بسم الله الرحمن الرحیم

رساله‌ی حاضر، حاصل پژوهش‌های نگارنده در دوره‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی علوم خاک، گرایش علوم خاک است که در مهر ماه سال ۱۳۹۰ در دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه یاسوج به راهنمایی جناب آقایان دکتر حمیدرضا اولیایی و دکتر ابراهیم ادهمی و مشاوره‌ی جناب آقای دکتر مهدی نجفی قیری از آن دفاع شده است و کلیه-ی حقوق مادی و معنوی آن متعلق به دانشگاه یاسوج است.

دانشکده کشاورزی
گروه علوم خاک

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی علوم خاک گرایش علوم خاک

سینتیک آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی در خاک‌های آهکی استان کهگیلویه و بویراحمد

استاد راهنما:
دکتر حمیدرضا اولیایی
دکتر ابراهیم ادهمی

استاد مشاور:
دکتر مهدی نجفی قیری

پژوهشگر:
صفورا حیدرماه

مهر ماه ۱۳۹۰

سینتیک آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی در خاک‌های آهکی استان کهگیلویه و بویراحمد

به وسیله‌ی:

صفورا حیدرماه

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی:

علوم خاک

در تاریخ ۱۳۹۰/۷/۱۷ توسط هیات داوران زیر بررسی و با درجه ..عالی.. به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنما: دکتر حمیدرضا اولیایی با مرتبه‌ی علمی استادیار..... امضاء

۲- استاد راهنما: دکتر ابراهیم ادهمی با مرتبه‌ی علمی استادیار..... امضاء

۳- استاد مشاور: دکتر مهدی تجفی قیری با مرتبه‌ی علمی استادیار..... امضاء

۴- استاد داور داخل گروه: دکتر محمد صدقی اصل با مرتبه‌ی علمی استادیار..... امضاء

۵- استاد داور خارج از گروه: دکتر رضا قاسمی فسایی با مرتبه‌ی علمی استادیار..... امضاء

نام ونام خانوادگی مدیر گروه: دکتر ابراهیم ادهمی با مرتبه‌ی علمی استادیار ..... امضاء

مهر ماه ۱۳۹۰

تقدیم به

مادر عزیزم

نور درخشان همیشه هستی‌ام

سپاس‌گزاری

سپاس بیکران از آن خالقی که الطافش را کرانه نیست. هم او که درهای معرفت را بر ما گشود و از زلال احسانش سیرابمان فرمود و از جاری علمش برخوردار و بار دیگر توفیق پیدا و پنهانش یاری‌ام نمود تا بتوانم این تحقیق را به اتمام برسانم. در این مجال فرصت را مغتنم شمرده و مراتب امتنان خویش را از اساتید گرانقدر و کلیه عزیزانی که در مراحل مختلف تحقیق یاری‌ام دادند ابراز می‌دارم با این که می‌دانم فراتر از بیان و توان من است.

از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر حمیدرضا اولیایی که با صبر و بصیرت خویش مرا در این پایان نامه یاری نمودند کمال تشکر را دارم. وجود این عزیز را ارج می‌نهم و همواره بهترین توفیق الهی را برایشان خواستارم.

از جناب آقای دکتر ابراهیم ادهمی که در طول ایام تحصیل رهنمودهایشان برایم راهگشا بوده است نهایت تشکر را دارم. استاد راهنمای ارجمند تا همیشه سپاس مرا بابت همکاری‌های صمیمانه و صبوری‌هایتان پذیرا باشید.

از جناب آقای دکتر مهدی نجفی قیری به خاطر راهنمایی‌هایی که به من ارزانی داشتند قدردانی می‌کنم و کمال امتنان را دارم. استاد مشاور گرانقدر سپاسگزار نظرات مفید و راهنمایی‌های ارزنده شما هستم.

از جناب آقای دکتر رضا قاسمی فسایی و دکتر محمد صدقی اصل داوران محترم که زحمت مطالعه و داوری این پایان نامه را پذیرفتند تشکر می‌نمایم و برایشان آرزوی توفیق و سربلندی در زندگی را دارم.

از مسئول آزمایشگاه سرکار خانم مهندس مولوی به خاطر همکاری‌های بی‌دریغ قدردانی می‌نمایم که سختی کار را برایم آسان نمودند.

از دوستان گرانقدر سمانه قایدی، نسرین محبی، مرضیه آگاه و محمدرضا زارع و ... که هرکدام به نحوی مرا در اجرای این تحقیق یاری نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم. یاد و خاطره آن‌ها همراه این پایان نامه همیشه در ذهن من باقی خواهد ماند.

در پایان جا دارد از خانواده عزیزم که در طول دوره تحصیلات اینجانب همواره مرا مورد لطف و محبت خود قرار دادند، تشکر و قدردانی نمایم.

نام: صفورا
نام خانوادگی: حیدرماه
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد
رشته و گرایش: علوم خاک
استاد راهنما: دکتر حمیدرضا اولیایی و دکتر ابراهیم ادهمی
تاریخ دفاع: ۹۰/۷/۱۷

سینتیک آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی در خاک‌های آهکی استان کهگیلویه و بویراحمد

سرعت آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی از خاک‌ها می‌تواند حاصلخیزی پتاسیم خاک‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. در این مطالعه سینتیک آزادسازی پتاسیم توسط عصاره‌گیری دنباله‌ای با کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار در دوره زمانی ۶۵۸ ساعته روی ۲۴ نمونه خاک سطحی و زیرسطحی آهکی استان کهگیلویه و بویراحمد بررسی گردید. همچنین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، شکل‌های مختلف پتاسیم، نوع و مقدار نسبی کانی‌های رسی مورد مطالعه قرار گرفت. کانی‌های رسی عمده شناسایی شده در مناطق مورد مطالعه به ترتیب فراوانی شامل اسمکتیت، کلریت، ایلیت و پالیگورسکیت می‌باشد. این خاک‌ها در سه رده انتی‌سولز، اینسپتی‌سولز و آلفی‌سولز قرار گرفتند. نتایج نشان داد مقدار پتاسیم غیرتبادلی آزاد شده پس از پایان مدت آزمایش در خاک‌های سطحی ۸۹/۹۴ تا ۴۶۰/۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (با میانگین ۱۹۵/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در خاک‌های زیرسطحی ۹۹/۴ تا ۲۲۵/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم (با میانگین ۱۴۳/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بوده است. بین آزادسازی پتاسیم و کربنات کلسیم، پتاسیم غیرتبادلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و کانی ایلیت در خاک‌های مورد مطالعه همبستگی معنی‌داری به‌دست آمد. بیشترین مقدار آزادسازی پتاسیم در خاک‌های آلفی‌سولز رخ داد که علت اصلی آن وجود مقادیر رس و کانی ایلیت در این خاک‌ها می‌باشد و به طور کلی رهاسازی پتاسیم از خاک‌ها روند روبرو را نشان داد: آلفی‌سولز> اینسپتی‌سولز> انتی‌سولز. داده‌های حاصل از مطالعات سینتیکی با مدل‌های سینتیکی مختلف برازش داده شد. نتایج نشان داد که معادلات الوویچ، تابع توان و پارابولیک به دلیل بالا بودن مقدار ضریب همبستگی (R^2) و پایین بودن مقدار خطای استاندارد (SE) توانستند آزاد شدن پتاسیم از خاک‌های منطقه را به نحو قابل قبولی توصیف کنند. انطباق داده‌های سینتیکی با این معادلات نشان می‌دهد که آزاد شدن پتاسیم غیرتبادلی از خاک‌های منطقه توسط فرآیند پخشیدگی کنترل می‌شود.

University of Yasouj
Faculty of Agriculture
Department of Soil Science

M.Sc. Thesis

Kinetics of nonexchangeable potassium release in calcareous soils of Kohgilouye and Boyerahmad Province

Supervisor:
Dr. Hamidreza Owliaie
Dr. Ebrahim Adhami

Advisor:
Dr. Mahdi Najafi Ghiri

By:
Safoura Heydarmah

2011

Faculty of Agriculture
Department of Soil Science

Kinetics of nonexchangeable potassium release in calcareous soils of Kohgilouye and Boyerahmad province

By:

Safoura Heydarmah

A thesis submitted to the office of the post-Graduate, in partial fulfillment of the requirement for the degree of

MSc

IN

Soil Science

Approved by:	Full name	Signature
1-Supervisor:	Dr. Hamidreza Owliaie	
2- Supervisor:	Dr. Ebrahim Adhami	
3-Advisor:	Dr. Mahdi Najafi Ghiri	
4-Internal Examiner:	Dr. Mohammad Sedghi Asl	
5-External Examiner:	Dr. Reza Ghasemi Fasaee	
Head of the Department:	Dr. Ebrahim Adhami	

2011

First Name: Safoura **Last Name: Heydarmah**
Degree: M.Sc. **Field of Study: Soil Science**
Supervisor: Dr Hamidreza Owliaie and Dr Ebrahim adhami **Defense Date: 2011**

Kinetics of nonexchangeable potassium release in calcareous soils of Kohgilouye and Boyerahmad Province

The rate of non-exchangeable K^+ release from soils can significantly influence K^+ fertility of soils. The kinetics of K^+ release by successive extractions with 0.01 M $CaCl_2$ was studied on 24 surface and subsurface calcareous soils of Kohgilouye and Boyerahmad province over a period of 658h. Also, soil physical and chemical characteristics, differents forms of soil potassium, type and relative content of clay mineral were determined. The studied area, dominant clay mineral abundance involved smectite, chlorite, illite and palygorskite, respectively. This soils divided to three soil orders of Entisols, Inceptisols and Alfisols. This finding shows that cumulative K^+ released from soils were in a range of 89.94 to 460.90 mg kg^{-1} (average 195.4 $mgkg^{-1}$) for surface and 99.4 to 225.2 mg kg^{-1} (average 143.7 $mgkg^{-1}$) for subsurface soils. A significant correlation between nonexchangeable K released to calcium carbonate, nonexchangeable K, cation exchange capacity and illite. Maximum of potassium release was in Alfisols that high illite mineral and clay in Alfisols, are the main reasons for the high nonexchangeable K release in these soils and generally the amounts of K released from soils was in the sequence: Alfisols> Entisols> Inceptisols. The data of kinetics experiments were evaluated by using kinetics models. Du to the highest coefficient of determination (R^2) and lowest standard error (SE), the Elovich, parabulic diffusion and Power function equations could describe better the K release kinetics. Fit of the data to these equations Indicated that release of K was diffusion controlled.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۱
فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام شده ۵
۲-۱) پتاسیم در خاک ۵
۲-۲) شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک ۶
۲-۲-۱) پتاسیم محلول ۷
۲-۲-۲) پتاسیم تبادلی ۹
۲-۲-۳) پتاسیم غیرتبادلی ۱۰
۲-۲-۴) پتاسیم ساختمانی ۱۴
۲-۳) آزادسازی پتاسیم ۱۵
۲-۴) آزادسازی پتاسیم از کانی‌های عمده‌ی پتاسیم‌دار ۱۹
۲-۴-۱) آزادشدن پتاسیم از میکا ۲۰
۲-۴-۲) آزادشدن پتاسیم از فلدسپات‌ها ۲۲
۲-۵) سینتیک و سینتیک شیمیایی ۲۳
۲-۶) تاریخچه‌ی مطالعات سینتیکی ۲۴
۲-۷) عصاره‌گیرهای مورد استفاده در مطالعات سینتیک آزادسازی پتاسیم ۲۵
۲-۷-۱) اسیدهای آلی ۲۵
۲-۷-۲) تترافنیل بران سدیم ۲۹
۲-۷-۳) رزین‌های تبادل کاتیونی ۳۰
۲-۷-۴) الکترو اولترافیلتراسیون ۳۱
۲-۷-۵) نمک‌های معدنی ۳۳
۲-۸) مدل‌های سینتیکی متداول برای توصیف سینتیک واکنش ۳۴
۲-۸-۱) معادله‌ی مرتبه‌ی صفر ۳۴
۲-۸-۲) معادله‌ی مرتبه‌ی اول ۳۵
۲-۸-۳) معادله الوویچ ۳۶
۲-۸-۴) معادله‌ی پخشیدگی پارابولیک ۳۷
۲-۸-۵) معادله‌ی تابع توان ۳۷
۲-۹) مروری بر مطالعات انجام گرفته ۳۸
فصل سوم: مواد و روش‌ها ۴۴
۳-۱) تشریح منطقه‌ی مطالعاتی ۴۴
۳-۱-۱) زمین شناسی استان ۴۴
۳-۲) آب و هوا ۵۰

۳-۳) پوشش گیاهی ۵۰
۳-۴) مطالعات و عملیات صحرایی ۵۱
۳-۵) مطالعات آزمایشگاهی ۵۱
۳-۵-۱) آزمایش‌های فیزیکی ۵۱
۳-۵-۲) آزمایش‌های شیمیایی ۵۱
۳-۵-۲-۱) مطالعات سینتیک آزادسازی پتاسیم ۵۲
۳-۵-۳) آزمایش‌های کانی شناسی ۵۳
فصل چهارم: نتایج و بحث ۵۵
۴-۱) ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مطالعه شده ۵۵
۴-۲) نتایج کانی شناسی ۵۹
۴-۳) شکل‌های پتاسیم ۶۲
۴-۳-۱) پتاسیم محلول ۶۲
۴-۳-۲) پتاسیم تبادلی ۶۲
۴-۳-۳) پتاسیم غیرتبادلی ۶۴
۴-۳-۴) پتاسیم ساختمانی ۶۴
۴-۳-۵) پتاسیم کل ۶۴
۴-۴) ارتباط شکل‌های مختلف پتاسیم با ویژگی‌های خاک ۶۷
۴-۵) ارتباط شکل‌های مختلف پتاسیم با راسته‌های خاک ۷۳
۴-۶) سینتیک آزادسازی پتاسیم ۷۵
۴-۶-۱) آزادسازی پتاسیم از خاک‌های سطحی و زیر سطحی ۷۵
۴-۶-۲) انتخاب بهترین مدل ۸۲
۴-۶-۳) ثابت سرعت آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی ۸۶
فهرست منابع و مراجع مورد استفاده ۹۴

فهرست جدول‌ها

عنوان و شماره **صفحه**

جدول ۴-۱- اطلاعات عمومی خاک‌های مورد مطالعه ۵۷
جدول۴- ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه ۵۸
جدول ۴-۳- مقادیر نسبی کانی‌های موجود در خاک‌های مورد مطالعه ۶۱
جدول ۴- ۴- شکل‌های مختلف پتاسیم و درصد نسبی آن‌ها در خاک‌های مورد مطالعه ۶۶
جدول ۴-۵- ضریب همبستگی (r) بین شکل‌های مختلف پتاسیم و خصوصیات خاک ۷۲
جدول ۴-۶- توزیع شکل‌های مختلف پتاسیم در راسته‌های خاک ۷۵
جدول ۴-۷- مقدار تجمعی پتاسیم آزاد شده از خاک با کلرید پتاسیم ۰/۰۱ مولار در مدت ۶۵۸ ساعت ۷۷
جدول ۴-۹- ضریب تبیین (R^2) و خطای استاندارد برآورد (SE) مدل‌های استفاده شده جهت بررسی سینتیک آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی ۸۵
جدول ۴-۱۰- شیب (b) و عرض از مبدأ (a) مدل‌های استفاده شده جهت بررسی سینتیک آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی ۸۹
جدول ۴-۱۱- همبستگی بین ضرایب سرعت a و b با خصوصیات خاک‌ها ۹۰
جدول ۴-۱۲- همبستگی بین ضرایب سرعت a و b با خصوصیات خاک‌های سطحی و زیرسطحی ۹۱

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۳- ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی در کشور ۴۵
شکل ۳-۲- استان کهگیلویه و بویراحمد به همراه شهرستان‌ها و بخش‌های مربوطه ۴۶
شکل ۴-۱- مقادیر تجمعی پتاسیم آزاد شده نسبت به زمان در خاک‌های سطحی ۷۸
شکل ۴-۲- مقادیر تجمعی پتاسیم آزاد شده نسبت به زمان در خاک‌های زیرسطحی ۷۹

فصل اول

مقدمه

خاک یکی از مهمترین منابع طبیعی تجدیدشونده است که زیربنای اصلی زندگی جوامع بشری کره‌ی زمین را تشکیل می‌دهد. از طرف دیگر با توجه به محدودیت این سرمایه ارزشمند در نقاط مختلف جهان و نیاز فوق‌العاده جامعه‌ی انسانی به بهره‌برداری از آن در جهت تأمین غذا و اسکان بر روی آن، اهمیت و توجه در بهره‌برداری مناسب و حفظ و نگهداری از آن بر همگان روشن است (عبدی، ۱۳۸۰). استفاده‌ی مطلوب و پایدار از خاک در شرایطی امکان دارد که منابع آن به دقت مورد مطالعه قرار گرفته و آشنایی کامل از خصوصیات آن عاید گردد (بهارلویی و ابطحی، ۱۳۸۲).

پتاسیم یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاهان است و اهمیت آن در کشاورزی به خوبی مشخص شده است (نجفی قیری و همکاران[1]، ۲۰۱۱). پتاسیم یکی از سه عنصر غذایی پرنیاز برای گیاهان می‌باشد که از نظر مقدار جذب پس از نیتروژن در ردیف دوم قرار دارد (مارتین و اسپارکز[2]، ۱۹۸۵؛ حسین‌پور و پناهی، ۱۳۸۹). پتاسیم در خاک به چهار شکل وجود دارد که به ترتیب سهولت جذب برای گیاه شامل پتاسیم محلول، تبادلی، غیر تبادلی و ساختمانی می‌باشد (سیمارد و همکاران[3]، ۱۹۹۲؛ اسماعیل‌پور فرد و گیوی، ۱۳۸۶). بین این اشکال رابطه تعادلی وجود دارد و این رابطه تعادلی در تغذیه گیاه از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد (اسپارکز و کارسکی[4]، ۱۹۸۵؛ ملکوتی و همایی، ۱۳۸۴؛ بحرینی و همکاران، ۱۳۸۹). پتاسیم تبادلی و محلول سریعاً به تعادل می‌رسند ولی تغییر شکل پتاسیم ساختمانی به هرکدام از سه شکل دیگر بسیار کند می‌باشد (حسین پور و پناهی، ۱۳۸۹).

مقدار پتاسیم کل در خاک‌ها در دامنه‌ی ۰/۰۴ تا ۳ درصد می باشد و با وجود اینکه پتاسیم کل در خاک به مراتب بیشتر از نیاز گیاه است ولی بخش اندکی از آن برای گیاه قابل دسترس است (مارتین و اسپارکز، ۱۹۸۵؛ حسین‌پور و پناهی، ۱۳۸۹). بسته به نوع خاک حدود ۹۸-۹۰ درصد کل پتاسیم خاک به شکل ساختمانی است. مهمترین کانی‌های حاوی پتاسیم فلدسپات‌ها و میکاها هستند که در

1- Najafi Ghiri
2- Martin and Sparks
3- Simard
4- Sparks and Carski.

طول فصل رشد بر اثر هوادیدگی پتاسیم خود را آزاد می‌کنند. یک تا ده درصد کل پتاسیم خاک به شکل غیرتبادلی است. پتاسیم در این حالت بین لایه‌های کانی‌های رسی خاک قرار دارد. یک تا دو درصد کل پتاسیم خاک به شکل محلول و تبادلی است که نسبتاً کم می‌باشد (ویتوش و همکاران[۱]، ۱۹۹۶).

آزمایش‌های متعددی نشان داده‌اند که گیاهان هر دو شکل پتاسیم غیرتبادلی و تبادلی را از خاک جذب می‌کنند (منگل[۲]، ۱۹۸۵؛ نبی اللهی و همکاران، ۱۳۸۴). پتاسیم غیرتبادلی خاک که در بین لایه‌های کانی‌های غیرقابل انبساط به دام می‌افتد، یکی از مهمترین منابع پتاسیم برای رشد گیاهان در بسیاری از خاک‌ها است (برناس[۳]، ۱۹۶۸؛ نبی اللهی و همکاران، ۱۳۸۴). پتاسیم بین لایه‌ای (غیرتبادلی) به صورت بدون آب و با نیروی کمتری به ذرات کانی متصل شده است، بنابراین تحت شرایط ویژه‌ای می‌تواند آزاد شود (هلمک و اسپارکز[۴]، ۱۹۹۶).

پتاسیم به عنوان یکی از عناصر سازنده‌ی چند کانی شناخته شده است، این کانی‌ها پتاسیم را به شکل‌های محلول و تبادلی به وسیله هوادیدگی با سرعت‌های متفاوت آزاد می‌کنند (هوانگ[۵]، ۱۹۷۷؛ خرمالی و همکاران، ۱۳۸۶). بعضی از کانی‌ها هم دارای قابلیت تثبیت پتاسیم افزوده هستند که پتاسیم را به صورت غیرتبادلی وارد ساختمان خود می‌کنند. پتاسیم غیرتبادلی در تعادل با شکل‌های ناپایدار یعنی محلول و تبادلی است (کاکس و همکاران[۶]، ۱۹۹۶؛ خرمالی و همکاران، ۱۳۸۶). زمانی که سطح پتاسیم تبادلی و محلول خاک بر اثر جذب گیاهان و یا آبشویی به افق‌های پایین در مناطق مرطوب کاهش یابد، پتاسیم غیرتبادلی به صورت تبادلی آزاد می‌شود (اسپارکز[۷]، ۱۹۸۰؛ زائرنوملی و همکاران، ۱۳۸۸). آزادسازی پتاسیم توسط کانی‌ها به شکل‌های محلول و تبادلی به صورت متقابل می‌باشد (مکلین و واتسون[۸]، ۱۹۸۵). آزادسازی پتاسیم از شبکه‌ی ساختمانی کانی ممکن است حاصل یک واکنش هیدرولیز یا یک واکنش تبادلی به وسیله کاتیون‌های معمول موجود در خاک باشد (جکسون و لو[۹]، ۱۹۸۶؛ زائرنوملی و همکاران، ۱۳۸۸).

منبع اصلی پتاسیم غیرقابل تبادل در خاک‌ها کانی‌های رس ۲:۱ پتاسیم‌دار، مانند میکا و ورمی-کولیت هستند (موریتسوکا و همکاران[۱۰]، ۲۰۰۴؛ زائرنوملی و همکاران، ۱۳۸۸). اسمکتیت، کلریت، ایلیت، کائولینیت، پالیگورسکیت و ورمی‌کولیت، کانی‌های رسی اصلی هستند که در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران وجود دارند (خرمالی و ابطحی، ۲۰۰۳؛ خرمالی و ابطحی، ۱۳۸۰؛ خرمالی و همکاران، ۱۳۸۶). آزادسازی پتاسیم از بین لایه‌های این کانی‌ها ممکن است خیلی آهسته باشد، که وابسته به مرحله هوادیدگی این کانی‌ها می‌باشد (زائرنوملی و همکاران، ۱۳۸۸). پراکندگی کانی‌های

1- Vitosh
2- Mengel
3- Bernas
4- Helmk and Sparks
5- Huang
6- Cox
7- Sparks
8- Mclean and Watson
9- Jackson and Luo
10- Moritsuka

پتاسیم‌دار در خاک، آزاد شدن پتاسیم از کلوئیدها به شکل‌های محلول، تبادلی، غیرتبادلی و ساختمانی باعث می‌گردند که پتاسیم در خاک رفتاری پیچیده داشته باشد (اسپارکز، ۲۰۰۰).

سرعت آزادسازی پتاسیم از بخش غیرتبادلی، کنترل کننده‌ی میزان پتاسیم در بخش تبادلی خاک و در نتیجه جذب آن به وسیله ریشه گیاه است. بنابراین مطالعه‌ی سرعت آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی کمک زیادی به درک صحیح وضعیت پتاسیم در خاک خواهد کرد و سرعت این تبدیل از جنبه حاصلخیزی، تغذیه‌ی گیاه و نیز سرنوشت کود پتاسیم مصرف شده و توصیه‌ی کودی اهمیت بسیاری دارد (سادوسکی و همکاران[1]، ۱۹۸۷؛ توفیقی، ۱۳۷۴). آزاد شدن پتاسیم از شکل غیرتبادلی به نوع و مقدار کانی‌های حاوی پتاسیم، اندازه ذرات، درجه هوادیدگی کانی‌ها، سطح پتاسیم محلول خاک و پ‌هاش خاک بستگی دارد (ریچ[2]، ۱۹۷۲؛ نبی اللهی و همکاران، ۱۳۸۴). در بین این عوامل، کانی شناسی خاک و سطح پتاسیم محلول بیشترین تأثیر را دارند. آزادسازی پتاسیم از ذخیره پتاسیم کانی‌های خاک به وسیله نوع کانی و فرآیند هوادیدگی میکاها و فلدسپات‌ها مشخص می‌گردد (تیسدال و همکاران[3]، ۱۹۸۴؛ نبی اللهی و همکاران، ۱۳۸۴). پتاسیم بین لایه‌ای در میکاها به مقدار فراوان یافت می‌شود و میکاها نیز در همه اجزاء خاک یعنی سیلت و رس و شن به چشم می‌خورند (فانینگ و همکاران[4]، ۱۹۸۹). در خاک‌های مناطق خشک که غنی از میکا هستند، پتاسیم تبادلی به تنهایی شاخص ضعیفی برای ارزیابی پتاسیم قابل دسترس گیاه است (منگل و رحمت ا...[5]، ۱۹۹۴).

اگر غلظت پتاسیم در محلول از حدود ۰/۱ مول بر لیتر بیشتر شود از آزاد شدن پتاسیم غیرتبادلی جلوگیری خواهد شد. بنابراین برای رفع این مشکل باید از عصاره‌گیری دنباله‌ای استفاده نمود (مارتین و اسپارکز، ۱۹۸۳؛ حسین‌پور و کلباسی، ۲۰۰۲؛ بحرینی و همکاران، ۱۳۸۸). کانی‌های رسی دارای مکان‌های مختلفی برای نگهداری پتاسیم می‌باشند که شامل سطوح، لبه‌ها و لایه‌های داخلی می‌باشند که قدرت آزادسازی پتاسیم از هرکدام از این مکان‌ها با توجه به نوع عصاره‌گیر متفاوت است. پتاسیم موجود در روی سطوح با عمل تبادل به راحتی خارج می‌شود، درحالیکه پتاسیم موجود روی لبه‌ها و لایه‌های داخلی کانی به انرژی بیشتری جهت خارج شدن نیاز دارد، پس می‌توان گفت که پتاسیم موجود در لایه‌های داخلی قوی‌تر از بقیه مکان‌ها نگهداری می‌شود (بحرینی و همکاران، ۱۳۸۹؛ کاکس و همکاران، ۱۹۹۹؛ منگل و رحمت ا...، ۱۹۹۴).

آزادسازی پتاسیم از خاک یک فرآیند دینامیک است و تحقیق درباره سینتیک آزادسازی پتاسیم برای ارزیابی قابلیت فراهمی پتاسیم خاک برای رشد گیاهان حائز اهمیت است. با توجه به شرایط متفاوت خاک‌ها برای مطالعات آزادسازی پتاسیم از خاک‌ها، از عصاره‌گیرها و روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که می‌توان از محلول‌های نمکی رقیق (لوپز- پینارو و گارسیا- ناوارو[6]، ۱۹۹۷)، رزین‌های تبادل کاتیونی (مارتین و اسپارکز، ۱۹۸۳)، اسیدهای آلی (سونگ و هوانگ[7]، ۱۹۸۸)،

1- Sadusky
2- Rich
3- Tisdale
4- Fanning
5- Mengel and Rahmatullah
6- Lopez-Pineiro and Garcia-Navarro
7- Song and Huang

تترافنیل بران سدیم (کاکس و جورن[1]، ۱۹۹۷)، اسید نیتریک (گیل- سوترز و روبیو، ۱۹۹۲) و الکترو اولترافیلتراسیون (روبیو و گیل- سوترز[2]، ۱۹۹۵) نام برد.

برای بررسی سینتیک آزادسازی پتاسیم معمولاً از مدل‌های سینتیک مختلفی شامل معادلات الوویچ، پخشیدگی پارابولیک، تابع توانی، مرتبه صفر و مرتبه اول استفاده می‌شود. به طور کلی استفاده از معادله‌های مختلف برای بررسی سینتیک آزادسازی پتاسیم و تعیین بهترین معادله بستگی به ساز و کار اصلی مؤثر در آزادسازی پتاسیم، ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی خاک، نوع روش آزمایشگاهی استفاده شده و تیمار یا عدم تیمار خاک قبل از شروع آزمایش دارد.

خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران عمدتاً حاوی مقدار زیادی پتاسیم غیرتبادلی و کانی-های حاوی پتاسیم هستند که در تعدادی از خاک‌ها منبع مهم پتاسیم برای رشد گیاهان به حساب می‌آیند. از آنجا که اطلاعاتی در مورد میزان پتاسیم غیرتبادلی می‌تواند در مدیریت حاصلخیزی خاک‌های استان کهگیلویه و بویراحمد در رابطه با پتاسیم مفید باشد، تحقیق حاضر برای اطلاع از وضعیت پتاسیم خاک، مقدار و سرعت آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی و تغییرات آن در خاک‌های این استان انجام گردید.

فرضیه‌های تحقیق شامل موارد ذیل است:

۱- شکل‌های مختلف پتاسیم با مقدار و نوع کانی‌های رسی خاک مرتبط است.

۲- شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک‌های سطحی و زیرسطحی متفاوت می‌باشد.

۳- آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی در خاک‌ها فرآیند مهمی در تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه می‌باشد.

این تحقیق اهداف ذیل را دنبال می‌نماید:

۱- تعیین وضعیت شکل‌های پتاسیم خاک در برخی خاک‌های انتخابی سطحی و زیرسطحی استان کهگیلویه و بویراحمد و بررسی ارتباط آن‌ها با کانی‌های خاک.

۲- مطالعه سینتیک آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی در خاک‌های سطحی و زیرسطحی و ارتباط آن با کانی‌شناسی و تکامل خاک.

۳- تعیین بهترین معادله برای پیش‌بینی سینتیک آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی از خاک‌ها.

1- Cox and Joern

2- Robio and Gill-Sotres

فصل دوم
مروری بر تحقیقات انجام شده

۲-۱) پتاسیم در خاک

در اواسط قرن ۱۷ میلادی پتاسیم به عنوان عنصر ضروری در رشد گیاهان شناخته شد (راسل[1]، ۱۹۶۱) که نقش تنظیم کنندگی در گیاه دارد و برای انجام همه فرآیندهای رشد و تولید مثل گیاهان، ضروری است (کلاه‌چی و جلالی، ۱۳۸۴). پتاسیم عنصری پویا بوده که در صورت کمبود، به بافت‌های جوان زاینده گیاه منتقل می‌شود و علائمی را در گیاه ظاهر می‌سازد (اسماعیل‌پور فرد و گیوی، ۱۳۸۶). این عنصر در بهبود کیفیت محصولات کشاورزی نیز جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است و به عنصر کیفیت معروف است (رضایی و موحدی، ۱۳۸۸). پتاسیم به همراه نیتروژن و فسفر، سه عنصر غذایی پرمصرف اصلی هستند که در بسیاری از واکنش‌های گیاهان شرکت می‌کنند. ضرورت پتاسیم برای رشد گیاهان از زمان لیبیگ (۱۸۴۰)، مشخص گردید (اسپارکز، ۲۰۰۰). پتاسیم در سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی وجود دارد و به طور متوسط حدود ۲/۶ درصد وزنی پوسته‌ی زمین را تشکیل می‌دهد (نوروزی و خادمی، ۱۳۸۸)، که در خاک‌ها این مقدار به ۱/۴ درصد کاهش پیدا می‌کند. بنابراین در بین عناصر شیمیایی موجود در پوسته‌ی زمین، پتاسیم از نظر فراوانی هفتمین عنصر شیمیایی و چهارمین عنصر غذایی ضروری برای رشد گیاهان می‌باشد، همچنین پتاسیم فراوان‌ترین عنصر غذایی پرمصرف در ۱۵ سانتی‌متری لایه سطحی خاک است (اسپارکز، ۱۹۸۰؛ برچ و توماس[2]، ۱۹۸۵؛ اسپارکز و هوانگ[3]، ۱۹۸۵). دامنه مقدار پتاسیم کل در ۰/۲ متری بالایی نیمرخ خاک معمولاً از ۱۰۰۰۰۰-۳۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار تغییر می‌کند (اسچرودر، ۱۹۷۹؛ برچ و توماس، ۱۹۸۵). وضعیت پتاسیم در خاک‌ها بستگی به مواد مادری و درجه هوادیدگی آن‌ها دارد (کلاه‌چی و جلالی، ۱۳۸۴).

مقدار پتاسیم کل در خاک‌های معدنی از ۰/۰۴ تا ۳ درصد تغییر می‌کند که تابعی از مقدار پتاسیم مواد مادری خاک می‌باشد (اسپارکز، ۱۹۸۷؛ حسین‌پور و پناهی، ۱۳۸۹). مقدار پتاسیم کل اغلب خاک‌ها معمولاً زیاد است و این در حالی است که مقدار قابل دسترس آن کم می‌باشد که بسته به نوع

1- Rausell
2- Bertsch and Thomas
3- Sparks and Huang

خاک حدود ۹۸-۹۰ درصد کل پتاسیم خاک به شکل ساختمانی است و در حدود ۲ درصد به شکل محلول و تبادلی وجود دارد (برچ و توماس، ۱۹۸۵؛ اسماعیل‌پور فرد و گیوی، ۱۳۸۶).

در بین عناصر غذایی مورد استفاده گیاهان، پتاسیم بزرگترین شعاع اتمی غیرهیدراته (۱/۳ آنگستروم) را داراست و از جمله مهمترین فلزات قلیایی به شمار می‌رود. این عنصر به علت تمایل به واکنش و میل ترکیبی بالا با سایر عناصر، هرگز به شکل عنصری یافت نمی‌شود. در ساختار کانی ۸ تا ۱۲ اتم اکسیژن، اتم پتاسیم را احاطه کرده‌اند که نشان دهنده ضعیف بودن قدرت پیوند K-O می‌باشد (اسپارکز و هوانگ، ۱۹۸۵). انرژی آبپوشی پتاسیم ۱۴۲/۵ کیلوژول در گرم یون می‌باشد که نشان دهنده توانایی کم این یون در انبساط خاک می‌باشد (اسپارکز، ۲۰۰۰). پتاسیم با عدد اتمی ۱۹، یک الکترون در لایه‌ی آخر داشته و جزء عناصر قلیایی طبقه‌بندی می‌شود. تراکم بار مثبت در واحد سطح در لایه‌ی آخر باعث شده که تمایل پتاسیم در مقایسه با سایر کاتیون‌ها به جذب آب کمتر شده و در صورت جذب سریعاً آن را از دست بدهد. همین امر موجب شده که انرژی آبگیری آن (۱۴/۲ کیلوژول بر گرم در یون) کمتر از بقیه عناصر هم گروه بشود. چنین فرآیندی، یعنی از دست دادن آب و تبدیل شدن به پتاسیم غیرهیدراته باعث جذب اختصاصی پتاسیم توسط برخی کانی‌های رسی می‌شود (اسپارکز، ۲۰۰۰). پتاسیم نسبت به یون‌های Ca^{2+}، Li^{+}، Mg^{2+} و Na^{+} بیشترین قطبش پذیری (nm^3 ۰/۰۸۸) را دارا می‌باشد اما نسبت به یون‌های Ba^{2+}، Cs^{+}، NH^{+4} و Rb^{+} قطبش پذیری پایین‌تری دارد (ریچ، ۱۹۶۸؛ اسپارکز و هوانگ، ۱۹۸۵). یون‌هایی که قطبش پذیری بالایی دارند در تبادل یونی ترجیح داده می‌شوند (اسپارکز، ۲۰۰۱).

۲-۲) شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک

وضعیت یک عنصر در یک خاک معین را نمی‌توان تنها با مقدار آن مشخص نمود، چون عناصر در اشکال و وضعیت‌های متفاوتی یافت می‌شوند و علاوه بر آن تبدیل از یک شکل به شکل دیگر و اضافه نمودن و خارج شدن آن‌ها از خاک، به طور کلی سبب ایجاد نظامی پویا در خاک می‌شود (دواتگر و همکاران، ۱۳۸۴). پتاسیم در خاک به چهار شکل وجود دارد که به ترتیب سهولت جذب برای گیاه شامل پتاسیم محلول، تبادلی، غیرتبادلی و ساختمانی می‌باشد (سیمارد و همکاران[1]، ۱۹۹۲؛ اسماعیل-پور فرد و گیوی، ۱۳۸۶؛ زائرنوملی و همکاران، ۱۳۸۸؛ نجفی قیری و همکاران، ۲۰۱۱). اهمیت نسبی هر یک از این اشکال بستگی به ترکیب کانی‌شناسی خاک دارد (کلاه‌چی و جلالی، ۱۳۸۴). پتاسیم محلول و تبادلی به عنوان شکل‌های با دسترسی آسان شناخته شده‌اند (جلالی و ضرابی، ۲۰۰۵) که مستقیماً توسط گیاه جذب می‌شوند (مالاوتا[2]، ۱۹۸۵؛ کرب و همکاران[3]، ۲۰۰۲). بسته به نوع خاک حدود ۹۸-۹۰ درصد کل پتاسیم خاک به شکل ساختمانی است. مهمترین کانی‌های حاوی پتاسیم فلدسپات‌ها و میکاها هستند که در طول فصل رشد بر اثر هوادیدگی پتاسیم خود را آزاد می‌کنند. یک تا ده درصد کل پتاسیم خاک به شکل غیرتبادلی است. پتاسیم در این حالت بین لایه‌های کانی‌های

1- Simard
2- Malavolta
3- Korb