تأثیر افزودن کود آلی در روند سینتیک رهاسازی پتاسیم و بر معادلات سینتیکی تحت تأثیر عصاره‌گیرهای مختلف در خاک‌های ایستگاه تحقیقات گردو تویسرکان

زهرا حیدری [۱]، زهرا کلاه چی [۲]، محبوبه ضرابی[۳]، اکرم فاطمی[۴]
[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بو علی سینا، [۲] عضو هیئت علمی دانشگاه بوعلی سینا، [۳] عضو هیئت علمی دانشگاه ملایر، [۴] عضو هیئت علمی دانشگاه رازی

چکیده:
امروزه استفاده از کودها و بقایای آلی در سیستم‌های کشاورزی یک روش پایدار برای احیاء دوباره عناصر غذایی می‌باشد. بنابراین مدیریت استفاده از منابع طبیعی امری ضروری است. این مطالعه، تأثیر کود مرغی بر سینتیک رهاسازی پتاسیم و معادلات سینتیکی در خاک‌های سطحی و زیرسطحی ایستگاه تحقیقات گردو تویسرکان را با استفاده از عصاره‌گیری متوالی با کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و اسید مالئیک ۰/۰۱ مولار، در مدت زمان ۱۶۸ ساعت مورد بررسی قرار داد. میانگین رهاسازی پتاسیم در تیمار شاهد ۳۵۷/۷ و در تیمار کود مرغی ۸۵۸/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد که به‌طور معناداری توانایی کود آلی و عصاره‌گیر آلی در رهاسازی پتاسیم بیشتر بود. بهترین معادلات توصیف کننده رهاسازی پتاسیم با هر دو عصاره‌گیر در خاک‌ها تابع‌نمایی و الوویچ بودند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت رهاسازی پتاسیم تحت فرایند پخشیدگی کنترل می‌شود.
کلمات کلیدی: ایستگاه تحقیقات گردو تویسرکان ، سینتیک رهاسازی پتاسیم، کود آلی.

مقدمه:

ایران با تولید ۱۴/۷٪ در مقام دوم تولید گردو در جهان جای دارد و شهرستان تویسرکان با تولید حدود ۱۴هزارتن، قطب تولید گردو در کشور می‌باشد. پتاسیم یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاه بوده و از نظر فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از مهم ترین کاتیون‌ها در گیاهان به‌شمار می‌آید. تغذیه مناسب بـا پتاسـیم باعث افزایش کمیت و کیفیت آن می‌شود (ضرابی و جلالی، ۱۳۸۸).

با وجود فراوانی پتاسیم در خاک، بر اساس خواص فیزیکوشیمیایی خاک‌ها محتوای آن از جایی به جای دیگر متفاوت است (Lalitha & Dhakshinamoorthy, 2014). در طول فصل رشد گیاه، پتاسیم به شکل محلول از خاک سطحی و زیرسطحی جذب می‌شود و با تخلیه پتاسیم محلول خاک، شکل‌های تبادلی و غیرتبادلی جایگزین آن می‌شوند (نجفی قیری، ۱۳۹۵). در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک قابلیت دسترسی پتاسیم و میزان متفاوت رهاسازی آن، یک مشکل بسیار جدی به‌شمار می‌رود (Jalali & varasteh Khanlari, 2014). به‌طور کلی ظرفیت رهاسازی پتاسیم از خاک‌ها به عواملی مانند: نوع و مقدار رس، محتوای کربنات کلسیم و کربن آلی، عمق خاک بستگی دارد. یکی دیگر از عوامل مهم مدیریتی که می‌تواند بر توزیع پتاسیم اثر گذارد فعالیت‌های انسان مانند: کشت و کوددهی و همچنین مواد اصلاح کننده خاک می‌باشد (NajafiGhiri & et al, 2011).

عصاره‌گیرهای مختلفی در مطالعات رهاسازی پتاسیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. در خاک‌های آهکی کلسیم یک کاتیون بسیار معمول برای جایگزینی پتاسیم بین لایه‌ای می‌باشد (Jalali & Rowell, 2003). همچنین طیف گسترده‌ای از اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم ازجمله: اسیدهای اگزالیک، سیتریک، مالونیک، مالئیک، استیک، مالیک، فرمیک، سوکسینیک، لاکتیک و فوماریک که از طریق تشکیل کمپلکس‌های آلی _ فلزی موجب آسان شدن هوادیدگی کانی‌ها و سنگ‌ها می‌شوند، درخاک‌ها شناسایی شده‌اند (Fox & Comerford, 1990).

استفاده از معادلات سنتیک رهاسازی پتاسیم در خاک می‌تواند به درک بهتر دسترسی پتاسیم برای گیاهان کمک کند. گاهی چندین معادله به‌طور کم و بیش یکسان قادر به توصیف داده‌های سینتیکی هستند. معادله‌ای که دارای ضریب تبیین بزرگتر و خطای استاندارد کمتری باشد به‌عنوان بهترین معادله در نظر گرفته می‌شود. تولید فشرده محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند موجب تخلیه پتاسیم شود (Jalali & varasteh Khanlari, 2014).

با افزایش شدت برداشت، ارقام پربازده و استفاده بیشتر از کودهای نیتروژن و فسفر، نیاز به کاربرد کود پتاسیمی درحال افزایش است (Rupa &et al, 2003). اسیدهای آلی حاصل از تجزیه مواد آلی، می‌توانند با عناصر کمپلکس تشکیل داده و با آزاد کردن پروتون، باعث تسهیل در هوادیدگی و رهاسازی عناصر کانی‌ها گردد (Lindroos & et al, 2003). محتوا و مقدار رهاسازی پتاسیم در مواد آلی معمولا بیشتر از رهاسازی نیتروژن و فسفر می‌باشد و می‌تواند موجب تجمع آن در خاک، افزایش پتاسیل آبشویی آن به آب‌های زیرزمینی و یا جذب توسط گیاهان گردد (Jalali, 2011). استفاده از مواد آلی به عنوان اصلاح‌کننده خاک، استراتژی مدیریتی مهمی است که می‌تواند به بهبود و بالا بردن ویژگی‌های کیفی خاک و تغییر چرخه مواد مغذی خاک بیانجامد (Oliveira & et al., 2015). استفاده از مواد آلی مشتق شده از دام یا گیاهان در سراسر جهان باعث بهبود حاصلخیزی خاک شده و پتانسیل بهره‌وری از خاک‌های فقیر از مواد مغذی را بالا می‌برد (Tejada & Benítez, 2014). کاربرد گسترده کودهای شیمیایی در ایران سبب مشکلات جدی زیست محیطی شده است. کود مرغی یکی از منابع کودهای آلی محسوب می‌شود. با افزایش صنعت مرغداری در استان همدان مقادیر زیادی از ضایعات مرغداری تولید می‌شود که در جهت افزایش حاصلخیزی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند. هدف از این مطالعه بررسی اثرات افزودن مواد آلی بر روی سینتیک رهاسازی پتاسیم و مدل‌های سینتیکی در خاک مورد مطالعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در ابتدا نمونه‌های مرکب به‌طور تصادفی از خاک سطحی و زیرسطحی (۳۰-۰ و ۶۰- ۳۰ سانتی‌متری) ایستگاه تحقیقات گردو تویسرکان تهیه گردید. نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و به آزمایشگاه منتقل شدند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها شامل بافت خاک به روش هیدرومتری، پی‌اچ و هدایت الکتریکی در عصاره ۱:۵، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات آمونیوم یک نرمال، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون با هیدروکسید سدیم و درصد ماده آلی خاک نیز به روش والکی و بلاک اندازه‌گیری شدند. کانی‌شناسی نیز با استفاده از پراش پرتو ایکس صورت گرفت. کود مرغی نیز پس از هوا خشک شدن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس به هر یک از نمونه‌های خاک سه درصد کود مرغی اضافه شد و به خوبی مخلوط گردید. تیمار شاهد نیز بدون اضافه کردن کود آماده شد. پس از اتمام دوره انکوباسیون (یک ماه) نمونه‌ها هوا خشک شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و جهت انجام آزمایش‌های رهاسازی آماده گردیدند. به منظور بررسی روند رهاسازی پتاسیم نسبت ۱ به ۲۰ خاک به عصاره‌گیرهای ۰/۰۱ مولار کلرید کلسیم و ۰/۰۱ مولار اسید مالئیک تهیه شد و در فاصله‌های زمانی ۱۶۸، ۹۶، ۴۸، ۲۴،۳، ۰/۵ ساعت عصاره‌گیری گردید. در پایان با استفاده از نرم افزار اکسل رهاسازی پتاسیم نسبت به زمان با معادلات سینتیکی شامل: مرتبه اول، الوویچ ساده شده، پخشیدگی پارابولیک و تابع نمایی برازش داده شد که به شرح زیر می‌باشند.

(۱)مرتبه اول $Ln\,(K_0 - K_t) = a - bt$

(۲) الوویچ ساده شده $K_t = a + b\ln t$

(۳) پخشیدگی پارابولیک $K_t = a + bt^{1/2}$

(۴) تابع نمایی $\ln K_t = \ln a + b\ln t$

درهمه معادلات ، K_t :مقدار پتاسیم تجمعی رها شده در زمان t (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)، K_0: بیشترین مقدار پتاسیم رهاشده در زمان t (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)، t: زمان (برحسب ساعت یا دقیقه) و a و سb: ضرایب سرعت معادله‌های سینتیکی می‌باشند. جهت بررسی معادله‌های سینتیکی از ضریب تعیین (R^2) و خطای استاندارد (SE) استفاده می‌شود.خطای استاندارد (SE) با استفاده از رابطه (۵) محاسبه شد: در این معادله k_t و k^* به ترتیب نشان دهنده مقدارپتاسیم اندازه گیری و محاسبه شده به وسیله معادله در زمان t و n تعداد دفعات عصاره‌گیری (n=۶) می‌باشد.

$$SE = \left[\sum \left(k_t - k^*\right)^2 / n-2\right]^{0.5} \quad (۵)$$

بحث و نتایج

برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در جدول (۱) ارائه شده است (شهرام، ۱۳۹۳). نتایج کانی شناسی نشان داد که ترتیب فراوانی کانی‌های پتاسیمی در خاک سطحی: کوارتز > بیوتیت >ایلیت > آلبیت > کلریت > اورتوکلاز و درخاک زیرسطحی: کوارتز > مسکویت > بیوتیت > اورتوکلاز > آلبیت > کلریت > کائولینیت می‌باشد.

جدول(۱) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک های مورد مطالعه

خصوصیات خاک	پی اچ	قابلیت هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	کربنات کلسیم معادل ($g\ kg^{-1}$)	موادآلی ($g\ kg^{-1}$)	ظرفیت تبادل کاتیونی ($cmol_c\ kg^{-1}$)	رس ($g\ kg^{-1}$)	سیلت ($g\ kg^{-1}$)	شن ($g\ kg^{-1}$)
سطحی	۸/۱۴	۰/۱۲۸	۱۸۳/۲	۱۳	۲۴/۹	۳۰۰	۵۰۰	۲۰۰
زیرسطحی	۸/۲۰	۰/۱۲۶	۲۴۸	۳	۲۳/۸	۳۹۹	۴۳۸	۱۶۳

– روند رهاسازی پتاسیم توسط عصاره گیر کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و اسید مالئیک ۰/۰۱ مولار در تیمار شاهد و تیمار کود مرغی:

در جدول (۲) و شکل (۱) مقدار تجمعی یا کل پتاسیم رهاشده توسط دو عصاره‌گیر درخاک‌های تیمار شاهد و تیمار کود مرغی نشان داده شده است. دامنه تغییرات پتاسیم رهاشده بعد از ۱۶۸ ساعت در خاک‌ها از ۲۴۵/۶ تا ۱۲۱۲/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. کمترین رهاسازی مربوط به خاک زیرسطحی تیمار شاهد با عصاره‌گیر کلرید کلسیم و بیشترین مربوط به خاک سطحی تیمار کود مرغی با عصاره‌گیر آلی می‌باشد. تفاوت در میزان تخلیه پتاسیم در خاک‌ها را می‌توان به دلیل تفاوت در نوع و مقدار کانی‌ها و میزان ماده آلی آن‌ها نسبت داد (بحرینی طوحان و همکاران، ۱۳۸۹).

نتایج مقایسات آماری میانگین (جدول۲) نشان می‌دهد که بین مقدار پتاسیم تجمعی رهاسازی شده در هر دو تیمار و هر دو عصاره‌گیر در خاک‌های سطحی و زیرسطحی تفاوت معناداری وجود دارد. همچنین میانگین رهاسازی پتاسیم بااستفاده از عصاره‌گیر اسید مالئیک و کلریدکلسیم به ترتیب ۷۰۲/۳ و ۵۱۳/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که به طور معناداری رهاسازی با عصاره‌گیر آلی (اسیدمالئیک) بیشتر از کلرید کلسیم است (جدول ۲) می‌باشد. درصد مواد آلی بیشتر و همچنین غالب بودن کانی تری اکتاهدرال (بیوتیت) در خاک سطحی که با سرعت بیشتری پتاسیم را در مقایسه با کانی غالب دی‌اکتاهدرال (مسکویت) موجود درخاک زیرسطحی آزاد می‌کند، می‌تواند دلیل رهاسازی بیشتر پتاسیم باشد (Mortland,1958). بسیاری از محققان نیز گزارش نمودند که خاک‌های سطحی نسبت به خاک‌های زیرسطحی درصد بالایی از کل پتاسیم جذب شده توسط گیاهان را تأمین می‌نمایند (Kuhlmann, 1990). همچنین نتایج نشان از قدرت بالاتر کود آلی و عصاره‌گیر آلی برای رهاسازی و فراهمی پتاسیم خاک دارد. تیمار کردن نمونه‌ها با کود مرغی به طور قابل توجهی میزان رهاسازی پتاسیم را از نمونه ها افزایش داد (میانگین رهاسازی پتاسیم درتیمار شاهد ۳۵۷/۷ ، تیمار کود مرغی ۸۵۸/۵ میلی‌گرم برکیلوگرم).

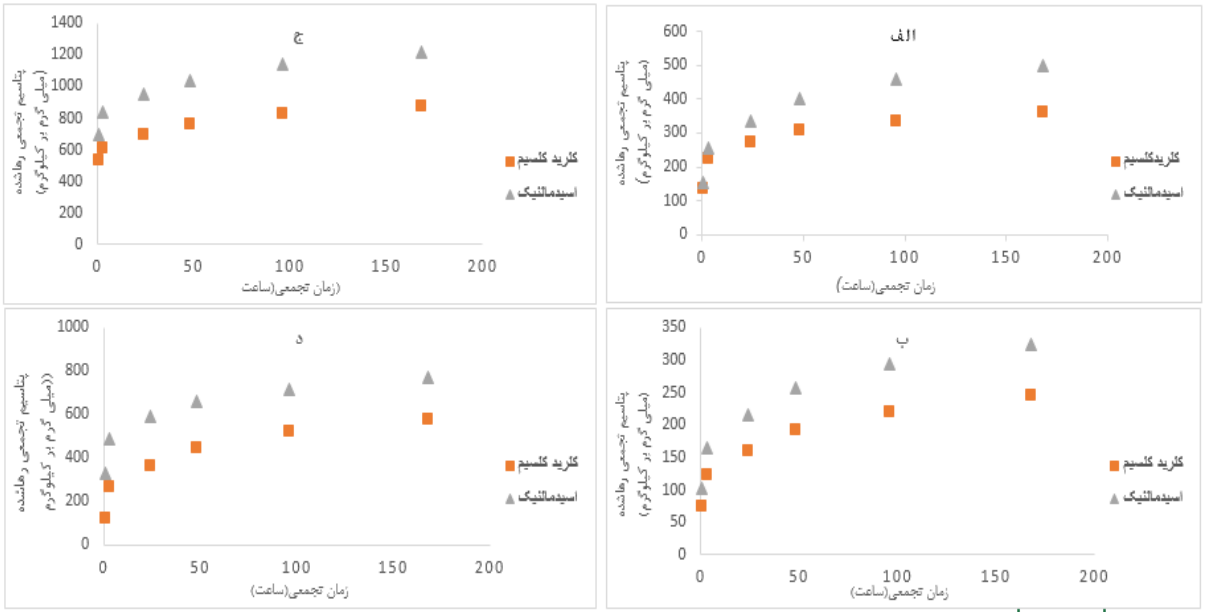
عصاره گیر آلی و ماده آلی با وجود اسیدهای آلی می‌توانند با تشکیل کمپلکس با عناصر موجب هوادیدگی بیشتر کانی‌ها و رهاسازی بیشتر عناصر گردند (Lindroos & et al, 2003). جلالی (۲۰۱۱) نیز در خاک‌های مورد مطالعه خود مقدار رهاسازی پتاسیم بیشتری را در استفاده از کود آلی گزارش کرد و بیان نمود که معمولا مقدار و محتوای رهاسازی پتاسیم از بقایای آلی بیشتر از نیتروژن و فسفر است و همچنین بقایای آلی به بخشی از مواد آلی خاک تبدیل شده که موجب رهاسازی آهسته مواد غذایی به خاک و بهبود ساختمان خاک می‌گردد. به‌طور کلی کاربرد پسماندهای آلی باعث افزایش غلظت بسیاری از عناصر در خاک می‌شود و همراه با تجزیه مواد آلی، سبب انحلال و تحرک عناصر غذایی به شکل قابل دسترس گیاه می‌گردد (McBride, 1995).

همچنین در مطالعه کینگری و همکاران (۱۹۹۴) در خاک‌هایی که در آن‌ها از کود مرغی استفاده شده بود، مقدار بالایی از پتاسیم مشاهده شد. بیشتر مطالعات انجام گرفته، نشان داده‌اند که میزان رهاسازی عصاره‌گیر آلی بالاتر از کلرید کلسیم بوده است (Pohlman & Mc Coll, 1986; Najafi Ghiri & et al., 2013; Jalali & Zarabi, 2006).

جدول (۲) مقدار تجمعی پتاسیم رهاشده (میلی گرم بر کیلوگرم) در تیمار شاهد و تیمار کود مرغی توسط دو عصاره گیر

عصاره گیر	کلریدکلسیم ۰/۰۱مولار		مالئیک اسید ۰/۰۱ مولار	
خاک	سطحی	زیرسطحی	سطحی	زیرسطحی
تیمار شاهد	۳۶۰/۵^{f}	۲۴۵/۶^{h}	۵۰۰/۵^{e}	۳۲۴/۱^{g}
تیمارکودمرغی	۸۷۴/۰^{b}	۵۷۵/۳^{d}	۱۲۱۲/۸^{a}	۷۷۱/۹^{c}
	۵۱۳/۸B		۷۰۲/۳A	

* حروف بزرگ مقایسه میانگین بین عصاره‌گیرها درخاک‌ها و حروف کوچک مقایسه میانگین بین خاک‌ها در عصاره‌گیرها و عمق‌های مختلف (**آزمون دانکن در سطح ۵ درصد**)



شکل (۱) نمودار سینتیک رهاسازی تجمعی پتاسیم درتیمار شاهد سطحی (الف) و زیر سطحی(ب) و تیمار کودمرغی سطحی (ج) و زیر سطحی (د) با دو عصاره گیر

با توجه به شکل (۱) تقریباً در تمام خاک‌ها سرعت رهاسازی پتاسیم تا ۳ ساعت پس از شروع آزمایش یعنی تا مرحله دوم عصاره‌گیری تقریبا سریع بوده و بعد از این مدت، رهاسازی پتاسیم به تدریج کاهش یافته و با سرعت کمتری ادامه می‌یابد. سرعت بالا در مراحل اولیه مربوط به بخش آسان در دسترس و رهاسازی پتاسیم از مناطق لبه ای و کاهش در مرحله دوم به دلیل با بالا رفتن انرژی جذب پتاسیم در بین لایه‌ها و افزایش فاصله پتاسیم از لبه‌های‌کانی و افزایش فاصله پخشیدگی می‌باشد. این الگوی رهاسازی در بسیاری از مطالعات رهاسازی دیده شده است (Jalali, 2011).

- معادلات سینتیکی:

بالاترین مقادیر ضریب تبیین و کمترین ضریب خطا مربوط به معادلات تابع نمایی و الوویچ دارای هستند در نتیجه این معادلات می‌توانند به‌طور رضایت‌بخشی روند رهاسازی پتاسیم را توجیه کنند. بنابراین می‌توان گفت رهاسازی پتاسیم تحت فرایند پخشیدگی کنترل می‌شود.

جدول (۳). ثابت های معادلات سینتیکی، اشتباه استاندارد برآورد،و ضرایب تعیین معادلات مورد استفاده در بررسی رهاسازی پتاسیم در خاک‌ها با عصاره‌گیرها (خاک شاهد سطحی ۱، شاهد زیرسطحی ۲، تیمارشده سطحی ۳ و تیمارشده زیرسطحی ۴)

	مرتبه اول				پخشیدگی یا رابولیک				الوویچ				تابع نمایی			
	b $mg.kg^{-1}.h^{-1}$	a $mg.kg^{-1}$	SE	R^2	b $mg.kg^{-1}.h^{-0.5}$	a $mg.kg^{-1}$	SE	R^2	b $mg.kg^{-1}.h^{-1}$	a $mg.kg^{-1}$	SE	R^2	b $mg.kg^{-1}.h^{-1}$	a $mg.kg^{-1}$	SE	R^2
عصاره‌گیری با کلرید کلسیم ۰/۰۱مولار																
۱	-۰/۰۳	۵/۳۳	۳۹/۵	۰/۹۵۷	۰/۰۳	۰/۳۷	۳۱/۶	۰/۸۷۹	۰/۱۵	۶۸/۶	۱۰/۷	۰/۹۸۶	۰/۱۵	۱۶۶/۶	۱۵/۱	۰/۹۶۳
۲	-۰/۰۳	۵/۲	۴۴/۷	۰/۹۴۶	۰/۰۵	۰/۳۶	۱۶/۰	۰/۹۳۷	۰/۱۹	۸۹/۸	۱۳/۰	۰/۹۷	۰/۱۹	۹۰/۶	۷/۳	۰/۹۸۵
۳	-۰/۰۳	۶/۰۱۵	۶۳/۷	۰/۹۳۷	۰/۰۳	۰/۶۳	۲۷/۳	۰/۹۶۳	۰/۰۳	۵۷/۰۳	۲۶/۹	۰/۹۶۵	۰/۰۸	۵۵۷/۶	۱۸/۶	۰/۹۸۳
۴	-۰/۰۳	۶/۲۳	۸۵/۶	۰/۹۳۹	۰/۰۵	۰/۲۹	۵۰/۹	۰/۹۲۶	۰/۲۵	۷۳/۶۲	۲۶/۶	۰/۹۷۹	۰/۲۵	۱۶۵/۹	۲۹/۶	۰/۹۶۳
عصاره‌گیری شده با مالئیک اسید ۰/۰۱مولار																
	b	a	SE	R^2	b	a	SE	R^2	b	a	SE	R^2	b	a	SE	R^2
۱	-۰/۰۳	۵/۹۵	۵۷/۳	۰/۹۴۷	۰/۰۵	۰/۳۷	۳۷/۵	۰/۹۳۳	۰/۱۹	۱۸۵/۶	۴۰/۳	۰/۹۸	۰/۱۹	۱۸۶/۴	۱۳/۸	۰/۹۸۳
۲	-۰/۰۳	۵/۳۸	۳۳/۵	۰/۹۴۸	۰/۰۵	۰/۳۷	۲۱/۳	۰/۹۴	۰/۱۸	۱۳۱/۶۳	۱۵/۶	۰/۹۷۳	۰/۱۸	۱۴۳/۸	۸/۷	۰/۹۸۷
۳	-۰/۰۳	۶/۳۵	۱۴۳/۷	۰/۹۰۳	۰/۰۳	۰/۶۱	۴۸/۳	۰/۹۵۴	۰/۰۹	۸۳/۷۵	۳۹/۱	۰/۹۶۶	۰/۰۹	۷۳۳/۱	۲۸/۸	۰/۹۸۳
۴	-۰/۰۳	۶/۱۳	۷۳/۶	۰/۹۳۵	۰/۰۳	۰/۵۰	۶۱/۰	۰/۸۸۸	۰/۱۳	۳۸۵/۱	۱۸/۵	۰/۹۸۹	۰/۱۳	۳۸۳/۷	۲۵/۰	۰/۹۷۵

شیب معادله الوویچ (b) بیانگر سرعت رهاسازی پتاسیم بین‌لایه‌ای بوده که در خاک سطحی تیمار کود مرغی و عصاره‌گیری شده با اسید مالئیک بیشترین مقدار (۸۴/۷) و کمترین آن در خاک زیرسطحی تیمار شاهد و عصاره‌گیری شده با کلرید کلسیم (۲۷/۸) مشاهده شد. این اختلاف می‌تواند به دلیل تفاوت در میزان مواد آلی و مقدار و نوع کانی‌های خاک باشد (شاکری و همکاران، ۱۳۹۴). تفاوت در مقدار b در این معادله نشان‌دهنده توانایی متفاوت خاک‌ها در فراهمی پتاسیم بود. سرعت اولیه رهاسازی پتاسیم (a) نیز در معادلات در تیمار آلی و عصاره‌گیر آلی افزایش یافت. ثابت سرعت رهاسازی (b) در معادله تابع توانی در هر دو عصاره‌گیر کمتر از یک بود که نشان‌دهنده کاهش شدت رهاسازی پتاسیم با گذشت زمان بود. علت افزایش مقدار a نیز در معادلات می‌تواند به‌دلیل نوع و مقدار کانی‌ها و مواد آلی باشد. فرشادی‌راد و همکاران (۱۳۹۲)، جلالی و ضرابی(۲۰۰۶)، معادله تابع نمایی و جلالی (۲۰۱۱) معادله الوویچ را به‌عنوان بهترین معادله در خاک‌های مورد مطالعه خود ذکر کردند.

نتیجه‌گیری:

نتایج نشان‌داد، افزودن کودمرغی به‌طور معناداری باعث افزایش رهاسازی پتاسیم خصوصا در خاک‌های سطحی و عصاره گیری شده با اسید آلی گردید. میزان پتاسیم آزاد شده با استفاده از اسید مالئیک نیز تفاوت معناداری با کلرید کلسیم داشت. همچنین میزان موادآلی، نوع و مقدار کانی‌ها از عوامل موثر بر سرعت رهاسازی پتاسیم و پارامترهای معادلات سینتیکی بودند. بهترین معادلات توجیه کننده سرعت رهاسازی پتاسیم در خاک‌ها تابع نمایی و الوویچ بوده، بنابراین می‌توان گفت رهاسازی پتاسیم متأثر از پدیده پخشیدگی می‌باشد. براساس نتایج به‌دست آمده، کاربرد کود مرغی می‌تواند به‌علت افزایش میزان رهاسازی پتاسیم حتی در کوتاه مدت و مقرون به صرفه بودن به‌عنوان یک استراتژی مدیریتی جهت بهره‌وری مطلوب از خاک‌ها توصیه گردد.

منابع:

بحرینی طوحان، م.، دردی‌پور، ا. وموحدی نائینی، س. ۱۳۸۹. سرعت رهاسازی پتاسیم غیر تبادلی با استفاده از اسید سیتریک و کلرید کلسیم رقیق در خاکهای زراعی سریهای غالب استان گلستان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال چهاردهم، شماره ،۵۳. صفحه ۱۱۳ تا ۱۲۶.

شاکری، س.، ابطحی، س.، کریمیان، ن.، باقرنژاد، م. و اولیایی، ح. ۱۳۹۴. سینتیک آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی در افق‌های سطحی و زیرسطحی سری‌های غالب خاک‌های کهگیلویه و بویراحمد. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، سال نوزدهم، شماره ۷۳، صفحه ۳۰۱ تا ۳۱۸.

شهرام, پ.۱۳۹۳. جزءبندی شیمیایی و سینتیک رهاسازی فسفر در خاک‌های مناطق گردوکاری شهرستان تویسرکان. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا.

ضرابی، م. و جلالی، م. ۱۳۸۸. مقایسه چند عصاره‌گیر برای استخراج پتاسیم قابل جذب گندم در برخی از خاک‌های استان همدان. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، جلد ۴۰، شماره ی ۲، صفحه ۱۴۹ تا ۱۵۵.

فرشادی‌راد، ا.، خرمالی، ف. و .دردی‌پورا. ۱۳۹۲. سرعت رهاسازی پتاسیم غیرتبادلی با استفاده از کلرید کلسیم در خاک‌ها و اجزای آن. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار. جلد ۱۳،شماره ی ۵۰، صفحه ۱۰۵ تا ۱۱۷.

نجفی قیری، م. ۱۳۹۵. تغییرات شکل‌های مختلف پتاسیم خاک در مراحل مختلف رشد گندم. علوم آب و خاک، جلد ۳۰، شماره ۱، صفحه ۳۹تا ۴۷ .

Fox, T., and Comerford, N. 1990. Low-molecular-weight organic acids in selected forest soils of the southeastern USA. Soil Science Society of America Journal, 54(4), 1139-1144 .

Jalali, M ., and Zarabi. M. 2006. Kinetics of non-exchangeable potassium release and plant response in some calcareous soils. J. Plant Nutr. Soil Sci. 169: 196-204.

Jalali, M. 2011. Comparison of potassium release of organic residues in five calcareous soils of western Iran in laboratory incubation test. Arid Land Research and Management, 25(2), 101-115 .

Jalali, M., and Rowell, D. 2003. The role of calcite and gypsum in the leaching of potassium in a sandy soil. Experimental agriculture, 39(04), 379-394 .

Jalali, M., and Varasteh Khanlari ,Z. 2014. Kinetics of potassium release from calcareous soils under different land use. Arid Land Research and Management, 28(1), 1-13 .

Kingery, W., Wood, C., Delaney, D., Williams, J., and Mullins, G. 1994. Impact of long-term land application of broiler litter on environmentally related soil properties. Journal of Environmental Quality, 23(1), 139-147.

Kuhlmann, H. 1990. Importance of the subsoil for the K nutrition of crops. Plant and Soil, 127(1), 129-136 .

Lalitha, M., and Dhakshinamoorthy, M. 2014. Forms of soil potassium-A review. Agricultural Reviews, 35(1).64-68.

Lindroos, A.-J., Brügger, T., Derome, J., & Derome, K. 2003. The weathering of mineral soil by natural soil solutions. Water, Air, & Soil Pollution, 149(1), 269-279 .

McBride, M. B. 1995. Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: are USEPA regulations protective? Journal of Environmental Quality, 24(1), 5-18 .

Mortland, M. 1958. Kinetics of potassium release from biotite. Soil Science Society of America Journal, 22(6), 503-508 .

Najafi Ghiri, M. N., Abtahi, A., Owliaie, H., Hashemi, S. S., and Koohkan, H. 2011. Factors affecting potassium pools distribution in calcareous soils of southern Iran. Arid Land Research and Management, 25(4), 313-327 .

Najafi-Ghiri, M., & Jaberi, H. R. 2013. Effect of soil minerals on potassium release from soil fractions by different extractants. Arid Land Research and Management, 27(2), 111-127 .

Oliveira, S. P., Lacerda, N. B., Blum, S. C., Escobar, M. E. O., and Oliveira, T. S. 2015. Organic carbon and nitrogen stocks in soils of northeastern Brazil converted to irrigated agriculture. Land Degradation & Development, 26(1), 9-21 .

Pohlman, A. A., & Mc Coll, J. G. 1986. Kinetics of metal dissolution from forest soils by soluble organic acids. Journal of Environmental Quality, 15(1), 86-92 .

Rupa, T., Srivastava, S., Swarup, A., Sahoo, D., and Tembhare, B. 2003. The availability of potassium in Aeric Haplaquept and Typic Haplustert as affected by long-term cropping, fertilization and manuring. Nutrient cycling in Agroecosystems, 65(1), 1-11 .

Tejada, M., and Benítez, C. 2014. Effects of crushed maize straw residues on soil biological properties and soil restoration. Land Degradation & Development, 25(5), 501-509 .

The Effect of Adding Organic Fertilizer on Potassium Release Kinetic and Kinetic Equations under the Influence of Different Extractions in Tuyserkan Walnut Research Station Soils.

Z. Heidari[1], Z. Kolahchi[2], M. Zarabi[3] and A. Fatemi[4]
[1]M.Sc. Student, Dept. of Soil Science, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University, [2]Academic Member, Bu-Ali Sina University ,[3]Academic Member, malayer University , [4]Academic Member, Razi University

Abstract: Nowadays, the use of fertilizers and organic residues in agricultural systems is a sustainable method for revitalized nutrients. Therefore, management of natural resources is essential. The present study effects of poultry manure on potassium (K) release and kinetic equations in surface and subsurface soils of tuyserkan walnut research station by using successive extraction with 0.01 M $CaCl_2$ and 0.01 M maleic acid in the time 168 hours was investigated. The average potassium release in control soils 357/7 mg kg^{-1} and amended soils 858/5 mg kg^{-1} was obtained, that significantly increased the ability of organic fertilizer and organic extractor to K release. The best describing equations for the release of potassium with two extractions in soils were the power function and elovich, so it can be concluded that potassium release is controlled by the diffusion process.

Keywords: Organic fertilizer, Potassium release kinetic, Tuyserkan walnut research station