



چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

سینتیک رهاسازی پتاسیم از خاک‌های باغ انگور شهرستان ملایر

مریم کریمی^۱، محبوبه ضرابی^۲، زهرا وارسته خانلری^۲، زهرا کلاه چی^۲، زینب نادری^۱
۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه ملایر، ۲-استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه ملایر، ۳-مربی گروه خاکشناسی، دانشگاه ملایر

چکیده

سرعت رهاسازی پتاسیم، در فراهمی پتاسیم خاک‌ها اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد. یکی از عناصر غذایی ضروری برای انگور پتاسیم می‌باشد، هدف از این مطالعه، بررسی سرعت رهاسازی پتاسیم در خاک باغات انگور و مقایسه معادلات عمده سینتیک و انتخاب بهترین معادله جهت توصیف مکانیسم رهاسازی پتاسیم از خاک‌ها بود. بدین منظور مطالعات آزمایشگاهی بر روی تأثیر کلریدکلسیم و اسید مالیک با غلظت ۰/۱ مولار از نمونه خاک‌ها در مدت زمان ۲۵/۰ تا ۷۲ ساعت صورت گرفت. میانگین پتاسیم رهاسازی شده در مدت زمان مورد مطالعه با اسیدمالیک بیش‌تر از کلسیم کلرید بود. رهاسازی در تمام خاک‌ها در مراحل اولیه سریع بوده و در مراحل بعدی با سرعت کمتر تا انتهای آزمایش ادامه داشت. سرعت رهاسازی تجمعی پتاسیم با استفاده از معادلات بررسی شد. بر اساس ضریب تشخیص (R²) بهترین مدل‌ها شناخته شدند. به علت تأیید داده‌ها با معادلات پخشیدگی پارابولیک، مرتبه اول و توانی این امکان وجود دارد که فرآیند رهاسازی در خاک‌ها متأثر از پدیده پخشیدگی باشد.

واژه‌های کلیدی: سینتیک رهاسازی، پتاسیم، باغ انگور، ملایر.

مقدمه

انگور از نظر تولید مهمترین میوه‌ی دنیا و ایران است (خوشخوی، ۱۳۸۱). امروزه سطح وسیعی از باغ‌های دنیا به کشت انگور اختصاص دارند. در ایران نیز انگور یکی از محصولات مهم باغی است که جایگاهی ویژه در تغذیه و سلامت افراد جامعه دارد (بزدانی و شهبازی، ۱۳۸۶). یکی از مهمترین مناطق ماکاری در ایران، شهرستان ملایر از توابع استان همدان است که رتبه دوم تولید انگور در کشور را دارد. اطلاع از وضعیت عناصر غذایی در باغات انگور این منطقه جهت تولید محصول با کیفیت و کمیت بالا ضروری به نظر می‌رسد.

مقدار جذب پتاسیم توسط گیاهان از جذب هر عنصر مغذی دیگری به غیر از ازت بیشتر بوده و در بعضی از گیاهان حتی از جذب ازت نیز بیش‌تر می‌باشد (ملکوئی و همکاران، ۱۳۸۴). انگور از جمله گیاهانی است که نیاز بالایی به پتاسیم دارد. پتاسیم در خاک به فرم‌های محلول، تبادل، غیر تبادل و ساختمانی موجود است (Sparks, ۱۹۹۸). بین اشکال مختلف پتاسیم رابطه تعادلی دینامیکی برقرار است. این تبدیلات بر قابلیت دسترسی پتاسیم تأثیر گذار می‌باشد لذا مطالعه فرایندهای وابسته به زمان که تغییرات این اشکال را بررسی می‌کند، ضروری به نظر می‌رسد. با برداشت مداوم پتاسیم از محلول خاک و کاهش پتاسیم تبادل به سطح بحرانی، پتاسیم موجود در منابع غیر تبادل آزاد شده و مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد. بنابراین برای رشد حداکثری گیاهان پتاسیم محلول و تبادل نیاز به تأمین مداوم از طریق هوادیدگی پتاسیم کانی‌ها و یا افزودن کود پتاسه دارند (Sparks and Huang, ۱۹۸۵). از آنجا که آبشویی پتاسیم با سهولت بیشتری نسبت به فسفر انجام می‌گردد؛ بخش چشمگیری از این عنصر از خاک‌هایی که تحت آبشویی زیاد بوده‌اند، شسته شده و از نیم‌رخ خاک خارج گردیده است.

مطالعه سرعت آزادسازی پتاسیم کمک زیادی به درک صحیح وضعیت پتاسیم در خاک خواهد کرد. سرعت رهاسازی از جنبه‌ی حاصلخیزی خاک، تغذیه گیاه و نیز سرنوشت کود پتاسیم مصرف شده و توصیه کودی اهمیت بسیار دارد (Sadusky & et al., ۱۹۸۷). در این مطالعه هدف بررسی سرعت رهاسازی عنصر از خاک باغات انگور با گذشت زمان جهت بدست آوردن اطلاعاتی در مورد سرعت احتمالی رهاسازی و مکانیزیم واکنش می‌باشد. Jalali (۲۰۰۷) رهاسازی پتاسیم را با استفاده از عصاره گیر کلرید کلسیم ۰/۱ مولار در خاک همدان مورد بررسی قرار داد و اظهار داشت معادله پارابولیک می‌تواند برای تخمین میزان کاربرد و فراهمی مقدار پتاسیم مورد نیاز برای گیاه مورد استفاده قرار گیرد. وی سرعت رهاسازی پتاسیم در ۴۰ خاک مورد بررسی را ۵۱/۶ تا ۰۵/۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بر مجذور دقیقه بدست آورد.

(Jalali & et al (۲۰۱۴). با مطالعه سینتیک رهاسازی پتاسیم از ۶۲ خاک آهکی تحت کاربری‌های مختلف با عصاره گیر کلسیم کلرید ۰/۱ مولار به این نتیجه رسیدند که چگونگی و روند رهاسازی پتاسیم در کاربری‌های مختلف مشابه بود، آن‌ها مشاهده کردند که پتاسیم رهاسازی شده در مرتع کمترین مقدار را داشت در حالی که بیشترین رهاسازی به سبزیجات مربوط می‌شد. از بین مدل‌های مختلفی که برای توصیف رهاسازی پتاسیم استفاده شدند الوویچ، پخشیدگی پارابولیک و تابع توانی برای توصیف رهاسازی پتاسیم مناسب بودند.

موسوی و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی سرعت آزاد سازی پتاسیم با عصاره‌گیرهای کلریدکلسیم و اسیدهای اگزالیک و سیتریک با غلظت ۰/۱ مولار و ۶ زمان عصاره‌گیری ۱، ۲، ۴، ۸، ۲۴ ساعت نشان دادند که در مراحل اولیه، این فرآیند با سرعت بیش تری انجام شده و به تدریج در انتهای آزمایش کاهش می‌یابد. برازش ۴ مدل سینتیک شامل معادله مرتبه اول، پخشیدگی پارابولیک،

چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

الووچ و توانی نشان داد که رهاسازی پتاسیم از الووچ پیروی نمی کند. نتایج نشان داد که فرایند پخشیدگی کنترل کننده رهاسازی پتاسیم از کانی ها است. از جمله معادلاتی که برای توصیف سینتیک رهاسازی پتاسیم استفاده می شوند؛ می توان به معادلات مرتبه صفر، درجه اول، مرتبه دوم، توانی، پخشیدگی پارابولیک و الووچ اشاره نمود.

مواد و روش ها

در این تحقیق از ۱۰ خاک باغات انگور شهرستان ملایر استان همدان از عمق ۰-۳۰ سانتیمتر نمونه برداری انجام شد و پس از اندازه گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی (Rowell, ۱۹۹۴) میزان رهاسازی پتاسیم با دو عصاره گیر کلسیم کلرید و اسیدمالیک ۰۱/۰ مولار بررسی شد.

روند رهاسازی پتاسیم در فواصل زمانی ۰ تا ۲۵/۰ تا ۷۲ ساعت مورد ارزیابی قرار گرفت. در هر مرحله میزان رهاسازی پتاسیم در عصاره گیر توسط دستگاه فلیم فتومتر قرائت گردید. سپس به منظور تعیین روند رهاسازی معادلات سینتیک بر داده ها برازش و براساس بالاترین ضریب تشخیص (R^2) و کمترین استاندارد اشتباه (SE) بهترین مدل های بازگوکننده رهاسازی انتخاب گردید. شکل کلی معادلاتی که بهترین برازش بر داده ها را داشتند به صورت زیر می باشد:

$$\ln(q_0 - q_t) = a - bt$$

$$qt = a + bt^{1/2}$$

$$qt = a + b \ln t$$

- ۱- مرتبه اول
- ۲- پخشیدگی پارابولیک
- الووچ
- ۳- تابع نمایی

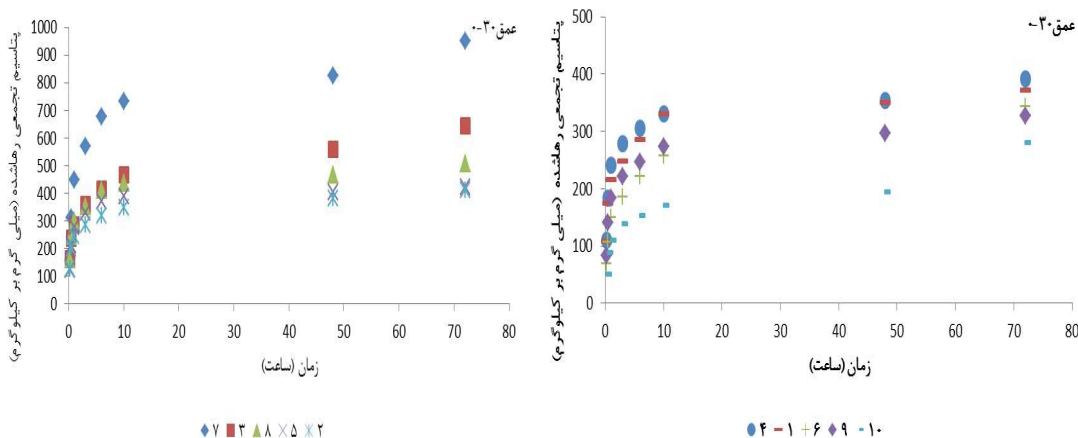
در این معادلات qt مقدار پتاسیم آزاد شده در زمان t و q_0 حداکثر میزان پتاسیم آزاد شده در مدت آزمایش می باشد، a و b ثابت ها و نشان دهنده زمان است.

نتایج و بحث

خاک هایی که دارای بافت ریزترند معمولاً ظرفیت تبادل کاتیونی بالاتر داشته و می توانند پتاسیم بیشتری به صورت تبادل پذیری ننگه دارند. با این وجود، پتاسیم تبادل پذیری بالا همیشه بدین معنا نیست که پتاسیم بالایی در محلول خاک وجود دارد. در حقیقت پتاسیم محلول در خاک های ریز بافت تر ممکن است به مقدار قابل توجهی نسبت به میزان آن در خاک های درشت بافت در هر سطح مشخصی از پتاسیم تبادل پذیری پایین باشد (Sparks, ۲۰۰۰).

روند رهاسازی با نمک معدنی: روند رهاسازی پتاسیم رها شده توسط عصاره گیری پی در پی با کلرید کلسیم ۰۱/۰ مولار در شکل ۱ نشان داده شده است. دامنه تغییرات پتاسیم عصاره گیری شده ۵۶/۲۸۰ (خاک ۱۰) تا ۳۰/۹۵۱ (خاک ۷) با میانگین ۱۸۸/۴۶۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک می باشد. رهاسازی بیشتر در خاک ۷ می توان به درصد بالای ماده آلی در این سری که امکان تبادل بیشتر یون کلسیم را با پتاسیم فراهم می کند نسبت داد.

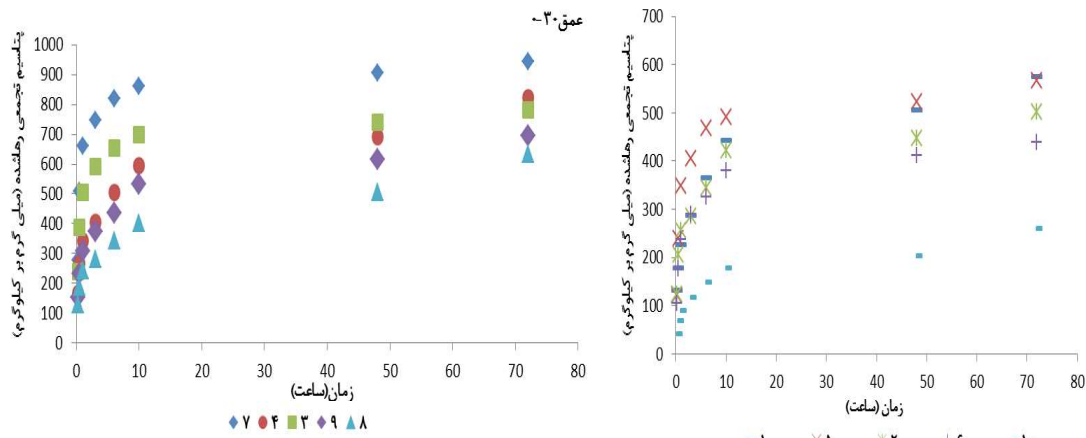
در این مطالعه بهترین روند جهت رهاسازی پتاسیم، معادله پخشیدگی پارابولیک، الووچ، تابع نمایی و مرتبه اول بود. در خاک های آهکی کاتیون هایی که پتاسیم را از مکان های تبادل پذیری جابه جا می کنند به طور عمده کلسیم، منیزیم، آمونیوم و تا حدودی آلومینیوم می باشند (Mengel and Uhlenbecker, ۱۹۹۳).



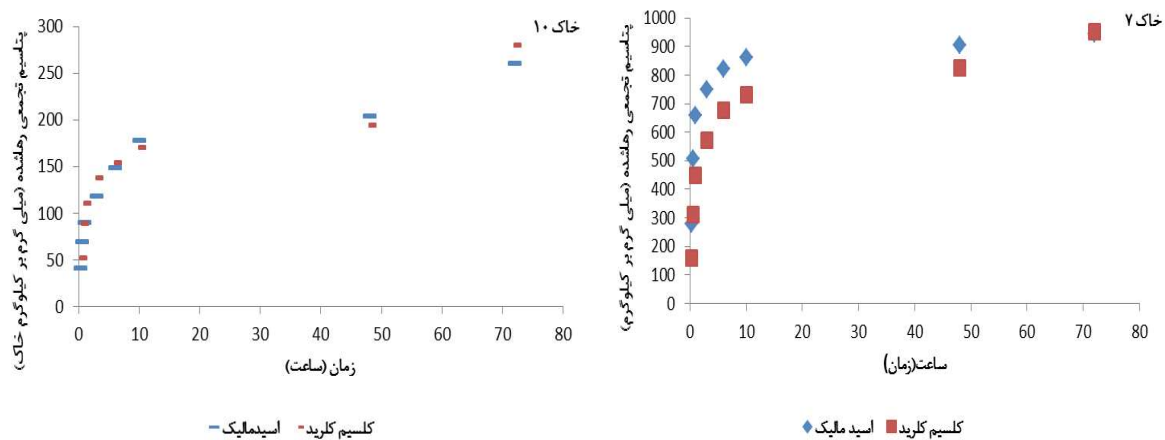
شکل ۱ - رهاسازی پتاسیم با عصاره گیری متوالی با کلرید کلسیم در خاک های مورد مطالعه

چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

روند رهاسازی با اسید آلی: روند رهاسازی پتاسیم توسط عصاره گیری پی در پی با اسیدمالیک در پایان مدت آزمایش در شکل ۲ نشان داده شده است. دامنه تغییرات پتاسیم عصاره گیری شده با اسیدمالیک ۵۶/۲۶۰ (خاک ۷) تا ۸۸/۹۴۳ (خاک ۱۰) یا میانگین ۵۱/۶۲۱ میلی گرم در کیلوگرم خاک می باشد. اختلاف در میزان رهاسازی در خاک ها را می توان به نوع، میزان و اندازه ذرات کانی های حاوی پتاسیم موجود در بخش رس، سیلت و شن و همچنین درصد ماده آلی خاک ها نسبت داد. از میان فاکتورهای مؤثر در رهاسازی پتاسیم، اسیدهای آلی که کم تر مورد توجه قرار گرفته اند، از طریق تشکیل کمپلکس های آلی - فلزی، هوادیدگی کانی ها و سنگ ها را آسان می سازند. توانایی خارج کردن پتاسیم و سایر کاتیون های ساختمانی توسط اسیدها را می توان به یون H^+ و لیگاندهای آلی به دست آمده از تجزیه اسیدها نسبت داد. پتاسیم تجمعی رهاسده توسط عصاره گیر اسیدمالیک تقریباً ۵/۱ برابر کلریدکلسیم می باشد.



شکل ۲- رهاسازی تجمعی پتاسیم با عصاره گیری متوالی با اسیدمالیک در خاک های مورد مطالعه



شکل ۳- مقایسه دو عصاره گیر برای رهاسازی پتاسیم در دو نمونه خاک

جدول ۱- مقایسه حداکثر پتاسیم تجمعی رهاسده در پایان آزمایش توسط دو عصاره گیر در خاک ها

شماره خاک	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
کلسیم کلرید	۲	۳/۹۵۱	۴	۲	۷	۶	۶	۰	۳	۰
اسید مالیک	۵	۸۸/۹۴	۳۶/۷۸	۸۲/۸۲	۳۶/۵۶	۷۴/۶۹	۹۵۹/۶	۵۶/۲۶	۸۸/۴۳	۵۶/۵۰



چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

توانایی اسید آلی در رهاسازی پتاسیم و سایر کاتیون‌های ساختمانی را می‌توان به یون‌های هیدروژن و کمپلکس لیگاندهای آلی اسیدها در محلول ربط داد.

با توجه به مقادیر مختلف پتاسیم رهاسازنده در خاک‌های مورد مطالعه می‌توان به این نتیجه رسید که خاک‌ها توانایی متفاوتی در تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه دارند.

(Srinivasa Rao & et al, ۱۹۹۹) نیز با مطالعه سرعت رهاسازی پتاسیم غیرتبادلی در خاک‌ها توسط دو عصاره گیر کلرید کلسیم و اسیدسیتریک ۰/۱۰ مولار، به این نتیجه رسیدند که پتاسیم غیرتبادلی رهاسازنده توسط کلریدکلسیم کمتر از پتاسیم رهاسازنده توسط اسیدسیتریک می‌باشد.

توانایی اسیدهای آلی در رهاسازی پتاسیم و سایر کاتیون‌های ساختمانی را می‌توان به یون‌های هیدروژن و کمپلکس لیگاندهای آلی در محلول نسبت داد. تفاوت بین پتاسیم رهاسازنده توسط کلرید کلسیم و اسید مالیک را می‌توان به چگونگی واکنش آن‌ها با خاک نسبت داد. یون‌های کلسیم موجود در محلول به علت اندازه بزرگتر و انرژی هیدراتاسیون بالا به راحتی نمی‌توانند پتاسیم بین لایه‌ای را آزاد نمایند (Srinivasa Rao & et al., ۱۹۹۹) در حالی که لیگاندهای آلی و هیدروژن‌های تولیدشده توسط اسید مالیک باعث رهاسازی بیش‌تر پتاسیم بین لایه‌ای می‌شود.

بررسی سرعت رهاسازی پتاسیم از خاک‌ها با استفاده از معادلات سینتیکی: ۶ معادله سینتیکی شامل معادله مرتبه اول، مرتبه صفر، توانی، الوویچ و پخشیدگی پارابولیکی جهت بررسی سرعت رهاسازی پتاسیم از خاک‌ها مورد برآزش قرار گرفتند. گاهی چندین معادله قادر به توصیف داده‌های سینتیکی می‌باشند. در این موارد برای انتخاب بهترین معادله، با مقایسه ضریب تبیین R^2 برای هر معادله، معادله‌ای که بیشترین ضریب تبیین را داشته باشد به عنوان بهترین معادله در توجیه رهاسازی پتاسیم از خاک شناخته می‌شود.

از آنجایی که معادلات مرتبه اول، توانی، دیفیوژن پارابولیکی نسبت به سایر معادلات رهاسازی را بهتر توصیف می‌کنند این امکان وجود دارد که فرایند رهاسازی پتاسیم از خاک‌ها متأثر از پدیده پخشیدگی باشد.

ثابت سرعت رهاسازی در معادلات برآزش داده شده در عصاره گیر اسید مالیک نسبت به کلرید کلسیم افزایش یافته است و اشاره به نوع عصاره گیر و توانایی بیش‌تر اسید مالیک در خارج کردن پتاسیم نسبت به کلسیم کلرید دارد.

همچنین تفاوت در ثابت‌های سرعت رهاسازی خاک‌ها را می‌توان به اختلاف در توزیع ذرات در بخش‌های سیلت و رس نسبت داد. از آنجایی که پتاسیم در کیفیت محصول انگور نقش بسزایی دارد و از طرفی کشت رایج در خاک‌های ملایر تاکستان بوده و انگور این منطقه از کیفیت بالایی برخوردار می‌باشد و میزان پتاسیم تجمع‌ی عصاره‌گیری شده توسط عصاره‌گیرها در این خاک‌ها بالا می‌باشد می‌توان چنین اظهار داشت که میزان پتاسیم در این خاک‌ها بالا می‌باشد.

منابع

- خوشخوی، م. (۱۳۸۱). اصول باغبانی، انتشارات دانشگاه شیراز.
- ملکوتی، م. ج.؛ شهبازی، ع.؛ بازرگان، ک. (۱۳۸۴). پتاسیم در کشاورزی ایران. موسسه تحقیقات خاک وآب. کرج. ایران.
- موسوی، ع.؛ خیامیم، ف.؛ خادمی، ح.؛ شریعتمداری، ح. (۱۳۹۳). سینتیک رهاسازی پتاسیم از فلدسپار پتاسیم در مقایسه با موسکویت تحت تاثیر عصاره‌گیرهای مختلف. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال هجدهم، شماره شصت و هفتم.
- یزدانی، س.؛ شهبازی، ح. (۱۳۸۶). تعیین بازده مقیاس در باغ‌های انگور استان قزوین. اقتصاد و کشاورزی جلد دوم.
- Jalali, M. (۲۰۰۷). Spatial variability in potassium release among calcareous soils of western Iran. *Geoderma*, ۱۴۰, ۴۲-۵۱.
- Jalali, M., Varasteh Khanlari, Z. (۲۰۱۴). Kinetics of Potassium Release from Calcareous Soils Under Different Land Use. *Arid Land Research and Management*, ۱-۱۳.
- Mengel, k., and k. Uhlenbecker. ۱۹۹۳. Determination of available interlayer potassium and Its uptake. *Soil sci. Soc. Am. J.* ۵۷:۷۶-۷۶۶.
- Rowel, D.L. (۱۹۹۴). *Soil science: methods and applications*. Longman, London
- Sadusky, M. C., Sparks, D.L., Noll, M. R., Hedricks, G. J. (۱۹۸۷). Kinetics and mechanisms of potassium release from sandy middle Atlantic coastal plain soils. *Soil Science Society of America*. ۱۴۶۵-۱۴۶۰.
- Sparks, D. L., Huang, P. M. (۱۹۸۵). *Physical chemistry of soil potassium*. Soil Science Society of America, ۲۰۱-۲۷۶.
- Sparks, D.L. (۱۹۹۸). Kinetics and mechanisms of chemical reactions at soil mineral water interface. *Soil physical chemistry*, 2nd ed, ۱۳۵-۱۹۲. CRC press. U.S.A. ۵۱
- Srinivasa Rao, CH., A. Subba Rao, and T. R. Rupa. ۲۰۰۰. Plant mobilization of soil reserve potassium from fifteen smectitic soils in relation to soil test potassium and mineralogy. *Soil Soc. Am. J.* ۱۶۵:۵۷۸-۵۸۶.



چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

Abstract

The release rate of potassium has an extraordinary importance in supplying soil available potassium, Potassium is nutritious for Grapes. The objective of this study was to investigate the release of potassium into the soil vineyard and comparison of kinetic equations and choosing the best model to describe the mechanism of release of potassium from the soil. In laboratory studies on the effect of calcium chloride and malic acid at a concentration of 0.01 molar soil samples were taken in 0.25 to 72 hours. Average released potassium in Malic acid was higher than calcium chloride. The rapid release of all soils in the early stages and later continued at a slower pace until the end of the experiment. Potassium cumulative release rate was determined using the equations. Based on their highest determination coefficient (R^2) the best models were chosen. Due confirmed data the equation parabolic diffusion law, first order and power, it is possible that release processes in soils are affected by the phenomenon of diffusion.