دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه تهیه شد. نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی‌متری به آزمایشگاه منتقل و آزمایش‌های اولیه مختلف فیزیکی، شیمیایی از جمله: بافت خاك به روش هیدرومتر، قابلیت هدایت الکتریکی خاك در عصاره گل اشباع توسط دستگاه هدایت سنج الکتریکی، pH در گل اشباع، ظرفیت تبادل کاتیونی خاك با استات‌سدیم ۱ نرمال pH ۲/۸ ، کربنات کلسیم به روش تیتراسیون برگشتی اسیدکلریدریک، اندازهگیری کربن آلی به روش سوزاندن تر بر روی آن‌ها انجام شد. شکلهای مختلف پتاسیم شامل محلول، تبادلی، غیرتبادلی و کل به ترتیب در عصاره اشباع، عصارهگیری با استات آمونیوم ۱ نرمال pH ۷، عصارهگیری با اسید نیتریک یک مولار جوشان، و هضم با اسیدفلوریدریک و تیزاب‌سلطانی تعیین شدند. عصارههای به دست آمده با روش شعله سنجی با دستگاه فلیم فتومتر اندازهگیری شدند.

برای مطالعات سینتیک آزادسازی پتاسیم، ابتدا پتاسیم تبادلی و محلول از افقهای سطحی حذف شد (Martin & Sparks, ۱۹۸۵). جهت انجام این کار نمونههای خاك با محلول ۱ نرمال کلرید کلسیم به مدت ۲۴ ساعت در تعادل قرار گرفت تا نمونهها کاملاً اشباع از کلسیم شدند. سپس جهت حذف یون کلرید اضافی، نمونهها با الکل و سپس آب مقطر شسته شدند. برای اطمینان از حذف کامل یون کلرید از آزمون نیترات نقره استفاده و سپس نمونهها در آون خشک شدند. در مرحله بعد حدود ۲ گرم از خاك اشباع با کلسیم در لوله سانتریفوژ ریخته و ۲۰ میلی‌لیتر از محلول کلرید کلسیم ۰۱/۰ مولار به آن اضافه شد و به مدت معین تکان داده شد. سپس نمونه سانتریفوژ شده و محلول زلال رویی جهت اندازهگیری غلظت پتاسیم نگهداری شد. مجدداً محلول تازه کلرید کلسیم به نمونه اضافه کرده و این مراحل تا جایی که غلظت پتاسیم در عصاره به مقدار ثابتی رسید، تکرار شد. غلظت پتاسیم در هر مرحله در نمونهها اندازهگیری شد. پتاسیم غیرتبادلی آزاد شده در عصاره با دستگاه شعله سنج اندازه‌گیری و سپس نسبت به زمان با معادلات مختلف سینتیکی برازش داده شد.

بحث و نتیجه‌گیری

برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. دامنه تغییرات مقدار رس، سیلت، کربنات کلسیم و ظرفیت تبادل کاتیونی معادل به ترتیب ۷/۵۲-۷/۲۲، ۴/۳۸-۲۰، ۴/۸۷-۱۸و ۶/۵۷-۳/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. دامنه تغییرات پتاسیم محلول، پتاسیم تبادلی خاک،پتاسیم غیر تبادلی و پتاسیم کل به ترتیب ۲۲/۸-۲۴/۷۱ ، ۲۱/۳۸۴-۹۱/۶۴، ۴۶/۱۲۶۰-۱۳/۱۰۶ و ۱۱/۸۱۱۰-۲۴/۱۰۱۰ می‌باشد.

روند آزاد شدن پتاسیم غیرتبادلی با کلرید کلسیم از خاک: شکل‌های ۱ و ۲ مقدار پتاسیم غیرتبادلی آزاد شده به روش عصاره‌گیری متوالی با کلرید کلسیم را به‌عنوان تابعی از زمان عصاره‌گیری از خاک‌ها نشان می‌دهد. با توجه به شکل‌های ۱و ۲ تقریبا در تمام خاک‌ها سرعت رهاسازی تا ۵۴ ساعت پس از شروع آزمایش فزاینده بود و پس از این مرحله رهاسازی با سرعت کم‌تری ادامه یافت. روند رهاسازی سریع‌تر اولیه و سپس یکنواخت شدن آن در بسیاری از مطالعات رهاسازی،از جمله در مطالعات تو و همکاران (۲۰۰۷)، فرشادی‌راد و همکاران (۱۳۹۲) و عبدی و همکاران (۱۳۹۳) دیده شده است. به‌طور کلی رهاسازی سریع اولیه را می‌توان به آزاد شدن پتاسیم از مناطق لبه‌ای و گوه‌ای شکل کانی‌های پتاسیم دار نسبت داد. با پیش روی رهاسازی، لبه‌های کانی از هم جدا شده و پتاسیم های بین لایه‌ای موجود در ساختمان کانی رها می‌شوند، به علت افزایش فاصله پتاسیم‌های درونی از لبه‌ها و قدرت جذب پتاسیم، رهاسازی با سرعت و پخشیدگی کم‌تری صورت می‌گیرد (گولدینگ، ۱۹۸۴). نتایج نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین مقدار پتاسیم غیر تبادلی به ترتیب از خاک تنگ گنجه‌ای با عمق ۳۰-۰ سانتیمتر و خاک بولوار بویراحمد با عمق ۶۰-۳۰ سانتیمتر آزاد شده است (جدول ۲). این می‌تواند با تفاوت در نوع و مقدار رس در این خاکها با خاکهای دیگر مرتبط باشد. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که مقدار پتاسیم تبادلی و غیرتبادلی با میزان کانی‌های رسی ایلیت و اسمکتیت در سطح ۱ درصد رابطه معنی‌دار دارد که این نتیجه با نتایج گزارش شده توسط حیدرماه (۱۳۹۰) و نجفی (۱۳۸۹) مطابقت دارد.

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

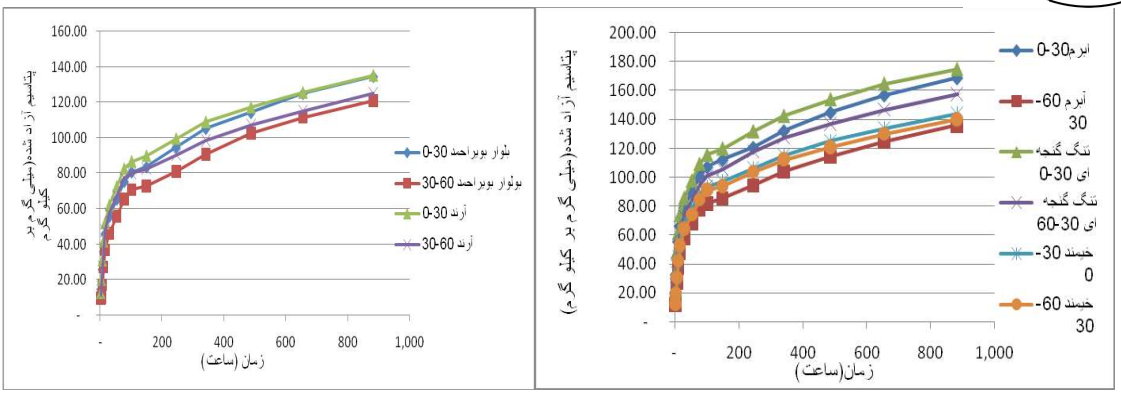
شماره خاک	نام سری	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	اهک (درصد)	EC (ds/m)	CEC cmol(+)/m	ماده الی (درصد)	pH
۱	آب‌برم ۳۰-۰	۷/۲۶	۲۴	۳/۴۹	۳/۵۷	۵/۰	۹/۳۵	۹/۲	۶/۷
۲	آب‌برم ۶۰-۳۰	۷/۲۲	۲۸	۳/۴۹	۵/۶۰	۵/۰	۴/۲۲	۸/۱	۶/۷
۳	تنگ گنجه‌ای ۳۰-۰	۷/۴۴	۲۶	۳/۲۹	۱/۲۲	۷/۰	۳/۵۳	۱/۷	۳/۷
۴	تنگ گنجه‌ای ۶۰-۳۰	۴/۴۹	۲۰	۶/۳۰	۱۸	۵/۰	۶/۵۷	۹/۲	۲/۷
۵	خیمند ۳۰-۰	۷/۵۲	۲۴	۳/۲۳	۵۶	۷/۰	۵/۵۲	۲/۲	۴/۷
۶	خیمند ۶۰-۳۰	۴/۵۲	۲۵	۶/۲۲	۵/۴۵	۶/۰	۹/۴۸	۳/۰	۴/۷
۷	بولوار بویراحمد ۳۰-۰	۱/۴۷	۲۶	۹/۲۶	۴/۸۳	۲/۱	۵/۳۱	۴/۴	۹/۶
۸	بولوار بویراحمد ۶۰-۳۰	۷/۲۱	۳۳	۳/۴۵	۴/۸۷	۶/۰	۳/۲۸	۶/۲	۱/۷
۹	آرند ۳۰-۰	۴/۴۰	۴/۳۸	۲/۲۱	۱/۴۱	۶/۰	۹/۳۵	۳/۲	۶/۷
۱۰	آرند ۶۰-۳۰	۴/۴۶	۲۸	۶/۲۵	۹/۴۸	۴/۰	۳۷	۱/۱	۶/۷

.جدول ۲- شکل‌های محلول، تبادلی،غیرتبادلی و کل خاک‌های مورد مطالعه

شماره خاک	نام سری	میلی‌گرم در کیلوگرم			
		پتاسیم محلول	پتاسیم تبادلی	پتاسیم غیرتبادلی	پتاسیم کل
۱	آب‌برم ۳۰-۰	۲۱	۴/۲۵۱	۸/۵۴۱	۹/۱۰۳۱
۲	آب‌برم ۶۰-۳۰	۶/۹	۵/۱۱۷	۷/۲۹۴	۷/۲۱۷۷
۳	تنگ گنجه‌ای ۳۰-۰	۴/۲۴	۲/۳۸۴	۵/۱۲۶۰	۷۸۰۸//۸
۴	تنگ گنجه‌ای ۶۰-۳۰	۹/۸	۶/۳۰۹	۵/۱۰۹۷	۸/۸۹۷۵
۵	خیمند ۳۰-۰	۹/۲۲	۶/۳۲۲	۱/۶۴۷	۸/۱۲۳۳
۶	خیمند ۶۰-۳۰	۸/۴	۷/۲۴۸	۶/۸۴۹	۷/۳۲۸۵
۷	بولوار بویراحمد ۳۰-۰	۳/۱۵	۵/۱۱۵	۱/۲۲۵	۸/۱۰۸۷
۸	بولوار بویراحمد ۶۰-۳۰	۴/۳	۹/۶۴	۱/۱۰۶	۷/۱۲۹۴
۹	آرند ۳۰-۰	۴/۱۱	۲/۱۷۶	۴/۵۸۵	۳/۴۳۹۰
۱۰	آرند ۶۰-۳۰	۸/۴	۳/۲۵۲	۴/۵۲۹	۴/۷۰۰۷

شکل ۲- منحنی رهاسازی پتاسیم با عصاره گیری $CaCl_2$

شکل ۱ - منحنی رهاسازی پتاسیم با عصاره گیری متوالی با $CaCl_2$



.مدل‌های سینتیکی انتخاب شده (SE)و خطای معیار (R^2)جدول۳- مقادیر ضرایب تبیین

خاک	الوویچ		توانی		پخشیدگی سهموی		مرتبه اول	
	SE	R^2	SE	R^2	SE	R^2	SE	R^2
آب‌برم ۳۰-۰	۳۸/۴	۹۹/۰	۳۸/۴	۹۹/۰	۶۳/۱۴	۹۱/۰	۱۷/۰	۹۵/۰
آب‌برم ۶۰-۳۰	۵۱/۴	۹۹/۰	۵۱/۴	۹۹/۰	۸۱/۱۱	۹۱/۰	۱۷/۰	۹۴/۰
تنگ گنجه‌ای ۳۰-۰	۲۵/۳	۱	۲۵/۳	۱	۴۸/۱۶	۸۹/۰	۱۸/۰	۹۵/۰
تنگ گنجه‌ای ۶۰-۳۰	۱۰/۳	۱	۱۰/۳	۱	۹۵/۱۴	۹۰/۰	۱۸/۰	۹۵/۰
خیمند ۳۰-۰	۲۳/۳	۹۹/۰	۲۳/۳	۹۹/۰	۱۷/۱۴	۸۹/۰	۱۹/۰	۹۴/۰
خیمند ۶۰-۳۰	۰۴/۳	۹۹/۰	۰۷/۳	۹۹/۰	۰۰/۱۴	۸۹/۰	۲۰/۰	۹۴/۰
بولوار بویراحمد ۳۰-۰	۵۸/۴	۹۹/۰	۵۸/۴	۹۹/۰	۵۱/۱۱	۹۲/۰	۱۶/۰	۹۶/۰
بولواربویراحمد ۶۰-۳۰	۴۷/۵	۹۸/۰	۴۷/۵	۹۸/۰	۱۳/۱۰	۹۳/۰	۱۵/۰	۶۹/۰
آرند ۳۰-۰	۹۶/۲	۹۹/۰	۹۶/۲	۹۹/۰	۱۳/۱۳	۸۹/۰	۱۹/۰	۹۴/۰
آرند ۶۰-۳۰	۳۷/۳	۹۹/۰	۳۷/۳	۹۹/۰	۱۲/۶۴	۸۸/۰	۲۰/۰	۹۳/۰
میانگین	۴۵/۳	۹۰/۰	۴۵/۳	۹۰/۰	۱۳/۱۲	۸۲/۰	۱۶/۰	۸۶/۰

منابع

اولیایی، ح. ر. ادهمی، ا. فرجی، ه. و فیاض، پ. ۱۳۹۰. آثار درخت بلوط ایرانی (*Quercus brantii Lindl*.) بر برخی خصوصیات خاک در منطقه جنگلی یاسوج. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاك، جلد ۵۶، صفحه‌های ۱۹۳ تا ۲۰۶.

آزادی، ا. باقرنژاد، م. و ابطحی، ع. ۱۳۹۲. بررسی وضعیت پتاسیم و ارتباط آن با کانی‌شناسی و ویژگی‌های خاک در خاک‌های منطقه کافتر. نشریه مدیریت خاک، شماره سوم، صفحه های ۵۹ تا ۶۹.

بحرینی طوحان، م. دردی پور، ا. و موحدی نائینی، ع. ۱۳۸۹. سرعت رها سازی پتاسیم غیر تبادلی با استفاده از اسید سیتریک و کلرید کلسیم رقیق در خاك های زراعی سری های غالب استان گلستان. مجله علوم وفنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۴، صفحه‌های ۱۱۳ تا ۱۲۶.

حیدرماه، ص. ۱۳۹۰. سینتیک آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی در خاکهای آهکی استان کهگیلویه و بویر احمد. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه یاسوج.

عبدی، ص. قاسمی فسایی، ر. کریمیان، ن. ع. و فیضیان، م. ۱۳۹۳. قابلیت استفاده و سینتیک آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی در برخی خاک‌های آهکی استان فارس. نشریه آب و خاکف جلد ۲۸، شماره ۴، صفحه‌های ۷۶۶ تا ۷۷۷.

فرشادی‌راد، ا. دردی‌پور، ا و خرمالی، ف. ۱۳۹۲. سرعت رهاسازی پتاسیم غیرتبادلی با استفاده از کلرید کلسیم در خاک‌ها و اجزای آن. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، جلد سوم، شماره اول، صفحه‌های ۱۱۳ تا ۱۲۹.

متینی‌زاده، م. علی احمد کروری، س. خوشنویس، م. تیموری، م و پرازنیک، و. ۱۳۸۵. تغییرات فصلی کربوهیدرات‌های غیر ساختاری و آمیلاز در شاخه‌های بلوط ایرانی. فصل‌نامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، جلد ۱۴، شماره ۳، صفحه‌های ۲۶۹ تا ۲۷۷ .

نجفی قیری، م. ۱۳۸۹. بررسی خصوصیات مورفولوژیکی و کانیشناسی و وضعیت پتاسیم در خاکهای استان فارس. پایان نامه دکتری خاشناسی، دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شیراز

Andrist-Rangel Y., Hillier S., born I., Lilly A., Towers W., Edwards A., and Paterson E. ۲۰۱۰. Assessing potassium reserves in northern temperate grassland soils: A perspective based on quantitative mineralogical analysis and aqua-regia extractable potassium. Geoderma, ۱۵۸: ۳۰۳-۳۱۴.

Goulding K.W T. ۱۹۸۴. The availability of potassium in soil to crops as measured by its release to a calcium-saturated cation exchange resin. Agriculture Science, ۲۶۵-۲۷۵.

Jalali M. and Zarabi M. ۲۰۰۶. Kinetics of nonexchangeable-potassium release and plant response in some calcareous soils. Plant Nutrition and Soil Science, ۱۶۹: ۱۹۶-۲۰۴.

Martin W.H., and Sparks D.L. ۱۹۹۵. On the behaviour of nonexchangeable potassium in soils. Soil Science. Plant Anal, ۱۶: ۱۳۳-۱۶۲.

Mengel K. and Kirkby E.A. ۲۰۰۱. Principles of plant nutrition. Kluwer Acad. Publishers, Dordrecht.

Murashkina M.A., Southard R.J., and Petty G.S. ۲۰۰۷. Silt and sand fraction dominate K fixation in soils derived from granitic alluvium of the sanjoaquin valley California. Geoderma, ۱۴۱: ۲۸۳-۲۹۳.

Sharpley A.N. ۱۹۹۰. Reaction of fertilizer potassium in soils of different mineralogy. Soil Science, ۱۴۹: ۴۴-۵۱

Sparks D. L. and Huang P. M. ۱۹۸۵. Physical Chemistry of soil potassium.Pp. ۲۰۱-۲۷۶. In Potassium in Agricalture. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

Sparks, D.L. ۱۹۸۰. Chemistry of soil potassium in Atlantic coastal plain soils. Soil Science, Plant Anal, ۱۱: ۴۳۵-۴۴۹.

Srinivasarao C., Datta S.P., SubbaRao A., Sing S.P., and Takkar P.N. ۱۹۹۹. Kinetics of non-exchangeable potassium release by organic acids from mineralogically different soils. Soil Science, ۴۵: ۷۲۸-۷۳۴.

Abstract

There is low information regarding Zagros forest sosf۴ils, while the forest surface area of about ۴۱ per cent of the country's forest area allocated. Potassium is an essential element in plants and plays an important role in plant water relations. In this research, potassium release of non-exchangeable of ۱۰ selected soils (belong to ۲ depths) of Kohgilouye province were studied using ۰.۰۱M $CaCl_۲$ over a period of ۸۸۴ h. K release was fast in the earlier periods of the extraction in all soils and it is followed with a lower rate to the end of experiment. The non-exchangeable release rates were well described through Ellovich, power function and first order equations upon the highest determination coefficient and the least estimation standard error. Major soil clay minerals were illite, chlorite, smectite, palygroskite and quartz.