Archive of SID

نشریه دانش آب و خاک / جلد ۳۰ شماره ۳صفحه‌های ۱ تا ۱۴ / سال ۱۳۹۹

تأثیر کشت نهال‌های پسته بر شکل‌های شیمیایی پتاسیم در برخی خاک‌های آهکی رفسنجان

سمانه زاده‌پاریزی[۱]، احمد تاج‌آبادی‌پور[۲]*، عیسی اسفندیارپور بروجنی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۳۰

۱-دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
۲-دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: tajabadi@ vru.ac.ir

چکیده

تغذیه مناسب گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کمیت و کیفیت محصول می‌باشد. پتاسیم یکی از عناصر پرمصرف و ضروری برای رشد گیاهان می‌باشد. شناخت شکل‌های مختلف پتاسیم در ارزیابی وضعیت این عنصر در خاک و نیز حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه مهم است. درک غلط از دینامیک پتاسیم در خاک منجر به مدیریت غیراصولی حاصلخیزی خاک خواهد شد. پتاسیم به چهار شکل محلول، تبادلی، غیرتبادلی و ساختمانی در خاک وجود دارد که قابلیت استفاده آن‌ها برای گیاه متفاوت است. مجموع شکل‌های محلول و تبادلی خاک به‌طور گسترده برای تعیین قابلیت استفاده پتاسیم برای گیاه به‌کار برده می‌شود. علاوه بر پتاسیم تبادلی، پتاسیم غیرتبادلی هم در تغذیه گیاه نقش مهمی دارد. این تحقیق برای بررسی شکل‌های شیمیایی پتاسیم و تأثیر کشت نهال‌های پسته در برخی خاک‌های آهکی رفسنجان انجام گردید. برای این کار استخراج شکل‌های شیمیایی پتاسیم توسط عصاره‌گیرهای استات‌آمونیوم مولار، اسید نیتریک مولار جوشان و آب مقطر در ۲۰ نمونه خاک آهکی رفسنجان در قبل و بعد از کشت انجام شد. نتایج نشان داد که بین پتاسیم محلول قبل و بعد از کشت تفاوت معناداری وجود نداشت در حالی‌که میزان پتاسیم تبادلی از ۲۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک قبل از کشت به ۲۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بعد از کشت افزایش یافت و مقدار پتاسیم غیرتبادلی نیز از ۶۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک قبل از کشت به ۵۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، کاهش یافت. استفاده از معادلات رگرسیونی چند متغیره نشان داد که شکل‌های شیمیایی پتاسیم به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله درصد رس بستگی داشت.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، پسته، شکل‌های شیمیایی، عصاره‌گیر شیمیایی، کاشت

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Pistachio Seedlings Planting on Chemical Forms of Potassium in Some Calcareous Soils of Rafsanjan

S Zadehparizi[1], A Tajabadi Pour[2*], I Esfandiarpoor Borujeni[2]

Received: November 14, 2018 Accepted: May 19, 2020

[1]Former M.Sc. Student, Soil Science Dept. Vali-e-Asr Univ. of Rafsanjan, Iran
[2]Assoc Prof., Soil Science Dept. Vali-e-Asr Univ. of Rafsanjan, Iran
* Corresponding Author, E-mail: tajabadi@vru.ac.ir

Abstract

Proper plant nutrition is one of the most important factors in improvement of crop quality and quantity. Potassium is one of the essential macronutrients for plant growth. Understanding the different forms of potassium is important in evaluation the situation of this element in soil fertility and plant nutrition. Incorrect understanding of the potassium dynamics in soil off leads to improper management of soil fertility. Soil potassium exists in four forms: soluble, exchangeable, non-exchangeable and structural that their availability for plant are different. Soluble and exchangeable forms are widely used for determination of the potassium availability for plants. In addition to the exchangeable potassium, non-exchangeable potassium plays an important role in plant nutrition. This study was done to evaluate the different chemical forms of potassium and effect of pistachio seedlings planting on changes of their forms in some calcareous soils of Rafsanjan. For determination of the chemical forms of their form's potassium in 20 calcareous soils samples of Rafsanjan before and after planting, 1 M NH_4OAc, boiling 1 M HNO_3 and distilled water were sample used. Results indicated that there was no significant difference between the soluble potassium before and after the planting. However, amount of exchangeable potassium increased from 239 mg kg^{-1} soil before planting to 270 mg kg^{-1} soil after planting and non-exchangeable potassium decreased from 683 mg kg^{-1} soil before planting to 570 mg kg^{-1} soil after planting. Multiple regression equations indicated that the different forms of potassium in soils were correlated with the physical and chemical properties of the soil such as clay content.

Keywords: Chemical extractants, Chemical forms cultivation, Pistachio, Planting, Potassium

مقدمه

در مدیریت تغذیه گیاهان، آگاهی از وضعیت پتاسیم خاک بسیار حائز اهمیت است. پتاسیم یکی از عناصر غذایی پرمصرف و ضروری برای گیاهان است که در فعالیت‌های زیستی متعددی از قبیل فعالیت آنزیم‌ها، کنترل باز و بسته شدن روزنه‌ها، پایداری pH سلولی، سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها، فرآیند انتقال الکترون در غشای سیتوپلاسمی سلول و فتوسنتز شرکت می‌کند (پاتیل ۲۰۱۱). این عنصر به طور متوسط ۲/٦ درصد وزنی پوسته زمین را تشکیل داده و از این رو هفتمین عنصر شیمیایی و چهارمین عنصر غذایی ضروری از نظر فراوانی در لیتوسفر می‌باشد (اسپارکس ۲۰۰۰).

وضعیت یک عنصر در خاک را نمی‌توان تنها با مقدار کل آن مشخص نمود، چرا که عناصر در اشکال و وضعیت‌های متفاوتی یافت می‌شوند و علاوه بر آن تبدیل از شکلی به شکل دیگر و اضافه شدن و خارج شدن آن‌ها از خاک سبب ایجاد نظامی پویا در خاک می‌شود (دواتگر و همکاران ۲۰۰٦). مقدار کل پتاسیم در خاک کمتر از ۰/۱ تا بیش از ٤ درصد متغیر است. این مقدار پتاسیم در دو شکل کلی پتاسیم ذخیره و پتاسیم فعال در خاک وجود دارند. پتاسیم ذخیره شامل پتاسیم ساختمانی کانی‌های فیلوسیلیکاتی و تکتوسیلیکاتی یا پتاسیم تثبیت‌شده بین لایه‌های آن‌ها و پتاسیم موجود در مواد آلی است. پتاسیم فعال شامل پتاسیم قابل جذب که در سطوح کلوئیدها وجود دارند و پتاسیم محلول می‌باشد. شکل‌های

www.SID.ir

Archive of SID

شیمیایی پتاسیم به‌ترتیب قابل دسترس بودن برای گیاهان عبارتند از: پتاسیم محلول، پتاسیم تبادلی، پتاسیم غیرتبادلی و پتاسیم ساختمانی (اسپارکس و هانگ ۱۹۸۵، منگل و کرکبی ۲۰۰۱). تعادل موجود بین شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک باعث تداوم تأمین پتاسیم می‌شود به‌گونه‌ای که با جذب پتاسیم محلول خاک توسط گیاهان و یا کاهش غلظت آن به‌وسیله آبشویی، پتاسیم از فاز تبادلی وارد فاز محلول شده و کاهش غلظت را جبران می‌کند. لیکن مقدار ذخیره پتاسیم به اندازه‌ای نیست که بتواند نیاز گیاهان را در فصل رشد تأمین نماید لذا باید به‌وسیله سایر شکل‌های تبادلی و به‌سختی قابل تبادل و یا با افزودن کود تأمین شود (سیمارد و همکاران ۱۹۹۲).

جداسازی شکل‌های عناصر برای برآورد مقدار قابل استفاده آن‌ها حائز اهمیت است. برای به‌دست آوردن اطلاعات جزئی از توزیع شکل‌های عناصر در خاک از روش‌های مختلف عصاره‌گیری استفاده می‌شود. معمولاً با توجه به ترکیبات شیمیایی به‌کار رفته در عصاره‌گیرها، هریک از آن‌ها دارای توانایی استخراج یک یا چند شکل می‌باشند (خودشناس و مفتون ۲۰۰۵). یکی از عصاره‌گیرهای رایج برای استخراج شکل‌های شیمیایی پتاسیم استفاده از استات آمونیوم مولار خنثی می‌باشد. در این روش مجموع پتاسیم محلول، تبادلی و تا حدودی غیرتبادلی اندازه‌گیری می‌شود (هلمک و اسپارکس ۱۹۹٦). پتاسیم استخراج‌شده به‌وسیله اسید نیتریک مولار جوشان بیانگر پتاسیم قابل تبادل و قابل استخراج از داخل ساختمان تکتوسیلیکات‌ها و فیلوسیلیکات‌ها و آن بخش از پتاسیم است که در مواضع گوه‌ای شکل و حفره‌های شش گوش واقع در بین لایه‌های تتراهدرال مجاور کانی‌های میکا و سایر کانی‌های حدواسط نگه‌داری می‌شود (رامهلد و کرکبی ۲۰۱۰). آب مقطر، پتاسیم محلول را استخراج می‌کند.

هاولین و همکاران (۱۹۹۹) بیان کردند که تغییر شکل‌های مختلف پتاسیم به یکدیگر می‌تواند روی قابلیت استفاده این عنصر پرمصرف اثر گذارد چرا که شکل‌های مختلف دارای قابلیت استفاده متفاوتی برای گیاه می‌باشند به‌طوری‌که پتاسیم محلول و تبادلی به سهولت قابل استفاده، پتاسیم غیرتبادلی به‌کندی قابل استفاده و پتاسیم ساختمانی تقریباً غیرقابل استفاده گیاه در طول یک فصل رشد می‌باشد. بنابراین هر عاملی که روی توزیع پتاسیم بین شکل‌های مختلف اثر گذارد، می‌تواند قابلیت استفاده این عنصر را تحت تأثیر قرار دهد. نجفی‌قیری و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه فاکتورهای مؤثر بر توزیع شکل‌های مختلف پتاسیم بیان کردند که عواملی مانند ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (توزیع اندازه ذرات، قابلیت هدایت الکتریکی، کربنات کلسیم معادل و ظرفیت تبادل کاتیونی)، نوع کانی‌های رسی، تکامل خاک و رژیم‌های حرارتی و رطوبتی خاک می‌تواند روی مقدار، توزیع و چرخه پتاسیم خاک موثر باشند.

پسته از مهم‌ترین محصولات باغی کشور است که علاوه بر مصارف داخلی، یکی از مهم‌ترین محصولات صادراتی کشور به‌حساب می‌آید. به‌علت نقش مهم پسته در صادرات و جایگاه آن به‌عنوان یکی از منابع تأمین ارز، برداشتن قدم‌های مؤثر جهت افزایش بازده تولید و کیفیت این محصول ضروری به نظر می‌رسد. تغذیه گیاه و فراهمی عناصر غذایی در رشد بهینه پسته نقش مهمی دارد. برای آن‌که بتوانیم عناصر مورد نیاز گیاه را فراهم کنیم باید ارزیابی صحیح و دقیقی از فراهمی عناصر داشته باشیم (خوش‌گفتارمنش ۲۰۰٤). پتاسیم یکی از عناصر پرمصرف برای رشد درختان پسته است. درختان پسته بعد از نیتروژن، بیشترین مقدار عنصری که سالانه از خاک برداشت می‌کنند پتاسیم است. شناخت شکل‌های مختلف پتاسیم در ارزیابی وضعیت این عنصر در خاک و نیز حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه مهم است. رفتار هر بخش تحت تأثیر اثر کشت متفاوت بوده و بسته به نوع و ویژگی‌های خاک و گیاه و شرایط اقلیمی ممکن است کاهش یا افزایش یابند. نجفی‌قیری (۲۰۱٦) با بررسی اثر کشت بر شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک‌های استان فارس، در مراحل مختلف رشد گندم، بیان کرد که میزان پتاسیم محلول، تبادلی و غیرتبادلی در خاک‌های بعد از کشت کمتر از خاک‌های قبل از کشت بود. با توجه به این‌که تغییرپذیری شکل‌های پتاسیم، تحت

www.SID.ir

Archive of SID

تأثیر کشت متفاوت بوده، بنابراین بررسی و شناخت این تغییرات می‌تواند در مدیریت این عنصر پرمصرف در خاک مهم باشد. این تحقیق با هدف مطالعه شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک‌های رفسنجان و مقایسه شکل‌های پتاسیم در خاک قبل و بعد از کشت نهال‌های پسته، همچنین بررسی اثر کشت بر این شکل‌ها درخاک‌های این منطقه صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

در فروردین ماه سال ۱۳۹۳ از ۱۰۰ منطقه مختلف پسته‌کاری شهرستان‌های رفسنجان (نوق، کبوترخان و حومه) و انار نمونه‌برداری خاک در ناحیه سایه‌انداز درخت و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری صورت گرفت. در نمونه‌های فوق ویژگی‌های مانند بافت، آهک و پتاسیم قابل استفاده تعیین گردید و در نهایت ۲۰ نوع خاک که دارای دامنه وسیعی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بودند، برای آزمایش گلخانه‌ای انتخاب شدند. بعد از هواخشک نمودن نمونه‌های خاک و عبور از الک دو میلی‌متری، برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها از جمله pH در خمیر اشباع خاک توسط الکترود شیشه‌ای (ریچاردز ۱۹۵٤)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع، بافت به روش هیدرومتر (بویوکوس ۱۹۵۱)، کربن آلی (جکسون ۱۹۷۵)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (آلیسون و مودی ۱۹٦۵)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش جانشینی کاتیون‌ها با سدیم استات (چاپمن ۱۹٦۵)، غلظت روی، آهن، مس و منگنز عصاره‌گیری شده به وسیله DTPA (لیندسی و نورول ۱۹۷۸) با استفاده از دستگاه جذب اتمی و غلظت پتاسیم عصاره‌گیری شده به روش استات آمونیوم مولار (هلمک و اسپارکس ۱۹۹٦) با دستگاه فلیم فتومتر تعیین گردید.

پژوهش حاضر به صورت طرح کاملا تصادفی با سه تکرار و ۲۰ نوع خاک، در شرایط گلخانه‌ای صورت گرفت. بر اساس نتایج تجزیه خاک و برای تأمین احتیاجات کودی گیاه، عناصر غذایی نیتروژون از منبع نیترات آمونیوم به‌مقدار ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به تمامی خاک‌ها و فسفر از منبع مونوکلسیم فسفات به مقدار ٤۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به خاک‌هایی که مقدار فسفر قابل استفاده آن‌ها کمتر از ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود، اضافه شد. پس از اضافه کردن عناصر غذایی فوق به خاک و رساندن رطوبت آن به حد ظرفیت مزرعه، خاک موجود در هر پلاستیک را به‌خوبی هم زده تا کاملاً یکنواخت گردد. سپس خاک‌ها به داخل گلدان‌های پلاستیکی ٤ کیلوگرمی منتقل گردید. بذرهای پسته (رقم بادامی ریز زرند) پس از جداسازی پوست سخت، به‌مدت ۲٤ ساعت در آب مقطر استریل، در یک ظرف دربسته خیسانده شدند. بعد از گذشت این زمان به‌مدت ۱۰ دقیقه در محلول وایتکس ۱۰ درصد قرار داده شدند و پس از ۳ بار شست‌وشو با آب مقطر به‌مدت ۳۰ دقیقه با سم بنومیل با غلظت ۲ گرم در لیتر علیه قارچ ضدعفونی شده و تا مرحله جوانه‌زنی به‌مدت چند روز میان پارچه‌های متقال مرطوب در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند. پس از جوانه زدن بذرها، ۸ بذر در عمق سه سانتی‌متری کشت گردید. آبیاری گلدان‌ها تا پایان آزمایش به‌وسیله آب مقطر تا رسیدن به حد ظرفیت مزرعه همراه با توزین مرتب آنها صورت گرفت. حدود یک ماه پس از کشت و پس از استقرار کامل نهال‌ها، تعداد نهال‌ها در هر گلدان به پنج نهال کاهش داده شد. در پایان دوره رشد (بعد از ۲۸ هفته)، گیاهان از محل طوقه قطع، و برگ و ساقه آن‌ها جدا گردید. سپس هر کدام به‌صورت جداگانه، پس از شست‌وشو با آب معمولی و آب مقطر در دمای ٦۵ درجه سلسیوس خشک شدند تا وزن آن‌ها به حد ثابتی برسد. پس از توزین جداگانه برگ و ساقه، نمونه‌ها توسط آسیاب برقی پودر گردیدند. به‌منظور تهیه عصاره، ۰/۵ گرم از نمونه‌های پودرشده (بخش هوایی) در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به روش خشک‌سوزانی خاکستر شده و با استفاده از اسید کلریدریک دو نرمال به‌صورت محلول درآورده شدند (چاپمن ۱۹٦۵). در عصاره به‌دست آمده، غلظت پتاسیم توسط دستگاه فلیم فتومتر تعیین گردید. در پایان آزمایش پس از برداشت گیاهان، خاک گلدان‌ها به دقت از ریشه‌های گیاه جدا و پس از هوا خشک شدن، از الک دو میلی‌متری، عبور داده شدند. در نهایت به‌منظور استخراج پتاسیم و تعیین

www.SID.ir

Archive of SID

شکل‌های شیمیایی آن، نمونه های خاک قبل و بعد از کشت با روش‌های ذکر شده در جدول ۱ عصاره‌گیری شدند و در نهایت غلظت پتاسیم عصاره‌ها به‌وسیله دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد.

در خاتمه نتایج و داده‌های به‌دست آمده از تجزیه گیاه و خاک توسط نرم‌افزار SPSS تحلیل آماری شد و جدول‌های مربوطه با استفاده از برنامه Word رسم و نتایج آن‌ها تفسیر گردید. هم‌چنین مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون T در سطح پنج درصد انجام گردید.

جدول ۱- روش عصاره‌گیری و مشخصات شکل‌های شیمیایی پتاسیم.

عصاره‌گیر	نسبت خاک به عصاره‌گیر	زمان تکان دادن (min)	شکل قابل استخراج *	منبع
استات آمونیوم ۱ مولار خنثی	۱:۲۰	۳۰	محلول، تبادلی	هلمک و اسپارکس (۱۹۹۶)
آب مقطر	۱:۵	۳۰	محلول	راول (۱۹۹٤)
اسید نیتریک مولار جوشان	۱:۲/۵	۳۰	محلول،تبادلی و قسمت عمده‌ای از غیر تبادلی	آلکانانی و همکاران (۱۹۸٤)

* شکل تبادلی از تفاضل شکل محلول (آب مقطر) از استات آمونیوم مولار خنثی حاصل می‌شود.

شکل غیرتبادلی از تفاضل عصاره‌گیر استات آمونیوم و عصاره‌گیر اسید نیتریک مولار جوشان به‌دست می‌آید.

نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده است. اطلاعات این جدول نشان می‌دهد که خاک‌ها از تنوع وسیعی در ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی برخوردارند. به‌عنوان مثال دامنه تغییرات رس در این خاک‌ها از ۳/۵ تا ۲۲/۸ درصد است. همه خاک‌ها قلیایی بوده و مقدار ماده آلی آن‌ها نسبتاً پایین است. مقدار کربنات کلسیم معادل خاک‌ها بین ۱۸ تا ۳۳ درصد متغیر است.

میانگین و محدوده شکل‌های شیمیایی پتاسیم در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود میانگین پتاسیم محلول که به‌وسیله آب مقطر استخراج شده است در خاک‌های قبل و بعد از کشت به ترتیب ۱٤ و ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد. این اعداد در واقع بیانگر عدم تغییر در میزان پتاسیم محلول خاک در اثر کشت می‌باشند، در حالی‌که میزان پتاسیم تبادلی از ۲۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به ۲۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش یافته است و مقدار پتاسیم غیرتبادلی نیز از ٦۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک قبل از کشت به ۵۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بعد از کشت کاهش پیدا کرده است. مقدار پتاسیم موجود در محلول خاک به‌طور متوسط ۰/۱ تا ۰/۲ درصد پتاسیم کل خاک می‌باشد. درواقع مقدار پتاسیم موجود در محلول خاک بسته به طبیعت گیاه، ساختار خاک، سطح کودی و میزان رطوبت بین ۱۰ تا ٦۰ میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر است (سالاردینی ۲۰۰۸). بخش تبادلی پتاسیم، به آسانی می‌تواند برای گیاه قابل استفاده باشد و هنوز اندازه‌گیری آن یکی از مهم‌ترین راه‌های برآورد قابلیت جذب پتاسیم به‌وسیله گیاه است

پتاسیم تبادلی از تفاضل بین مقدار پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم مولار خنثی و آب مقطر (پتاسیم محلول) به‌دست می‌آید. میانگین این شکل پتاسیمی در خاک های قبل از کشت ۲۳۹ و در خاک‌های بعد از کشت ۲۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک اندازه‌گیری شد. میزان پتاسیم تبادلی یا جذب سطحی شده روی کلوئیدها از ۱۰۰ تا بیش از ۲۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (ملکوتی و همایی ۱۹۹۵، هاولین و همکاران ۱۹۹۹). این شکل از پتاسیم همانند کاتیون‌های

www.SID.ir

Archive of SID

تبادلی دیگر به‌وسیله نیروهای الکترواستاتیک بارهای منفی کلوئیدهای آلی و معدنی خاک نگهداری می‌شود و تحت شرایطی به‌آسانی توسط نمک‌های خنثی قابل استخراج می‌باشد (آرنولد و کلوز ۱۹۶۱).

پتاسیم قابل استخراج به‌وسیله اسید نیتریک جوشان بیانگر پتاسیم استخراج‌شده از مواضع و حفره‌های بین لایه‌ها می‌باشد. این بخش از پتاسیم در مقایسه با پتاسیم محلول و تبادلی در مقادیر کمتر اما طولانی‌تری توسط گیاه می‌تواند برداشت شود. حاصل تفاضل پتاسیم استخراج شده توسط عصاره‌گیر استات آمونیوم از مقدار پتاسیم عصاره‌گیری شده توسط اسید نیتریک مولار جوشان بیانگر مقدار پتاسیم غیرتبادلی خاک می‌باشد.

پتاسیم غیرتبادلی، به‌آسانی قابل استفاده گیاه نیست ولی منبع مهمی برای گیاه می‌باشد (شیواپراکش و همکاران ۲۰۰۸). میانگین پتاسیم غیرتبادلی در خاک‌های قبل وبعد از کشت به‌ترتیب ۶۸۳ و ۵۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد.

.جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه.

خصوصیات خاک	دامنه تغییرات	میانگین
رس (٪)	۳/۲۲-۵/۸	۷/۹
سیلت (٪)	٤/۲٦-٥	۱۱/۱
شن (٪)	٥۷/۹۹-۲/۲	۸۱
ماده آلی (٪)	۰/۳-۷/۹	۱/٥
آهک (٪)	۳۳-۱۸	۱۲/٥
قابلیت هدایت الکتریکی ($ds\ m^{-1}$)	۰/۹-۹/۲	٤/۲
pH گل اشباع	۷/۸-٤/٥	۷/۹
ظرفیت تبادل کاتیونی	۳/۱٦-۹/۹	۹/۹
پتاسیم ($mg\ kg^{-1}$)	۷۰-٥٥۰	۲٥۳
منگنز ($mg\ kg^{-1}$)	۱/۳٤-۱/۳	٥/۷
روی ($mg\ kg^{-1}$)	۰/٦-٤/۷	۱/۸
مس ($mg\ kg^{-1}$)	۰/۸-۷/۲	۱/۷
آهن ($mg\ kg^{-1}$)	٤/۱٤-۹/۷	۹/٤

نتایج تجزیه‌های آماری نیز نشان داد که بین شکل محلول قبل و بعد از کشت تفاوت معناداری نداشت درحالی که شکل‌های تبادلی و غیرتبادلی قبل و بعد از کشت دارای تفاوت معناداری شدند (جدول ۳). جذب پتاسیم به‌شدت به غلظت یون‌های پتاسیم محلول وابسته است که این غلظت به روابط تعادلی بین پتاسیم محلول و تبادلی و بین پتاسیم تبادلی و غیرتبادلی بستگی دارد. تخلیه پتاسیم خاک در حد فاصل ریشه و خاک موجب تخلیه پتاسیم تبادلی در جهت برقراری معادله تعادلی فوق می‌گردد با گذشت زمان غلظت پتاسیم تبادلی کاهش می‌یابد. کاهش یافتن پتاسیم تبادلی موجب تشدید حرکت پتاسیم غیرتبادلی به مکان‌های تبادلی می‌گردد. تعادل مزبور بسیار پیچیده بوده و به میزان پتاسیم در هر یک از شکل‌ها بستگی دارد. مالاولتا (۱۹۸۵) بیان کرد در اغلب خاک‌ها پتاسیم تبادلی در مدت یک ساعت با محلول خاک به تعادل می‌رسد و در برخی خاک‌ها این نوع تعادل آنی است در نتیجه میزان پتاسیم محلول ثابت می‌ماند. خاک‌هایی که قدرت بافری خوبی دارند، توانایی تامین پتاسیم چندان تحت تأثیر جذب گیاه قرار نمی‌گیرد به‌طوری‌که در این خاک‌ها پتاسیم محلول در خاک در

www.SID.ir

Archive of SID

طول دوره رشد گیاه و حتی از سالی به سال دیگر تقریباً ثابت می‌ماند.

جدول ۳- میانگین و محدوده شکل‌های شیمیایی پتاسیم ($mg\ kg^{-1}$) قبل و بعد از کشت.

شکل شیمیایی	قبل از کشت		بعد از کشت	
	میانگین	محدوده	میانگین	محدوده
پتاسیم محلول	۱٤[a]	۲/٤-۲/۵۸	۱۵[a]	۱/۵-۳/۵۱
پتاسیم تبادلی	۲۳۹[b]	۸۹-٤۹۳	۲۷۰[a]	٦۲-٤۵۹
پتاسیم غیرتبادلی[۲]	٦۸۳[a]	۲۵۲-۹۲۲	۵۷۰[b]	۲۷۹-۹۲۷

میانگین‌های دارای حروف لاتین مشترک در هر ردیف در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون t تفاوت معناداری ندارند.

افزایش در میزان پتاسیم تبادلی ممکن است مربوط به پدیده تثبیت پتاسیم باشد. در خاک‌های خشک میزان تثبیت پتاسیم بیشتر از زمانی است که خاک‌ها تحت تاثیر کشت و عمل تر و خشک شدن قرار می‌گیرند. در اثر آبیاری، رس‌های رشته‌ای خاک به کانی‌های قابل انبساط تبدیل می‌شوند که آزادسازی پتاسیم را افزایش می‌دهد (نیمن و سینگر ۲۰۰٤، ویلسون ۱۹۹۹). هانگ (۲۰۰۵) بیان کرد که میزان تثبیت پتاسیم در خاک‌ها علاوه بر نوع کانی‌ها و بار آن‌ها به میزان رطوبت و pH خاک و غلظت سایر یون‌ها بستگی دارد. شهبازی و همکاران (۲۰۰۷) طی پژوهشی به‌منظور بررسی اثر رژیم‌های رطوبتی مختلف بر پتاسیم تبادلی خاک‌های جمع‌آوری شده از مناطق مختلف زراعی ایران مشاهده کردند که میانگین پتاسیم تبادلی بعد از اعمال ۱۰ و ۲۰ چرخه خشک و مرطوب شدن، به ترتیب ۱۷/۵ و ۱۹/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش یافت. استینکمپ و همکاران (۱۹۸۹) بیان می‌کنند که تر و خشک کردن خاکی که پتاسیم قابل استفاده در آن پایین است سبب رهاسازی پتاسیم از مکان‌های غیرتبادلی می‌گردد. نتایج مشابهی توسط جعفری و باقرنژاد (۲۰۰۵) برای خاک‌های هفت تپه خوزستان نیز مشاهده شده است.

یکی از دلایل افزایش در میزان پتاسیم تبادلی، مصرف کود آمونیوم‌نیترات است. یکسان بودن شعاع یونی پتاسیم و آمونیوم، باعث ایجاد برهمکنش منفی بین آن‌ها می‌شود. با توجه به این برهمکنش، افزایش غلظت هر یک از این یون‌ها باعث افزایش تثبیت آن یون و آزادسازی دیگری می‌شود. این فرآیند سبب می‌شود که در اثر مصرف کودهای حاوی آمونیوم، آزادسازی پتاسیم از مکان‌های غیرتبادلی صورت گیرد. پیشگیر و جعفری (۲۰۱٤) با مقایسه تثبیت پتاسیم و آمونیوم رس‌های جداسازی شده از خاک، بیان کردند که مصرف کودهای آمونیومی که سبب آزاد شدن آمونیوم به داخل خاک می‌شوند، نه تنها سبب جلوگیری از تثبیت پتاسیم می‌شود بلکه می‌تواند باعث رهاسازی پتاسیم و دسترسی بیشتر آن برای گیاه گردد.

نتایج مطالعه حسینی‌فرد و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که کانی‌های میکا، اسمکتیت، کلریت و فلدسپار در خاک‌های رفسنجان و نوق موجود است و در خاک‌های منطقه انار علاوه بر این کانی‌ها، کانی‌های کائولینیت و پالیگورسکایت هم موجود می‌باشد. هم‌چنین نتایج مطالعه فرپور و همکاران (۲۰۰۲) در خاک‌های رفسنجان و نوق نشان داد که پالیگورسکایت، ایلیت، کلریت و اسمکتیت موجود است. نتایج عبدی (۲۰۱٦) در خاک‌های رفسنجان و نوق نیز نشان داد که در این مناطق کانی‌های مونت‌موریلونیت، کلریت، ایلیت، کوارتز وجود دارد.

کانی‌های رسی غالب منطقه، رس‌های اسمکتیت هستند که ظرفیت تثبیت آمونیوم بالاتری نسبت به پتاسیم دارند. هم‌چنین در اثر آبیاری، رس‌های رشته‌ای

www.SID.ir

Archive of SID

خاک به کانی‌های قابل انبساط تبدیل می‌شوند که آزادسازی پتاسیم را افزایش می‌دهد (نیمن و سینگر ۲۰۰٤، ویلسون ۱۹۹۹). در رس‌های اسمکتیت به‌علت پیوندهای ضعیف بین لایه‌ای و آب‌پوشی یون‌های جذب شده در بین لایه‌ها، کانی قادر به انبساط بوده و عبور سریع یون‌ها از داخل لایه‌ها امکان‌پذیر می‌باشد (اسپارکس ۱۹۸۷).

پتاسیم غیرتبادلی شکلی از پتاسیم است که بین لایه‌های کانی‌هایی مثل میکا، ورمیکولیت، ایلیت و اسمکتیت تثبیت شده‌است. هنگامی که پتاسیم محلول و تبادلی به‌علت جذب گیاه و شست‌وشو خارج می‌شوند، پتاسیم غیرتبادلی به شکل تبادلی آزاد می‌شود. بنابراین برای رشد حداکثر گیاه، پتاسیم محلول و تبادلی به‌طور مداوم نیاز به تجدید دارند که این کار از طریق آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی صورت می‌گیرد. راهب و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای غیرتبادلی است. تر و خشک شدن خاک به دفعات زیاد از نشان دادند که ایلیت و اسمیکتیت منبع مهمی برای پتاسیم یک سو و جذب پتاسیم توسط نهال‌های پسته از سوی دیگر سبب شده که آزادسازی پتاسیم تثبیت شده از فضای بین لایه‌ای کانی‌های خاک تشدید شود. این نتایج با یافته‌های جعفری و باقرنژاد (۲۰۰۵) مطابقت دارد. این نتایج نشان‌دهنده آن است که پتاسیم از شکل‌هایی با فراهمی کمتر به شکل‌هایی با فراهمی بیشتر تبدیل شده است. بحرینی‌طوحان و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی نقش پتاسیم غیرتبادلی در تغذیه گیاه ذرت در خاک‌های زراعی استان گیلان بیان کردند که میزان پتاسیم محلول در خاک‌های قبل و بعد از کشت تغییراتی را نشان نداد درحالی که پتاسیم تبادلی و غیرتبادلی کاهش پیدا کردند. با برداشت پتاسیم از فاز محلول توسط گیاه، بلافاصله به دلیل ایجاد شیب منفی غلظت پتاسیم از فرم تبادلی و غیرتبادلی رها شده و کمبود آن، برطرف می‌شود. حسینی‌فرد و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی رابطه بین سن درختان پسته با شکل‌های پتاسیم بیان کردند که میزان پتاسیم غیرتبدلی در زمین‌های بکر بیشتر از زمین‌های تحت کشت پسته می‌باشد. هم‌چنین آنان گزارش کردند که با گذشت زمان میزان پتاسیم قابل استفاده گیاه تغییر چندانی نمی‌کند درحالی‌که میزان پتاسیم تبادلی و غیرتبادلی با افزایش سن درختان پسته کاهش پیدا کرد. در خاک-هایی که میزان پتاسیم تبادلی بالایی داشتند، به‌طور متوسط ٤۸-۸ درصد و در خاک‌هایی که پتاسیم تبادلی‌شان پایین بود، کاهش پتاسیم تبادلی به طور متوسط ۲۰-۲ درصد مشاهده شد. بیشترین کاهش پتاسیم غیرتبادلی ۵۰ درصد و برای باغ‌های ٤۰ ساله در منطقه‌ای که کمترین مقدار پتاسیم تبادلی را داشت مشاهده شد. هم‌چنین این افراد بیان کردند که جذب پتاسیم توسط گیاه، سن درختان پسته و وضعیت اولیه پتاسیم تبادلی، عوامل مؤثر بر کاهش پتاسیم غیرتبادلی در خاک‌های تحت کشت پسته می‌باشد. طباطبایی و هان‌وی (۱۹٦۸) اظهار داشتند که جذب پتاسیم غیرتبادلی توسط گیاه، یک تابع خطی با زمان کشت دارد که این نیز ارتباط زیادی با حداقل سطح پتاسیم تبادلی دارد. مدراس و کوبوا (۲۰۱۵) همبستگی خطی بین کاهش در میزان پتاسیم تبادلی خاک و رهاسازی پتاسیم از شکل غیرتبادلی نشان دادند. تحقیقات در کانادا نیز نشان داد که ذخایر پتاسیم در کانی‌های اولیه و ثانویه قسمت عمده‌ای از نیاز گیاهان چندساله و یک ساله به پتاسیم را رفع می‌کند (سیمارد و همکاران ۱۹۹۲). سهم پتاسیم غیرتبادلی خاک در تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه به عوامل متعددی از قبیل نوع و مقدار کانی‌های پتاسیم دار، اندازه ذرات آن‌ها، مقدار یا درصد اولیه پتاسیم تبادلی خاک، سرعت جذب پتاسیم توسط گیاه، میزان آبشویی و رطوبت و دما بستگی دارد (ژانگ و همکاران ۲۰۱۱).

تعیین ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های خاک و شکل‌های شیمیایی پتاسیم

نمونه‌های خاک قبل از کشت

نتایج به‌دست آمده از تجزیه‌های آماری نشان داد که بین شکل‌های شیمیایی پتاسیم قبل از کشت و بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک همبستگی معناداری وجود دارد (جدول ٤). هم‌چنین نتایج ضرایب همبستگی نشان دادند که همبستگی مثبت و معناداری بین پتاسیم محلول با درصد رس (r=۰/٥٦۲) و ظرفیت تبادل کاتیونی (r=۰/٤۰۱) در سطح

www.SID.ir

Archive of SID

یک درصد و با قابلیت هدایت الکتریکی (r=۰/۳۷۷) در سطح پنج درصد می‌باشد. هم‌چنین بین پتاسیم تبادلی با درصد رس (r=۰/۸۲۹) و ظرفیت تبادل کاتیونی (r=۰/۵۶۲) همبستگی مثبت و معناداری در سطح ۵ درصد وجود داشت. پتاسیم غیرتبادلی نیز با درصد ماده آلی (r=۰/٤۷۵)، درصد رس (r=۰/٤۲۹) همبستگی مثبت و معناداری در سطح پنج درصد و با ظرفیت تبادل کاتیونی (r=۰/٦۸۷*) همبستگی مثبت و معناداری در سطح یک درصد نشان داد.

نمونه‌های خاک بعد از کشت

نتایج به‌دست آمده از تجزیه‌های آماری نشان داد که بین شکل‌های شیمیایی پتاسیم بعد از کشت و بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک همبستگی معناداری وجود دارد (جدول ٤). نتایج ضرایب همبستگی نشان می‌دهند بین شکل محلول پتاسیم با قابلیت هدایت الکتریکی (r=۰/٤۳۵) و ظرفیت تبادل کاتیونی (r=۰/٤۷۸) همبستگی مثبت و معنادار با ضریب اطمینان ۹۵ درصد و هم‌چنین بین شکل محلول و درصد رس (r=۰/۵۷۵) همبستگی مثبت و معنادار با ضریب اطمینان ۹۹ درصد وجود دارد. شکل تبادلی با میزان ماده آلی (r=۰/۳۷۵) همبستگی مثبت و معناداری در سطح ۵ درصد، و با درصد رس (r=۰/٦٤٤) و ظرفیت تبادل کاتیونی (r=۰/٦۰۲) همبستگی مثبت و معناداری در سطح یک درصد نشان داد. هم‌چنین بین شکل غیرتبادلی پتاسیم با ظرفیت تبادل کاتیونی (r=۰/۷۲۸) و درصد رس (r=۰/۸٦٦) همبستگی مثبت و معنادار با ضریب اطمینان ۹۹ درصد وجود داشت.

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین شکل‌های شیمیایی پتاسیم و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه.

شکل‌های شیمیایی	ویژگی‌های خاک					
	OM	CCE	Clay	pH	CEC	EC
	قبل از کشت					
محلول	۰/۲٤۷^{ns}	۰/۰٦۸^{ns}	۰/۵٦۲**	۰/۰٦۸^{ns}	۰/٤۰۱*	۰/۳۷۷*
تبادلی	۰/۲۹۲^{ns}	۰/۰٤٤^{ns}	۰/۸۲۹**	۰/۲۹۱^{ns}	۰/۷۳۷**	۰/۰۹٦^{ns}
غیرتبادلی	۰/٤۷۵*	۰/۰٤۱ ^{ns}	۰/٤۲۹*	۰/۳٦۷^{ns}	۰/٦۸۷**	-۰/۲۱۵^{ns}
	بعد از کشت					
محلول	۰/۳۵۰^{ns}	۰/۲٤۷^{ns}	۰/۵۷۵**	۰/۰۳٦^{ns}	۰/٤۷۸*	۰/٤۳۵*
تبادلی	۰/۳۷۵*	۰/۰۱۵^{ns}	۰/٦٤٤**	۰/۲۹٤^{ns}	۰/٦۰۲**	-۰/۰۰۱^{ns}
غیرتبادلی	۰/۲۸۰^{ns}	۰/۰۵۹^{ns}	۰/۸٦٦**	۰/۱۷۵^{ns}	۰/۷۲۸**	۰/۱۳۱^{ns}

* و ** به‌ترتیب معنادار در سطح احتمال پنج و یک درصد، ns غیر معنادار.

تعیین معادلات رگرسیونی خطی چندمتغیره بین ویژگی‌های خاک و عصاره‌گیرهای شیمیایی پتاسیم

در این تحلیل ابتدا هرکدام از شکل‌های پتاسیم به‌طور جداگانه به‌عنوان متغیر وابسته و ویژگی‌های خاک (pH، EC، درصد رس، ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و کربنات کلسیم) به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته و آزمون رگرسیون انجام شد. با توجه به سطح معناداری (p-value)، چنان‌چه سطح معناداری متغیرهای مستقل کمتر از ۰/۰۵ باشد پس فرض صفر رد شده و در سطح اطمینان ۹۵ درصد ضریب آن در معادله رگرسیون معنادار است. با توجه به سطح معناداری ویژگی‌های خاک، معادله رگرسیون شکل‌های شیمیایی پتاسیم به‌دست آمد (جدول ۵).

نتایج نشان داد که تنها در رابطه با شکل غیرتبادلی قبل از کشت سطح معناداری هیچ یک از متغیرهای مستقل کمتر از ۰/۰۵ نشده پس فرض صفر

www.SID.ir

Archive of SID

رد نشده و در سطح اطمینان ۹۵ درصد ضریب آن در معادله رگرسیون معنادار نیست. در بررسی ضرایب همبستگی و معادلات رگرسیونی خطی بین ویژگی‌های خاک و شکل‌های شیمیایی پتاسیم، مشاهده شد که شکل‌های شیمیایی، تنها با درصد رس خاک همبستگی مثبت و معناداری داشتند. بنابراین می‌توان بیان کرد که رس نقش مهمی در جذب، تبادل و تعادل شکل‌های شیمیایی پتاسیم در خاک داشته است. بیشترین ضریب تبیین شکل‌های قبل از کشت مربوط به شکل تبادلی (۰/۷۳۳) بود در حالی که شکل غیرتبادلی پتاسیم بیشترین ضریب تبیین (۰/۸۱٤) را در نمونه‌های بعد از کشت داشت. سینها و بیس‌واس (۲۰۰۳) در مطالعات خود نشان دادند که پتاسیم قابل استفاده گیاه، محلول و غیرتبادلی با درصد رس و ظرفیت تبادل کاتیونی همبستگی مثبت و معناداری دارند. کاندا و همکاران (۲۰۱٤) در بررسی ۱۷ نمونه خاک در منطقه هوگلی در غرب بنگال، گزارش کردند که پتاسیم محلول با درصد شن همبستگی منفی و با درصد رس (r=۰/۹٤۰) و ظرفیت تبادل کاتیونی (r=۰/۹٦۰) همبستگی مثبت و معناداری در سطح احتمال یک درصد داشت. رضاپور و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی خاک‌های آهکی بیان کردند که بین همه شکل‌های پتاسیم به جز شکل محلول، با درصد رس همبستگی مثبت و قوی وجود دارد. نجفی‌قیری و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعات خود روی خاک‌های آهکی جنوب ایران بیان کردند که بین شکل‌های مختلف پتاسیم با درصد رس، ظرفیت تبادل کاتیونی و کربنات کلسیم معادل همبستگی مثبت و معناداری وجود دارد.

جدول ۵- معادله رگرسیونی بین شکل‌های شیمیایی پتاسیم و خصوصیات خاک

شکل شیمیایی	ضریب تبیین (R^2)	معادله
	قبل از کشت	
محلول	۰/۵۰۰*	K Solution =۰/۱+۲۵۸/۲۵۸Clay
تبادلی	۰/۷۳۳*	K Exchangeable =۱٤۲/۱۱+۸٦۰/٥٦٤Clay
غیرتبادلی	۰/٥٥٤*	-
	بعد از کشت	
محلول	۰/٥۹٤*	K- Solution= -۷/۰۳۲+۱/۴۷۳ EC +۱/۰۲۲ Clay
تبادلی	۰/٥۲٦*	K Exchangeable= -۲۱۹/۱۱+٦۸۲/۷۳۸Clay
غیرتبادلی	۰/۸۱٤*	K-Non Exchangeable= -۲۱۹/٦۸۲+۱۱/۷۳۸ Clay

* معنادار در سطح احتمال ٥ درصد

تعیین ضرایب همبستگی ساده بین شکل‌های شیمیایی پتاسیم

نمونه‌های خاک قبل از کشت

ضرایب همبستگی بین شکل‌های شیمیایی مختلف (قبل از کشت) در جدول ٦ ارائه شده است.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان دادند که بین پتاسیم محلول و تبادلی همبستگی مثبت و معناداری وجود دارد (r=۰/۷٥۳) درحالی که پتاسم محلول با پتاسیم غیرتبادلی هیچ‌گونه همبستگی نداشت. هم‌چنین همبستگی مثبت و معناداری بین پتاسیم تبادلی و غیرتبادلی (r=۰/٥۹۸) با ضریب اطمینان ۹۹ درصد وجود داشت.

نمونه‌های خاک بعد از کشت

ضرایب همبستگی بین شکل‌های شیمیایی مختلف (بعد از کشت) در جدول ٦ ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان دادند که بین پتاسیم محلول با پتاسیم تبادلی (r=۰/۵۵٦) و غیرتبادلی (r=۰/٦۱۵) همبستگی مثبت و معناداری با ضریب اطمینان ۹۹ در صد وجو دارد.

جدول ۶- ضریب همبستگی ساده بین شکل‌های شیمیایی مختلف.

شکل‌های شیمیایی	قبل از کشت		
	محلول	تبادلی	غیرتبادلی
محلول	۱		
تبادلی	۰/۷۵۳**	۱	
غیرتبادلی	۰/۳۱۲ns	۰/۵۹۸**	۱
	بعد از کشت		
محلول	۱		
تبادلی	۰/۵۵٦**	۱	
غیرتبادلی	۰/٦۱۵**	۰/٤۵۸*	۱

*و ** به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد آزمون پیرسون معنادار می‌باشد، ns غیر معنادار.

پتاسیم تبادلی با غیرتبادلی نیز همبستگی مثبت و معناداری را در سطح پنج درصد نشان داد (r=۰/٤۵۸).

همبستگی مثبت بین شکل‌های پتاسیم این حقیقت را روشن می‌کند که این شکل‌ها در تعادلی پویا قرار دارند و با کاهش هر شکل، شکل‌های دیگر کاهش پیدا می‌کند به عبارتی پتاسیم قابل استفاده تحت کنترل شکل‌های دیگر قرار دارد. سینگ و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند که همبستگی بالایی بین شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک‌های هند وجود دارد. ساینی وگراول (۲۰۱٤) با بررسی پتاسیم خاک‌های تحت کشت در هاریانا بیان کردند که پتاسیم محلول رابطه مثبت و معناداری با پتاسیم تبادلی (r=۰/۹۱۸) و غیرتبادلی (r=۰/۸۹٤) در سطح یک درصد دارد. هم‌چنین پتاسیم تبادلی با غیرتبادلی (r= ۰/۸٤۹) همبستگی معناداری داشتند. نتایج به‌دست آمده با یافته‌های برخی پژوهشگران از جمله گانکوپادیای و همکاران (۲۰۰۵)، ستیا و شرما (۲۰۰٤) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

این مطالعه نشان داد که کشت گیاه بر مقادیر شکل‌های شیمیایی پتاسیم تأثیر گذاشت. هم‌چنین رفتار هر بخش تحت اثر کشت متفاوت بود. به‌طوری که در اثر پدیده تر و خشک شدن خاک، بین مقادیر پتاسیم محلول قبل و بعد از کشت تفاوت معناداری ایجاد نشد در حالی‌که مقدار پتاسیم تبادلی خاک بعد از کشت افزایش و غیرتبادلی کاهش پیدا کرد. با وجود این‌که شکل غیرتبادلی در مقایسه با شکل‌های تبادلی و محلول دارای فراهمی نسبتاً کمتری است، اما توانست در تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه نقش مهمی ایفا کند. بنابراین در نظر گرفتن پتاسیم غیرتبادلی، در توصیه کودی می‌تواند بسیار مفید باشد. هم‌چنین با بررسی معادلات رگرسیونی خطی مشاهده شد که رس نقش مهمی در جذب، تبادل و تعادل شکل‌های شیمیایی پتاسیم در خاک داشته است.

منابع مورد استفاده

www.SID.ir

Archive of SID

Abdi S, 2016. Modeling of release rate and adsorbing capacity of potassium in pistachio orchards of Rafsanjan region. PhD Dissertation, Soil Science Department, College of Agriculture, Vali-e-Asr university of Rafsanjan. (In Persian)

Alison LE and Moodie CD, 1965. Carbonate. Pp. 1379-1396. In: Black CA, Evans DD, Ensminger LE, White JL and Clark FE.. (eds.). Methods of Soil Analysis. Part II, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsim.

Al-Kanani T, Mackenzi AF and Ross GJ, 1984. Potassium status of some Quebec soils: K release by nitric acid and sodium tetraphenyl boron as related to particle size and mineralogy. Canadian Journal of Soil Science 64: 99-106.

Arnold PW and Close BM, 1961. Potassium releasing power of soils from the agdell rotation experiment assessed by glasshouse cropping. Journal of Agriculture Science 57(3): 381-386.

Bahreini M, Dordipour E and Khormali F, 2013. The role of non-exchangeable potassium on plant nutrition (*Zea mays* L.) in predominant soil series of Golestan province. 23(2): 159-176. (In Persian)

Bouyoucos GJ, 1951. A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soil. Agronomy Journal 43: 434-438.

Chapman HD, 1965. Cation exchange capacity. Pp. 891-900. In: Black CA, Evans DD, Ensminger LE, White JL and Clark FE. (eds.). Methods of Soil Analysis. Part II, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

Davatgar N, Kavoosi M, Alinia MH and Paykan M, 2006. Study of potassium status and effect of physical and chemical properties of soil on it in paddy soils of Guilan province. Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources) 9(4): 71-88. (In Persian)

Farpoor MH, Khademi H and Eghbal MK, 2002. Genesis and distribution of palygorskite and associated clay minerals in Rafsanjan soils on different geomorphic surfaces. Iranian Agricultural Research 21: 39-60.

Gangopadhyay SK, Sahoo AK and Das K, 2005. Forms and distribution of potassium in some soils of Ranchi plateau. Journal of the Indian Society of Soil Science 53(3): 413-416.

Havlin JL, Beaton JD, Tisdale SL and Nelson, WL, 1999. Soil Fertility and Fertilizers. Prentice-Hall International (UK) Limited, London.

Helmek PA and Sparks D, 1996. Lithium, sodium potassium, rubidium and cesium. Pp. 551-575. In: Sparks DL. (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 3, chemical methods. Soil Science Society of American Madison Wisconsin.

Hosseinifard SJ, Khademi H and Kalbasi M, 2010. Different forms of soil potassium as affected by the age of pistachio (*Pistacia vera* L.) trees in Rafsanjan, Iran. Geoderma 155: 289-297.

Huang PM, 2005. Chapter 4: Chemistry of potassium in soils. Pp. 227-292. In: Tabatabiai MA and DL Sparks (eds.). Chemical Processes in Soils. Soil Science Society of America, Madison, WI.

Jackson ML, 1975. Soil Chemical Analysis, Advanced Course. University of Wisconsin, College of Agriculture, Department of Soil Science, Madison, Wisconsim., U S A.

Jafari S, baghernezhad M and Chorom M, 2005. Evaluation of changes in physco-chemical properties in cultivated (under sugarcane and rotation cropping) and non-cultivated soils in Haft-Tappeh (Iran). Journal of Agricultural Engineering 28(1): 165-182. (In Persian)

Khodshenas MA and Maftoun M, 2005. Comparison of chemical extractants for extracting of available potassium for rice in wetland calcareous soils in Fars province. Proceedings of the 9th Iranian Soil Science Congress, 4-6 September, Soil Conservation and Watershed Management Research Center, Tehran. (In Persian)

Khosgoftarmanesh AH, 2004. Determination the most important factors limiting pistachio production in saline soils of Qom province. Qom Province Research Journal, qom Province Management and Planning Organization Publication. (In Persian)

Kundu MC, Hazra GC, Biswas PK, Mondal S and Ghosh GK, 2014. Forms and distribution of potassium in some of Hooghly district of West Bengal**.** Journal of Crop and Weed 10(2): 31-37.

Lindsay WL and Norvell WA, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of American Journal 42: 421-428.

Madaras M and Koubova M, 2015. Potassium availability and soil extraction tests in agricultural soils with low exchangeable potassium content. Plant, Soil and Environment 61(5): 234-239.

www.SID.ir

Archive of SID

Malakouti, MJ and Homaee, M, 1995. Soil fertility in arid regions. Tarbiat Modarres University Publication. (In Persian)

Malavolta E, 1985. Chapter 8: Potassium status of tropical and subtropical region soils. Pp. 163-200. In: Munson RD (ed.). Potassium in Agriculture. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

Mengel K and Kirkby EA, 2001. Principles of Plant Nutrition. 5th ed. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.

Najafi Ghiri M, 2016. Changes in different forms of soil potassium at various growth stages of wheat. Iranaian Journal of Soil Research 30(1): 39-47. (In Persian)

Najafi Ghiri M, Abtahi A , Jaberian F and Owliaie HR, 2010. Relationship between soil potassium forms and mineralogy in highly calcareous soils of Southern Iran. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 4(3):434-441.

Neaman A and Singer A, 2004. The effects of palygorskite on chemical and physico-chimical properties of soils: review. Geoderma 123(3-4): 297-303.

Patil RB, 2011. Role of potassium humate on growth and yield of soybean and black gram. International Journal of Pharma and Bio sciences 2(1): 242-246.

Pishgir M and Jafari S. 2014. Comparison between potassium and ammonium fixation by clays in different agriculture systems. Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources) 18 (69): 237-250. (In Persian)

Raheb A and Heidari A, 2012. Effects of clay mineralogy and physico-chemical properties on potassium availability under soil aquic conditions. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 12 (4): 747-761.

Rezapour S, Samadi A, Jafarzadeh, AA and Oustan Sh, 2010. Impact of clay mineralogy and landscape on potassium forms in calcareous soils, Urmia region. Journal of Agricultural Science and Technology 12: 495-507.

Richards LA, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S.D.A. Handbook, 60. Washington, D.C., U.S.A.

Romheld V and Kirkby EA, 2010. Research on potassium in agriculture; needs and prospects. Plant and Soil 335: 155-180.

Rowell D, 1994. Soil Science: Methods and Applications. Longman Scientific and Technical, UK.

Saini J and Grewal KS, 2014. Vertical distribution of different forms of potassium and their relationship with different soil properties in some Haryana soil under different crop rotation. Advances in Plants and Agriculture Research 1(2):1-5.

Salardini AA, 2008. Soil fertility. 8th Edition, University of Tehran Press. (In Persian)

Setia RK and Sharma KN, 2004. Vertical distribution of chemical pools of potassium and their relationship with potassium nutrition of wheat under long-term differential fertilization. Journal of the Indian Society of Soil Science 52(4): 469-472.

Shahbazi k, Tofighi H and Siadati SM, 2007. Effect of different moisture regimes on soil exchangeable potassium. Iranian Journal of Agriculture Science 38(2): 161-171. (In Persian)

Shivaprakash BL, Gurumurthy KT and Chidanandappa HM, 2008. Evaluation of suitable extractant for available potassium in rice soils of Tunga command area in Karnataka. Mysore Journal of Agricultural Sciences 42: 264-267.

Simard RS, Dekimpe CR. and Zizka J, 1992. Release of potassium and magnesium from soil fractions and its kinetics. Soil Science Society of American Journal 56: 1421-1428.

Singh HR, Singh TA and Singh S, 1993. Potassium forms in Mollisols of Nainital Tarai. Journal of Potassium Research 9: 8-15.

Sinha AK and Biswas S, 2003. Distribution of different forms of potassium in surface and subsurface horizons of some well established soils of Wes Bengal under the order Inceptisols. Journal of Interacademicia 7(3): 286-291.

Sparks DL and Huang PM, 1985. Physical chemistry of soil potassium. Pp. 201-276. In: Munson RD (ed.), Potassium in Agriculture. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

Sparks DL, 1987. Chapter 1: Potassium dynamics in soils. Pp: 1-63. In: Stewart BA. Advances in soil science, Springer-Verlag New York.

Sparks DL, 2000.Chapter 2: Bioavailibility of potassium. Pp. 38-52. In: Sumner ME (ed.). Handbook of Soil Science, CRC Press, Boca Raton, FL.

www.SID.ir

Archive of SID

Steenkamp CJ, Theron AA and Bruyn JA, 1989. Potassium fixation in an Arcadia soil. II. Fixation by the clay fraction. South African Journal of Plant and Soil 6(2): 86-91.

Tabatabai MA and Hanway JJ, 1968. Potassium supplying power of Iowa soils at their minimal levels of exchangeable potassium. Soil Science Society of American Proceedings 33: 105-109.

Zhang QC, Wang GH, Feng YK, Qian P and Schoe-Nau JJ, 2011. Effect of potassium fertilization on soil potassium pools and rice response in an intensive cropping system in China. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 174: 73-80.

www.SID.ir