



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



اثر سرکه چوب بر آزادسازی پتاسیم در دو خاک رسی ورمی کولیت و سپیولیت

آذر خزائی^۱، سهیلاسادات هاشمی^{۲*}

۱- گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

۲- گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر *Email: s.hashemi@malayeru.ac.ir

چکیده

مهم‌ترین منبع پتاسیم در خاک‌ها آلومینوسیلیکات‌ها و محصولات هوادیدگی آنها از جمله ورمی کولیت و کانیه‌های مختلط آن می‌باشد. هدف از مطالعه حاضر بررسی رهاسازی پتاسیم غیرتبادلی از خاکهای رسی ورمی کولیت و سپیولیت از معادن ایران است. رهاسازی پتاسیم در ۸ زمان متوالی از ۲ تا ۳۳۶ ساعت در خاکهای رسی با اندازه ۱۰۰ میکرون، توسط سه عصاره‌گیر سرکه چوب، اسیدکلریدریک و اسید سیتریک صورت گرفت. پتاسیم غیرتبادلی رهاسده با معادلات سنتیکی برازش داده شد. نتایج نشان داد که در میزان پتاسیم غیرتبادلی رهاسازی شده بین دو خاک رسی، تفاوت معنی‌دار است ($p < 0.01$). در مقدار پتاسیم رها شده در رس ورمی کولیت در بین عصاره‌گیرها تفاوت معنی‌دار بود ($p < 0.01$). حداکثر پتاسیم رها شده در رس ورمی کولیت با عصاره‌گیر سرکه چوب مشاهده شد (۲۵۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم). کمترین میزان پتاسیم رهاسازی شده توسط رس سپیولیت با عصاره‌گیر اسید سیتریک گزارش شد. بالاترین میزان برازش را معادله مرتبه یک و سپس الویچ نشان دادند. بطور کلی استفاده از خاک رسی ورمی کولیت معدن جیرفت همراه با سرکه چوب در مزارع و باغات بعنوان یک منبع کودی طبیعی پتاسه می‌تواند نقش بسزائی در کاهش استفاده از کودهای شیمیائی و آفت‌کشها داشته باشد و به سلامت زیست محیط کمک کند.

واژگان کلیدی: اسیدکلریدریک، پتاسیم غیرتبادلی، معدن فریمان

مقدمه

به دلیل رشد مداوم جمعیت و افزایش سطح مصرف، پیش‌بینی شده است که تا سال ۲۰۵۰ نیاز جهانی به تولید محصولات کشاورزی از ۱۰۰ تا ۱۱۰ درصد افزایش یابد. یکی از دلایل ریشه‌ای بیوفیزیکی کاهش تولید محصولات کشاورزی، کاهش کیفیت و کمیت منابع زمین، به‌ویژه خاک است (Sanchez, 2002). پتاسیم یکی از عناصر ضروری برای رشد و توسعه گیاهان است. نقش عنصر پتاسیم، به عنوان بخشی از ترکیبات گیاهی بسیار اندک یا صفر است، اما وجود آن به عنوان عامل تنظیم‌کننده فتوسنتز، انتقال کربوهیدرات‌ها و غیره ضروری است. مهم‌ترین منابع پتاسیم در خاک‌ها آلومینوسیلیکات‌هایی مانند فلدسپارهای پتاسیم، میکاها و محصولات هوادیدگی آنها از جمله ورمی کولیت می‌باشند که ۹۸٪ از پتاسیم خاک را تشکیل می‌دهند. رس‌های ورمی کولیت میکاهای هوازدهی هستند که در آن مولکول‌های آب همراه با Mg^{+2} و سایر یون‌ها در فضای بین لایه‌ای به جای یون پتاسیم جایگزین می‌شوند، که آن را از میکاها متفاوت می‌کند (Kumari and Mohan, 2021). سپیولیت نیز یک سیلیکات منیزیم هیدرات‌ناست که از مجموعه کانی‌های ۲:۱ بوده و مقدار منیزیم آن از ۲۱۰ تا ۲۵۰ گرم در هر کیلوگرم متغیر است. مطالعات نشان داده‌اند که اسیدهای آلی تولید شده توسط میکروارگانیسم‌ها و گیاهان، مقدار انحلال مواد معدنی را در محیط‌های هوازده افزایش می‌دهند. Norouzi و همکاران (2012)، در بررسی رهاسازی پتاسیم از دو کانی فلوگوپیت و مسکوویت به وسیله اسیدهای آلی سیتریک،

اگزالیک و مالیک به روش عصاره‌گیری معمولی نشان دادند که سرعت رهاسازی پتاسیم توسط اسید سیتریک بیشتر از سایر اسیدها از جمله اسید اگزالیک است. یک ترکیب زیستی که توجه زیادی را جهت بهبود رشد و عملکرد گیاهان به خود جلب کرده است، سرکه چوب یا اسید چوب یا اسید پیروگلینوس می‌باشد. این ترکیب، یک ماده مایع با اسیدهای آلی متراکم و بسیار اکسیژنه است که از واکنش بین عناصر فرار تولید شده در طی تجزیه حرارتی ناشی می‌شود. سرکه چوب از آب (۸۰-۹۰ درصد) و بیش از ۲۰۰ ترکیب آلی از جمله اسیدها، الکل‌ها، فنل‌ها، آلدئیدها و استرها (۲۰-۱۰ درصد) بسته به شرایط پیرولیز تشکیل شده است (Guo et al., 2021). سرکه چوب به‌عنوان یک ترکیب با اسید استیک بالا می‌تواند با کاهش pH خاک، پتاسیم را از کانیهای موجود در خاک رسی، آزاد کند.

خاک رسی ورمی‌کولیت از معدن جیرفت، استان کرمان در جنوب ایران، و خاک رسی سپیولیت از معدن فریمان استان خراسان در شمال کشور استخراج شده، که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با توجه به اینکه دو منبع رسهای نامبرده در کشور موجود می‌باشد و تهیه سرکه چوب نیز به راحتی امکان‌پذیر است، درصدد برآمدیم تا میزان رهاسازی پتاسیم غیرتبادلی را برای تامین نیاز گیاهی در هر دو خاک رسی مورد بررسی قرار دهیم. بدون شک حضور کانیهای مختلط دیگر در خاکهای رسی نامبرده، منجر به آزادسازی بخشی از پتاسیم غیرتبادلی خواهند شد. هم‌چنین سعی گردید که مقایسه بین اسیدهای آلی و معدنی نیز در حین عصاره‌گیری صورت بپذیرد تا بهترین عصاره‌گیر معرفی گردد. نهایتاً بتوان مصرف کودهای شیمیائی حاوی پتاسیم را تا حد امکان کاهش داد، تا هم در هزینه و هم در سلامت زیست محیطی نقشی را ایفا کنند.

مواد و روش‌ها

نمونه خاکهای رسی (رسی ورمی‌کولیت و سپیولیت) مورد استفاده در این تحقیق مربوط به معدن جیرفت و فریمان با درجه خلوص ۷۰ تا ۹۰٪، پس از انتقال به آزمایشگاه ابتدا در هوا خشک، آسیاب شده و سپس از الک ۱۴۰ مش (۱۰۰ میکرون) عبور داده شدند. سرکه چوب استفاده شده از یک کارخانه تولید زغال چوب واقع در منطقه داراب (جنوب استان فارس، ایران) تهیه شد، که در شرایط اکسیژن محدود، بیوچار مشتق شده از چوب درخت انار را در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد تولید می‌کند. برای مطالعه سینتیک آزادسازی پتاسیم ابتدا پتاسیم تبادلی و محلول از نمونه‌های خاک رسی حذف گردید. سپس نمونه در آون خشک شدند. عصاره‌گیرهای مختلف (اسید کلریدریک، اسیدسیتریک و سرکه چوب) در غلظت‌های ۰/۱ مولار تهیه گردید. سپس دو گرم از نمونه خاک رسی را در لوله سانتریفیوژ ریخته و ۲۰ میلی‌لیتر از هر کدام عصاره‌گیرهای ۰/۱ مولار به آن‌ها اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه شیک و سانتریفیوژ شدند و محلول رویی از کاغذ صافی عبور داده شده و داخل ظرف نمونه جمع آوری شدند. نمونه‌ها به صورت متوالی در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۲۴، ۴۸، ۱۴۴، ۲۴۰ و ۳۳۶ ساعت عصاره‌گیری شدند. غلظت پتاسیم در هر مرحله به روش شعله‌سنجی با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر قرائت شدند. برای بررسی سرعت آزادسازی پتاسیم، داده‌های مراحل آزادسازی پتاسیم با معادله‌های الوویچ، انتشار پارابولیک، تابع توانی، مرتبه یک و مرتبه صفر برآزش داده شدند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS.20 انجام شد. جهت مقایسه میانگین از آزمون دانکن با سطح احتمال ۹۹ درصد در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار استفاده شد. سپس نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم افزار Microsoft Office Excel.13 ترسیم شد.

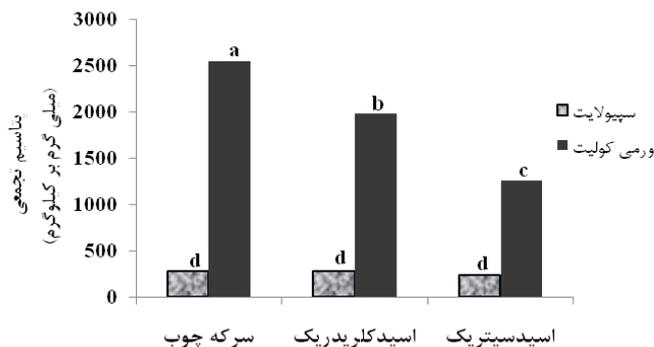
نتایج و بحث

خاک رسی ورمیکولیت و سپیولیت، کانیهای سیلیکات هیدراته طبیعی با اکثریت عناصر منیزیم، آهن، کلسیم و آلومینیوم است که توسط فلورسانس اشعه ایکس (XRF) شناسایی شده‌اند (جدول ۱). بر اساس نتایج به دست آمده رس ورمی کولیت و سپیولیت دارای pH قلیایی بوده، که دلیل آن می‌تواند وجود کانی‌های کربناته و ژیس باشد. درصد کربنات کلسیم معادل آنها نیز به ترتیب ۱۶/۲۵ و ۲۳ درصد، ظرفیت تبادل کاتیونی ۷۵ و ۲۳ سانتی‌مول بار بر کیلوگرم است. با توجه به اشکال مختلف پتاسیم مقدار پتاسیم محلول، تبادلی، غیرتبادلی و ساختاری به ترتیب ۲۱/۷، ۱۱۳/۴، ۱۱۰۰/۴ و ۲۱۲۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در رس ورمی کولیت و ۴/۵، ۱۱/۸، ۱۸۶/۸ و ۳۳۷/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک رسی سپیولیت برآورد گردید. بدون شک حضور پتاسیم‌های غیرتبادلی و کل موجود در خاک رسی سپیولیت مربوط به ناخالصیهای موجود در خاک رسی است.

جدول ۱. آنالیز XRF مربوط به خاکهای رسی ورمی کولیت و سپیولیت.

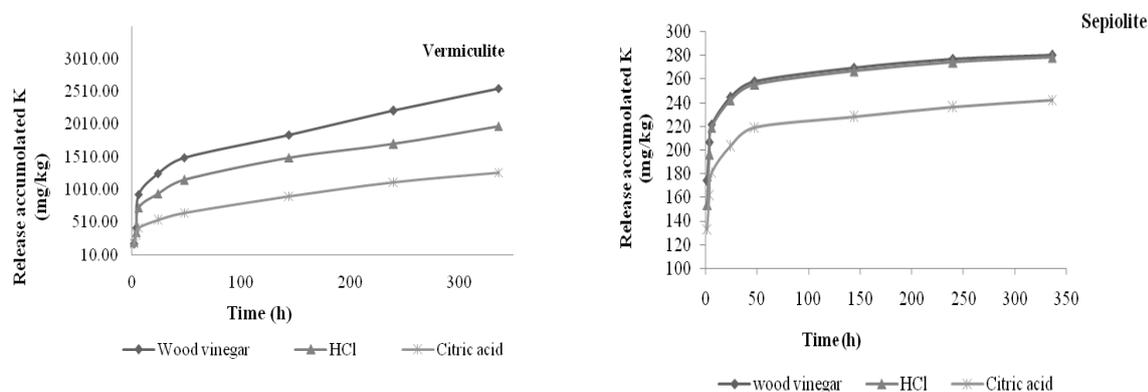
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	MgO	K ₂ O	TiO ₂	MnO	خاک رسی
۴۹	۳/۵	۵/۸	۴/۸	۰/۸۲	۲۸	۰/۲۱	۰/۰۳	۰/۱۳	ورمی کولیت
۵۳	۲/۶	۱/۲	۰/۱	۰/۰۱	۲۳/۶	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۹	سپیولیت

نتایج میزان پتاسیم غیرتبادلی تجمعی رهاسازی شده نشان داد که ۴۴ درصد پتاسیم رهاسازی شده از رس ورمی کولیت توسط سرکه چوب (۲۵۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، ۳۴/۲ درصد پتاسیم نیز توسط اسیدکلریدریک (۱۹۸۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و نهایتاً ۲۱/۸ درصد توسط اسیدسیتریک آزاد شده است (۱۲۶۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم). لذا سرکه چوب بیشترین توانایی را در آزاد سازی پتاسیم به همراه دارد. میزان پتاسیم تجمعی رهاسازی شده از خاک رسی سپیولیت توسط سرکه چوب، اسیدکلریدریک و اسید سیتریک به ترتیب برابر ۲۸۰/۲، ۲۷۸/۴ و ۲۴۲/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد، که تفاوت زیادی با هم ندارند. نتیجه تجزیه واریانس نشان داد که اثر عصاره‌گیر بر میزان پتاسیم غیرتبادلی رهاسازی شده معنی‌دار است ($p < 0.01$). با توجه به نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱) عصاره‌گیر سرکه چوب بیشترین آزادسازی را در ورمی کولیت و عصاره‌گیر اسید سیتریک کمترین میزان آزادسازی را به همراه داشته است. تفاوت معنی‌داری بین عصاره‌گیرها در خاک رسی سپیولیت مشاهده نشد. اما بین میزان پتاسیم رهاسازی شده از ورمی کولیت و سپیولیت در تمام عصاره‌گیرها تفاوت معنی‌داری است ($p < 0.01$). Li و همکاران (2015) بیان داشتند که اسید کلریدریک داغ می‌تواند بیش از ۳۰٪ پتاسیم غیرتبادلی را از بیوتیت از طریق تبادل H^+ با پتاسیم بین لایه‌های بدون تغییر در ساختار کانی در کوتاه مدت استخراج کند. Hashemi (2025) نیز نشان داد که سرکه چوب توانایی بالایی در استخراج منیزیم، کلسیم و فسفر از خاکها در کاربریهای متفاوت دارد. حشمتی و همکاران (۱۴۰۲) نیز نشان دادند که سرکه چوب در مقایسه با اسید کلریدریک، کلرید کلسیم و اسید اگزالیک بیشترین توانایی در استخراج پتاسیم غیرتبادلی را دارد. بالاتر بودن میزان پتاسیم غیرتبادلی آزاد شده از خاک رسی ورمی کولیت (۲۵۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نسبت به میزان برآورد شده خود رس (۱۱۰۰/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، نشان دهنده آنست که علاوه بر قسمت غیرتبادلی میزانی پتاسیم از بخش ساختاری آزاد شده است. می‌توان گفت سرکه چوب بعنوان یک عصاره‌گیر آلی بدلیل پ‌هش بسیار پایینی که دارد (۳/۵ تا ۴)، منجر به انحلال کانی‌های حاوی پتاسیم (ورمی کولیت، کانیهای مختلط ایلایت-ورمی کولیت و اسمگتیت) و آزادسازی پتاسیم شده است (Ramos et al., 2014). پتاسیم آزاد شده توسط اسید کلریدریک در رس ورمی-کولیت (۱۹۸۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نیز نسبت به پتاسیم غیرتبادلی رس بالاتر برآورد شده است. می‌توان گفت به دلیل تبادل H با پتاسیم بین لایه‌ای، انحلال کربناتهای خاک و افزایش کلسیم و منیزیم محلول باشد، که پس از آن با پتاسیم بین لایه‌ای مبادله می‌شود (Li et al., 2015). در مورد رس سپیولیت نیز همین نتایج به چشم می‌خورد. اما میزان پتاسیم تجمعی رهاسازی شده، بسیار پایین است.



شکل ۱. نتایج مقایسه میانگین دانکن پتاسیم تجمی در تیمارهای متفاوت

آزادسازی پتاسیم از نمونه رس ورمی کولیت در طی ۸ استخراج متوالی توسط عصاره‌گیرهای مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. بر اساس این شکل سرعت رهاسازی پتاسیم در مراحل اولیه زیاد بوده و سپس با گذشت زمان به تدریج کاهش یافته و ممکن است پس از ۳۳۶ ساعت با سرعت ثابتی ادامه یابد. حالت تعادلی در زمان ۳۳۶ ساعت در مورد خاک رسی سپیولیت بیشتر به چشم می‌خورد. رهاسازی اولیه که با سرعت بالایی انجام می‌شود به مناطق لبه‌ای و گوه‌ای شکل ورمی-کولیت نسبت داده شده و هم‌چنین کاهش سرعت رهاسازی را می‌توان به بالا رفتن سطح انرژی جذب پتاسیم در بین لایه و از طرف دیگر افزایش فاصله پتاسیم از لبه کانی و افزایش فاصله پخشیدگی مرتبط دانست (Srinivasarao et al., 1999). نتایج مشابه با روند مذکور در دیگر مطالعات مربوط به رهاسازی پتاسیم گزارش شده است (Hashemi, 2025; Hahsemi and Najafghiri, 2024).



شکل ۲- روند رهاسازی پتاسیم غیرتبادلی در تیمارهای متفاوت

نتایج حاصل از برازش مدل‌های سنتیکی برای رس سپیولیت نشان داد که معادله مرتبه یک بالاترین برازش و پس از آن معادله الوویج بهترین ضریب تبیین را به همراه دارد (جدول ۲). بطوری که بالاترین ضریب تبیین ($r^2=0/96$) برای رس سپیولیت با عصاره‌گیر سرکه چوب و اسیدکلریدریک در معادله مرتبه یک بدست آمد. کمترین ضریب تبیین برای رس ورمی کولیت با عصاره‌گیر اسید سیتریک ($r^2=0/78$) در معادله مرتبه یک گزارش شد، که میزان خطای برآورد شده برابر $589/4$ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. بالاترین ضریب تبیین برای رس ورمی کولیت در عصاره‌گیر اسیدکلریدریک در معادله الوویج ($r^2=0/98$) مشاهده گردید (جدول ۲). معادله مرتبه صفر و تا حدودی معادله پخشیدگی پارابولیک با حداقل میزان برازش همراه بودند که در نتایج بیان نشدند. Hahsemi و Najafi (2024) در بررسی سینتیک آزادسازی پتاسیم از رس ورمی کولیت تحت اثر دو عصاره‌گیر متفاوت به این نتیجه رسید که بهترین ضرایب تبیین توسط معادله‌های الوویج و تابع توانی قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۲. ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد مدل‌های سینتیکی استفاده شده در سرعت آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی

مرتبه یک		تابع توانی		الووچ		تیمار	خاک رسی
SE	R ²	SE	R ²	SE	R ²		
۱۹/۹	۰/۹۶	۱۱/۶	۰/۹۱	۲۲/۸	۰/۹۳	سرکه چوب	سپیولیت
۲۵/۸	۰/۹۶	۱۷/۱	۰/۸۵	۱۴/۵	۰/۹۱	اسید کلریدریک	
۱۹/۳	۰/۹۵	۱۲/۱	۰/۹۱	۹/۶	۰/۹۵	اسید سیتریک	
۲۶۷/۶	۰/۸۵	۴۷/۸	۰/۹۶	۹۱/۲	۰/۹۵	سرکه چوب	ورمی کولیت
۴۲۴/۴	۰/۷۸	۱۸۷/۱	۰/۹	۱۰۶/۸	۰/۹۸	اسید کلریدریک	
۵۸۹/۴	۰/۷۸	۳۲۲/۷	۰/۸۵	۱۵۲/۲	۰/۹۷	اسید سیتریک	

ثابت‌های معادلات سینتیکی استفاده شده در سرعت آزادسازی پتاسیم در جدول ۳ نشان داده شده است که در آن شیب معادله (b) نشان دهنده سرعت آزادسازی پتاسیم بین لایه‌ای و عرض از مبدأ (a) بیانگر میزان اولیه آزادسازی پتاسیم می‌باشد. لذا بالاترین شیب مربوط به عصاره‌گیر اسیدسیتریک در رس ورمی کولیت (۴۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در ساعت) در معادله الووچ و بیشترین میزان آزادسازی اولیه نیز مربوط به همین عصاره‌گیر ولی در معادله تابع توانی (۲۳۸/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) است. ضریب b در معادلات تابع توانی و مرتبه یک، کوچکتر از یک است که نشان دهنده کاهش سرعت آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی با زمان می‌باشد. Hahsemi و Najafi (2024) نشان دادند که بالاترین سرعت رهاسازی پتاسیم در معادله الووچ، مربوط به تیمار ورمی کولیت آهک‌دار در عصاره‌گیری کلریدکلسیم (۲۶۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم در ساعت) و کمترین سرعت رهاسازی مربوط به تیمار ورمی کولیت بدون آهک با عصاره‌گیر اسید سیتریک (۶۳/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌باشد.

جدول ۳. ثابت‌های معادلات سینتیکی استفاده شده در سرعت آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی

مرتبه یک		تابع توانی		الووچ		عصاره‌گیر	خاک رسی
a	b	a	b	a	b		
mg kg ⁻¹	mgkg ⁻¹ h ⁻¹	mg kg ⁻¹	mgkg ⁻¹ h ^{-1/2}	mg kg ⁻¹	mgkg ⁻¹ h ⁻¹		
۴/۷	۰/۰۱	۱۸۰/۹	۰/۰۸	۱۷۴/۲	۱۴/۹	سرکه چوب	سپیولیت
۴/۳	۰/۰۱	۱۶۷/۳	۰/۱	۱۶۳/۹	۲۱/۲	اسید کلریدریک	
۴/۳	۰/۰۱	۱۳۹/۴	۰/۱	۱۳۵/۲	۱۹/۲	اسید سیتریک	
۷/۲	۰/۰۲	۱۸۳/۶	۰/۳	۱۵/۶	۱۹۳/۷	سرکه چوب	ورمی کولیت
۷/۷	۰/۰۲	۲۳۱/۶	۰/۴	۱۲/۶	۳۱۹	اسید کلریدریک	
۷/۹	۰/۰۱	۲۳۸/۷	۰/۴	۶۸/۵	۴۲۰	اسید سیتریک	

نتیجه‌گیری

براساس نتایج آزمایش سرکه چوب با توانایی ۴۴ درصد حداکثر میزان استخراج پتاسیم را در بین عصاره‌گیرها در رس ورمی- کولیت به‌همراه داشته است. میزان استخراج پتاسیم در خاک رسی سپیولیت در بین عصاره‌گیرها تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. لذا می‌توان گفت که خاک رسی معدن جیرفت با بالاترین میزان رهاسازی پتاسیم غیرتبادلی توسط سرکه چوب در مقایسه با اسیدکلریدریک و اسید سیتریک توانایی استفاده بعنوان یک منبع کودی را دارا می‌باشد. استفاده توأمان از خاک رسی ورمی کولیت و سرکه چوب در مزارع کشاورزی می‌تواند علاوه بر فراهمی عنصر پتاسیم برای نیاز گیاهان، نقش آفت‌کشی را نیز فراهم کند. و بدین صورت استفاده از کودهای شیمیائی پتاسه را کاهش داده و اثرات زیست محیطی آن را نیز کم نموده و برای سلامت انسانی نیز مفید باشد.

فهرست منابع

- حشمتی، ح.، هاشمی، س. س.، مهدوی، ش. (۱۴۰۲). آزادسازی پتاسیم خاکهای تحت کشت انگور با استفاده از سرکه چوب. هجدهمین کنگره علوم خاک (مدیریت احیاگر و چالش‌های خاک: شوری، آلودگی، گرد و غبار)، ۱۰ تا ۱۲ بهمن ماه، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی. صفحات ۱۴۴-۱۵۰.
- Guo, G., Wang, Q., Huang, Q., Fu, Q., Liu, Y., Wang, J., Zhang, J. (2021). Effect of pyrolysis temperature on the characterisation of dissolved organic matter from pyroligneous acid. *Molecules*, 26(11), 3416.
- Hashemi, S.S. (2025). Effect of wood vinegar on the release of calcium, magnesium, and phosphorus from calcareous soils in different land uses. *Journal of Arid Land*, 17(5), 680–695.
- Hashemi, S.S., Najafi-Ghiri, M. (2024). Kinetic of potassium release from vermiculite mineral to calcium chloride and citric acid solutions (emphasis on clay mineralogy changes). *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 55(6), 782-795.
- Kumari, N., Mohan, C. (2021). Basics of clay minerals and their characteristic properties. *Clay Minerals*, 24, 1-29.
- Li, T., Wang, H., Zhou, Z., Chen, X., Zhou, J. (2015). A nano-scale study of the mechanisms of non-exchangeable potassium release from micas. *Applied Clay Science*, 118, 131–137.
- Norouzi, S., Khademi, H., Shirvani, M. (2012). The kinetics of K release from muscovite and phlogopite with organic acids, *Journal of Soil and Water Research*, 42, 163-173.
- Ramos, M. E., Garcia-Palma, S., Rozalen, M., Johnston, C. T., Huertas, F. J. (2014). Kinetics of montmorillonite dissolution: an experimental study of the effect of oxalate. *Chemical Geology*, 363, 283–292.
- Sanchez, P. A. (2002). Soil fertility and hunger in Africa, *Science*, 295, 2019–2020.
- Srinivasarao, Ch., Swarup, A., Subba Rao, A., Raja Gopal, V. (1999). Kinetics of nonexchangeable K release from a Tropaquept as influenced by long-term cropping, fertilization, and manuring. *Australian Journal of Soil Research*, 33, 317-328.

The effect of Wood vinegar on potassium release from vermiculite and sepiolite clay soils

Azar Khazaei¹, Soheila sadat Hashemi^{2*}

^{1,2} Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Malayer University

*Email: s.hashemi@malayeru.ac.ir

Abstract

The most important source of potassium in soils is aluminosilicates and their weathering products, including vermiculite and its mixed minerals. The aim of the present study is to investigate the release of non-exchangeable potassium from vermiculite and sepiolite clay soils from Iranian mines. Potassium release was performed in 8 consecutive times from 2 to 336 hours in clay soils with a particle size of 100 microns, using three extractants: wood vinegar, hydrochloric acid, and citric acid. Released non-exchangeable potassium was fitted with kinetic equations. The results showed that there was a significant difference in the amount of released non-exchangeable potassium between the two clay soils ($p < 0.01$). There was a significant difference in the amount of potassium released in vermiculite clay among the extractants ($p < 0.01$). The maximum amount of potassium released in vermiculite clay was observed with wood vinegar extractant (2552 mg kg^{-1}). The lowest amount of potassium released by sepiolite clay was reported with citric acid extractant. The highest level of fit was shown by the first-order equation and then by Elovich. In general, the use of vermiculite clay soil from Jiroft mine along with wood vinegar in farms and gardens as a natural source of potash fertilizer can play a significant role in reducing the use of chemical fertilizers and pesticides and contribute to environmental health.

Keywords: Hydrochloric acid, non-exchangeable potassium, Fariman mine