



دانشگاه گوارزی و منابع طبیعی گرگان

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد نوزدهم، شماره دوم، ۱۳۹۱

<http://jwfst.gau.ac.ir>

## رابطه کمیت - شدت پتاسیم در خاک‌های با سطح ویژه متفاوت

\* عفت طالبی زاده<sup>۱</sup>، کلنوش عباس‌منش<sup>۱</sup> و سیدعلیرضا موحدی نائینی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۲</sup> دانشیار گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۱/۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۹

### چکیده

پتاسیم وظایف فیزیولوژیکی بسیار مهمی را در گیاه به عهده دارد و از عناصر غذایی ضروری گیاه محسوب می‌شود. در ارزیابی قابلیت استفاده پتاسیم خاک و مدیریت مصرف کود، ایزوترم‌های تبدیلی پتاسیم که از منحنی‌های کمیت- شدت ناشی می‌شوند، اطلاعات مفیدی را ارائه می‌کنند. در این بررسی برای تعیین رابطه کمیت- شدت پتاسیم و به‌دست آوردن پارامترهایی مانند پتاسیم به سهولت قابل تبادل، پتاسیم به سختی قابل تبادل، نسبت فعالیت پتاسیم، نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل و ظرفیت بالقوه بافری، ۴ تیمار کلرید پتاسیم، کلرید پتاسیم + کلرید آمونیوم، کلرید پتاسیم + مونوفسفات سدیم و کلرید پتاسیم + کلرید آمونیوم + مونوفسفات سدیم بر روی نمونه‌های خاکی که از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری و از سه منطقه سری خاک رحمت‌آباد (پردیس کشاورزی گرگان)، لورک اصفهان و دهستان صالحان خمین با سطوح ویژه متفاوت تهیه شده بود، اعمال گردید و با استفاده از آزمون مقایسه میانگین جفتی مشاهده شد که در همه تیمارها، بیش‌ترین مقدار ظرفیت بالقوه بافری برای خاک پردیس گرگان به‌دست آمد. این بیانگر این است که وجود رس غالب ایلایت در خاک پردیس، موجب تثبیت شدن پتاسیم در بین لایه‌ها می‌گردد. از بین ۴ تیمار در هر خاک، بیش‌ترین مقدار ظرفیت بالقوه بافری با تیمار کلرید پتاسیم و کم‌ترین مقدار آن با تیمار کلرید پتاسیم + کلرید آمونیوم مشاهده شد. تیمار کلرید پتاسیم + مونوفسفات سدیم دارای ظرفیت بالقوه بافری بیش‌تری نسبت به تیمار کلرید پتاسیم + کلرید آمونیوم + مونوفسفات سدیم بود. افزایش غلظت نمک سدیم در محلول خاک، موجب افزایش غلظت نمک در لایه دوگانه

\* مسئول مکاتبه: [e.talebizade@yahoo.com](mailto:e.talebizade@yahoo.com)

پخشیده الکتریکی و افزایش ظرفیت بالقوه بافری می‌گردد. برای مقایسه میزان قابلیت استفاده پتاسیم خاک‌های با سطح ویژه بالا و لایه دوگانه الکتریکی مقطع با خاک‌های با سطح ویژه پایین، غلظت پتاسیم در حالت تعادل ممکن است معیار مناسبی باشد و پیشنهاد می‌شود به جای ظرفیت بافری پتاسیم، همبستگی میزان پتاسیم قابل استفاده خاک‌ها با نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل آن‌ها بررسی گردد.

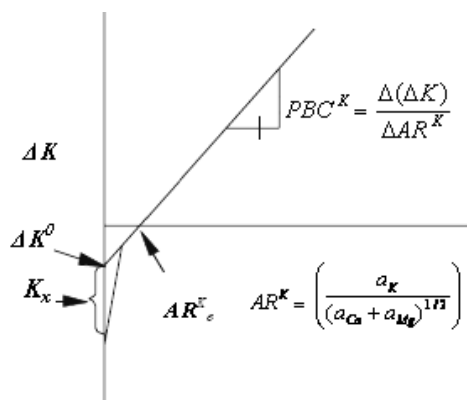
**واژه‌های کلیدی:** منحنی کمیت- شدت، ظرفیت بالقوه بافری، کاتیون‌های آمونیوم، سدیم و پتاسیم، خاک‌های با سطوح ویژه متفاوت

### مقدمه

پتاسیم یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک است که به‌طور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است (صمدی، ۲۰۰۵) و نقش مهمی را در رشد و توسعه محصولات بازی می‌کند (تاریق و شاه، ۲۰۰۲). پتاسیم در خاک معمولاً به شکل‌های ساختاری، غیرتبادلی، تبادلی و محلول یافت می‌شود و بین این اشکال رابطه تعادلی وجود دارد که این روابط تعادلی در تغذیه گیاه از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند (اسپارکز و هونگ، ۱۹۸۵). رابطه بین این چهار فرم بستگی به نوع خصوصیات کانی‌شناسی ترکیبات خاک دارد. پتاسیم محلول و تبادلی، فراهمی بالایی دارند ولی فراهمی پتاسیم از بخش غیرتبادلی کم و از بخش ساختاری بسیار کم است (تیسدال و همکاران، ۲۰۰۲). بیش‌تر از ۵۰ سال است که استات آمونیوم یک مولار و خشتی برای برآورد میزان پتاسیم تبادلی به‌کار می‌رود. عصاره‌گیری پتاسیم خاک‌ها با عصاره‌گیرهای قوی‌تری که علاوه بر پتاسیم تبادلی، پتاسیم غیرتبادلی را نیز عصاره‌گیری می‌کنند، اطلاعات قابل اعتمادتری از توانایی تامین پتاسیم خاک‌ها به ما خواهد داد (مالاولتا، ۱۹۹۰). برای درکی بهتر از وضعیت قابلیت استفاده پتاسیم در خاک‌های کشاورزی، رابطه کمیت- شدت<sup>۱</sup> استفاده شد تا میزان آزادسازی پتاسیم را به درون محلول در خاک‌ها اندازه‌گیری کند (آکینرید، ۱۹۹۹؛ وانگ و اسکات، ۲۰۰۱؛ صمدی، ۲۰۰۵). مفهوم کمیت- شدت رابطه بین مقادیر یون‌های تبادلی و غلظت تعادلی آن‌ها در محلول را تشریح می‌کند (لومبارانجا و اوانگلو، ۱۹۹۲؛ بیابانکی و حسین‌پور، ۲۰۰۴). شدت پتاسیم در یک خاک در حال تعادل با محلول خاک را می‌توان با استفاده از نسبت فعالیت پتاسیم تعریف کرد (بکت، ۱۹۶۴). این رابطه نشان‌دهنده کاهش جذب پتاسیم

1- Quantity-Intensity

به وسیله ذرات خاک در نتیجه افزایش فعالیت کلسیم و منیزیم در محلول است. به این ترتیب قابلیت جذب پتاسیم براساس مقدار نسبی این عنصر نسبت به مجموع کلسیم و منیزیم قابل اندازه گیری است. پژوهشگران زیادی روابط کمیت- شدت را برای توصیف وضعیت پتاسیم قابل استفاده خاک به کار برده اند (عفی، ۱۹۹۶؛ بستانی و ثواقبی فیروزآبادی، ۲۰۰۶؛ رضایی، ۲۰۰۸؛ بیجارسینگ و همکاران، ۱۹۷۸؛ اسپارکز و لیبهارد، ۱۹۸۱؛ اوانگلو، ۱۹۸۶؛ لومبارانجا و اوانگلو، ۱۹۹۲؛ بانسال و سینگ، ۱۹۹۳؛ دشموخ و خرا، ۱۹۹۳؛ صمدی، ۲۰۰۵). در شکل ۱ منحنی کلاسیک Q/I آورده شده است.



شکل ۱- منحنی کلاسیک کمیت- شدت (Q/I) پتاسیم.

در این شکل،  $AR^k$  نسبت فعالیت پتاسیم یا عامل شدت پتاسیم در خاک (I) می باشد که کوددهی پتاسیم باعث افزایش آن می شود (بکت، ۱۹۷۲؛ لروکس و سامنر، ۱۹۶۸).  $\Delta K$  یا عامل کمیت (Q) بیانگر تغییر در پتاسیم تبادلی می باشد.  $\Delta K^0$  تخمین بهتری از پتاسیم به آسانی قابل استفاده (لبایل) نسبت به پتاسیم قابل تبادل است (لروکس و سامنر، ۱۹۶۸). لروکس و سامنر (۱۹۶۸) دریافتند که مقادیر بیشتر پتاسیم لبایل ( $\Delta K^0$ ) به معنی پتاسیم آزاد شده بیشتر در محلول خاک خواهد بود،  $AR^k$  نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل که با افزایش پتاسیم افزایش می یابد (اسپارکز و لیبهارد، ۱۹۸۱)، مقدار پتاسیم به سختی قابل تبادل یا جذب شده در محل های اختصاصی و  $PBC^k$  که شیب قسمت خطی نمودار کمیت- شدت است ظرفیت بالقوه بافری پتاسیم خاک را نشان می دهد (اسپارکز و لیبهارد، ۱۹۸۱).  $PBC^k$  توانایی بالقوه خاک را برای ثابت نگه داشتن شدت معینی از پتاسیم نشان می دهد. این نمودار از دو بخش خطی و غیرخطی تشکیل شده است که بخش خطی

نشانگر جذب الکترواستاتیک پتاسیم در جایگاه‌های غیراختصاصی در سطوح خارجی کانی است و در مقادیر زیاد نسبت فعالیت پتاسیم به وجود می‌آید (بکت، ۱۹۶۴؛ اسکونبرگ و همکاران، ۱۹۶۳). بخش غیرخطی که در مقادیر کم نسبت فعالیت پتاسیم به وجود می‌آید نشان‌دهنده تمایل زیاد جایگاه‌های اختصاصی در لبه‌های سطوح داخلی کریستال‌های رس و لبه‌های هوادیده کانی میکا برای جذب و یا رهاسازی پتاسیم است (بستانی و ثوابی فیروزآبادی، ۲۰۰۶). لرکس و سامنر (۱۹۶۸) بیان کردند که مقادیر بالای ظرفیت بالقوه بافری نمایانگر خوبی برای فراهمی پتاسیم است، در حالی که مقادیر پایین آن نیاز به میزان کوددهی را پیشنهاد می‌کند. این بررسی برای تعیین رابطه کمیت- شدت پتاسیم در سه نوع خاک با سطوح ویژه متفاوت که از سه نقطه مختلف در کشور نمونه برداری شده بودند، به اجرا درآمد و ارتباط پارامترهای این رابطه با خصوصیات شیمیایی و کانی‌شناسی خاک تعیین شد.

### مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش سه نمونه خاک مرکب سطحی (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری) از خاک‌های زراعی سه منطقه لورک اصفهان، پردیس دانشگاه علوم کشاورزی گرگان و دهستان صالحان خمین انتخاب شد، که خاک لورک اصفهان و خاک پردیس گرگان دارای بافت یکسان (لوم رسی سیلتی) و خاک دهستان صالحان دارای بافت لوم بود. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری برای اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکوشیمیایی و به دست آوردن منحنی کمیت- شدت پتاسیم آماده شدند. در این نمونه‌ها، تجزیه‌های لازم شامل هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع، واکنش گل اشباع (پیچ و کنی، ۱۹۸۲)، کربن آلی به روش والکلی- بلاک (پیچ و کنی، ۱۹۸۲)، بافت خاک به روش هیدرومتری (پیچ و کنی، ۱۹۸۲) و پتاسیم قابل تبادل به روش استات آمونیوم ۱ مولار با pH خنثی انجام شد و با دستگاه فلیم فوتومتر قرائت شد (پیچ و کنی، ۱۹۸۲). سطح ویژه با استفاده از اتیلن گلیکول دی‌اتیل اتر به دست آمد. برای به دست آوردن ترکیب کاتیونی کمپلکس تبدلی و همچنین تعیین ظرفیت تبادل کاتیونی، میزان کاتیون‌ها و آنیون‌ها در محلول خاک از جمله پتاسیم محلول (عصاره گل اشباع) و فاز تبدلی (عصاره‌گیری با نترات آمونیوم نرمال) به دست آمد (لیندسی، ۱۹۷۹). درصد اشباع پتاسیم که به عنوان شاخصی از پتاسیم قابل استفاده خاک برای گیاه است از رابطه ۱ به دست آمد:

$$EPP = K_{ast} / CEC \quad (1)$$

که در آن، EPP: درصد پتاسیم تبادلی،  $K_{ast}$ : پتاسیم تبادلی عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم ۱ مولار با pH خنثی و CEC: ظرفیت تبادلی کاتیونی خاک بر حسب سانتی‌مول بار بر کیلوگرم می‌باشد. اطلاعات لازم برای به‌دست آوردن پارامترهای منحنی هر نمونه خاک به این ترتیب به‌دست آمد که ۱۰ میلی‌لیتر از محلول‌های ۰/۰۰۳۴ مولار کلسیم (کلرید کلسیم) با قدرت یونی برابر با خاک پردیس دانشگاه علوم کشاورزی گرگان در ۴ تیمار مختلف به‌شرح زیر به نمونه‌های ۱ گرمی هر خاک در ۳ تکرار (هر تیمار با ۲ تکرار) اضافه شد. تیمار کلرید پتاسیم (K)، تیمار کلرید پتاسیم + کلرید آمونیوم (NK)، تیمار کلرید پتاسیم + مونوفسفات سدیم (PK) و تیمار کلرید پتاسیم + کلرید آمونیوم + مونوفسفات سدیم (NPK) مورد استفاده قرار گرفتند که غلظت‌های مختلف پتاسیم در این تیمارها به این ترتیب بود: ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۱۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر که به‌ترتیب معادل ۴۲، ۸۴، ۱۲۶، ۱۶۸، ۲۵۲، ۳۳۶، ۴۲۲ و ۵۰۲ کیلوگرم پتاسیم در عمق ۳۰ سانتی‌متری بود. در تیمار کلرید پتاسیم علاوه بر غلظت‌های یاد شده، غلظت‌های ۱۶۰، ۲۰۰ و ۲۴۰ میلی‌گرم بر لیتر مورد استفاده قرار گرفت که معادل ۶۷۲، ۸۴۰ و ۱۰۰۸ کیلوگرم پتاسیم در عمق ۳۰ سانتی‌متری بود. غلظت ازت در تیمارهای کلرید پتاسیم + کلرید آمونیوم و کلرید پتاسیم + کلرید آمونیوم + مونوفسفات سدیم معادل ۲۱/۹ میلی‌گرم بر لیتر (۹۲ کیلوگرم ازت بر هکتار در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک) و غلظت فسفر در تیمارهای کلرید پتاسیم + مونوفسفات سدیم و پتاسیم + کلرید آمونیوم + مونوفسفات سدیم معادل ۱۴/۲ میلی‌گرم بر لیتر (۶۰ کیلوگرم فسفر بر هکتار در عمق ۳۰ سانتی‌متری) بود. توصیه کودی برای کشت گندم در پردیس و نواحی اطراف آن برای ازت ۹۲ کیلوگرم بر هکتار، فسفر ۶۰ کیلوگرم بر هکتار و پتاسیم ۸۳ کیلوگرم بر هکتار می‌باشد. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۲۰ ساعت در دمای  $26 \pm 1$  درجه سانتی‌گراد تکان داده شدند (اسپارکز و لیپارد، ۱۹۸۱). پس از سانتریفیوژ کردن در ۳۰۰۰ دور در دقیقه و به‌مدت ۵ دقیقه، هدایت الکتریکی، غلظت Ca+Mg به روش کمپلکسومتری و تیتراسیون با EDTA و غلظت K با دستگاه فلیم‌فتمتر، در هر نمونه اندازه‌گیری گردید. تغییر در پتاسیم تبادلی ( $\Delta K$ ) از تفاوت غلظت پتاسیم در محلول اولیه و محلول تعادلی به‌دست آمد. برای محاسبه  $AR^K$  یا

1- Exchangeable Potassium Percentage

2- Cation Exchange Capacity

نسبت فعالیت پتاسیم (از تقسیم فعالیت پتاسیم بر مجذور فعالیت کلسیم + منیزیم) ابتدا قدرت یونی (I) با استفاده از هدایت الکتریکی از رابطه تجربی  $I=0.013 EC$  محاسبه شد (مالاولتا، ۱۹۹۰). سپس ضریب فعالیت یون ( $\lambda_i$ ) با استفاده از معادله دیویس محاسبه و فعالیت هر یون از فرمول  $a_i=\lambda_i C_i$  به دست آمد و نسبت فعالیت پتاسیم از رابطه ۱ به دست آمد (لیندسی، ۱۹۷۹) و در نهایت با رسم مقادیر  $\Delta K$  در مقابل  $AR^K$ ، نمودارها و پارامترهای کمیت- شدت برای هر تیمار، برای هر سه نوع خاک محاسبه شد (مجللی، ۱۹۸۷؛ ملکوتی و همایی، ۱۹۹۳؛ رضایی، ۲۰۰۸). نیز معنی‌داری و یا نبود معنی‌داری اختلاف بین مقادیر ظرفیت بالقوه بافری با استفاده از آزمون مقایسه میانگین جفتی، در سطح ۵ درصد در محیط نرم‌افزار SAS بررسی شد.

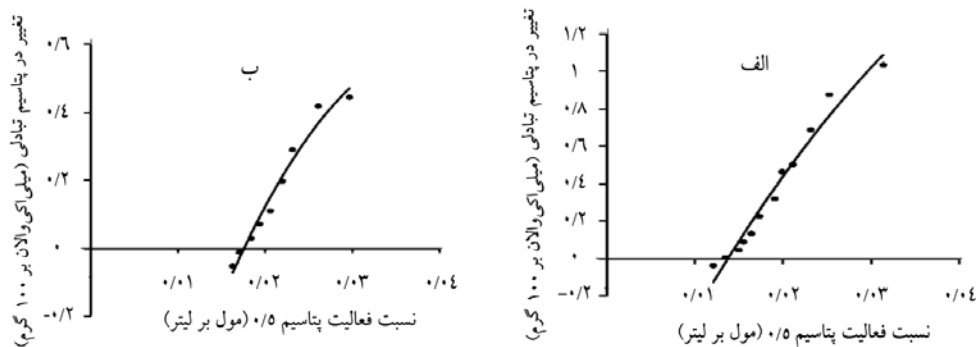
### نتایج و بحث

نتایج برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌های مورد بررسی در جدول ۱ آورده شده است. بافت، پتاسیم قابل عصاره‌گیری با استات آمونیم یک نرمال و ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک لورک و پردیس یکسان می‌باشند. در حالی که پتاسیم قابل عصاره‌گیری با استات آمونیوم یک نرمال و پتاسیم تبدلی در خاک دهستان صالحان خمین بیش‌تر از خاک‌های لورک و پردیس است. هدایت الکتریکی خاک لورک از پردیس و دهستان صالحان بیش‌تر است. سطح ویژه خاک پردیس ۱۳۰، لورک ۱۰۵/۵ و دهستان صالحان، ۸۶ مترمربع بر گرم بود. خاک‌های با سطح ویژه بیش از ۱۰۰ مترمربع بر گرم معمولاً در حالت اشباع دارای لایه دوگانه الکتریکی منقطع پخشیده می‌باشند و با افزایش بیش‌تر سطح ویژه انقطاع لایه دوگانه پخشیده افزایش می‌یابد (بولت و همکاران، ۱۹۷۶). شکل‌های ۲، ۳ و ۴، نمودار کمیت- شدت را برای خاک‌های مورد آزمایش نشان می‌دهد. روند کلی نمودارها شبیه منحنی کلاسیک می‌باشد. در این نمودارها،  $K_X$  اختلاف فاصله تلاقی خط و منحنی با محور  $\Delta K$  می‌باشد.

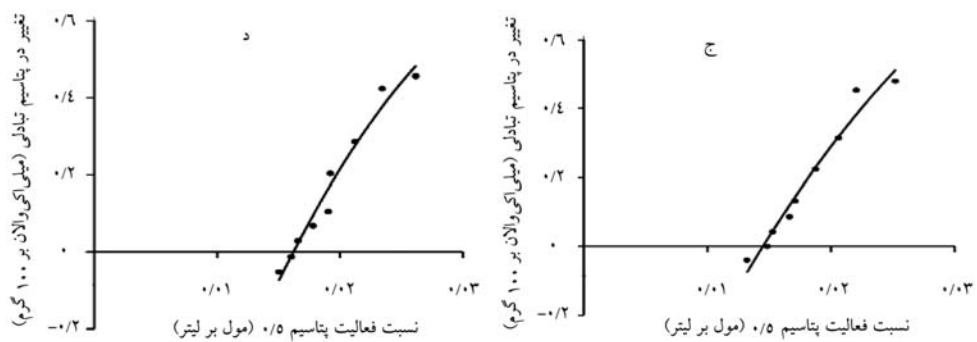
جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه‌های خاک برای ترسیم نمودار کمیت-شدت (Q/I).

| نام خاک       | رس (درصد) | سیلت (درصد) | شن (درصد) | بافت   | ظرفیت تبادل کاتیونی<br>Cmolc.kg <sup>-1</sup> | pH              |               | هدایت الکتریکی<br>(دسی‌زیمنس بر متر) | پتانسیم محلول<br>(میلی‌گرم بر لیتر) | پتانسیم<br>(میلی‌گرم بر کیلوگرم) |
|---------------|-----------|-------------|-----------|--------|---|-----------------|---------------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
|               |           |             |           |        |   | ماده آلی (درصد) | انسیاع (درصد) |                                      |                                     |                                  |
| پردیس         | ۳۴        | ۶۰          | ۶         | Si.C.L | ۱۶۷۳  | ۷/۴۵            | ۵۰/۴۵         | ۱/۷۸                                 | ۰/۷۵۳                               | ۹/۳۵۸                            |
| لورک          | ۳۸/۷      | ۴۵/۳        | ۱۶        | Si.C.L | ۱۶/۵۶   | ۷/۷۲            | ۷/۵۴          | ۱/۵                                  | ۱/۹۱                                | ۱۳/۷۸                            |
| دهستان صالحان | ۲۱        | ۴۷          | ۳۲        | L      | ۸۳۴   | ۷/۲۵            | ۴۷/۷۸         | ۱/۵۱                                 | ۱/۱۷۴                               | ۷/۸                              |

<sup>۱</sup>پتانسیم قابل عصاره‌گیری با اسنات آمونیم نرمال.



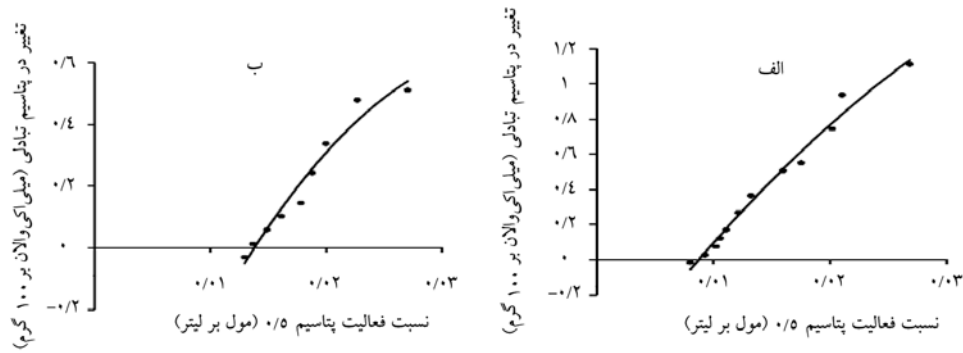
الف و ب- به ترتیب روابط کمیت- شدت تیمارهای کلرید پتاسیم و کلرید پتاسیم + کلرید آمونیوم



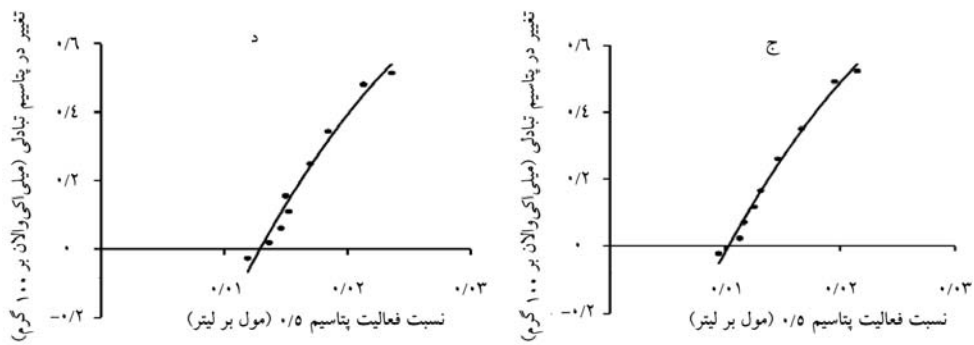
ج و د- به ترتیب روابط کمیت- شدت تیمارهای کلرید پتاسیم + مونوفسفات سدیم و کلرید پتاسیم + کلرید آمونیوم + مونوفسفات سدیم

شکل ۲- نمودار کمیت- شدت خاک دهستان صالحان خمین.



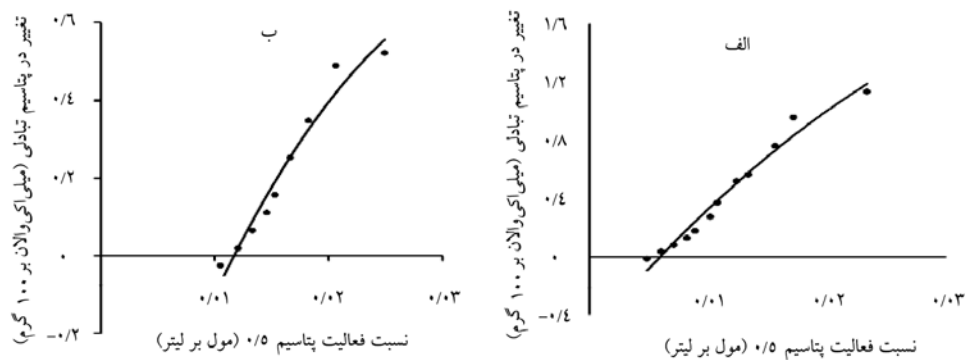


الف و ب- به ترتیب روابط کمیت- شدت تیمارهای کلرید پتاسیم و کلرید پتاسیم + کلرید آمونیوم

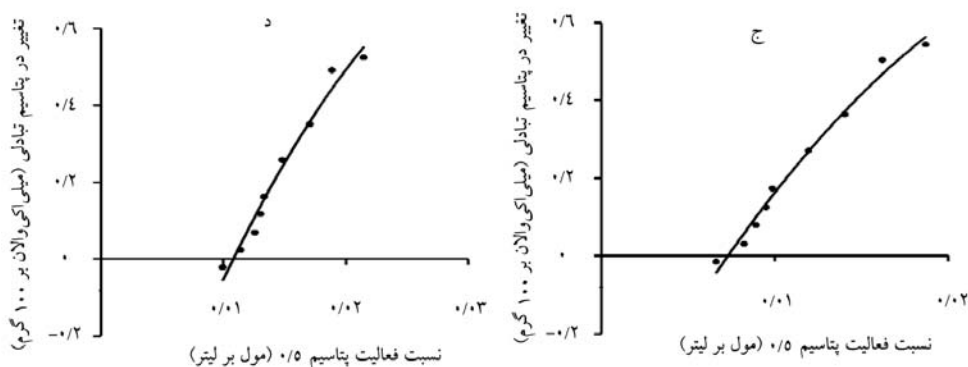


ج و د- به ترتیب روابط کمیت - شدت تیمارهای کلرید پتاسیم + مونو فسفات سدیم و کلرید پتاسیم + کلرید آمونیوم + مونو فسفات سدیم

شکل ۳- نمودار کمیت- شدت خاک لورک اصفهان.



الف و ب- به ترتیب روابط کمیت- شدت تیمارهای کلرید پتاسیم و کلرید پتاسیم + کلرید آمونیوم



ج و د- به ترتیب روابط کمیت- شدت تیمارهای کلرید پتاسیم + مونوفسفات سدیم و کلرید پتاسیم + کلرید آمونیوم + مونوفسفات سدیم

شکل ۴- نمودار کمیت- شدت خاک پردیس گرگان.

جدول ۳، مقادیر پارامترهای نمودار کمیت- شدت در خاک‌ها و تیمارهای مختلف اعمال شده را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج این جدول، با استفاده از آزمون مقایسه میانگین جفتی ( Paired samples T test)، مقادیر ظرفیت بالقوه بافری در سه خاک لورک اصفهان، دهستان صالحان خمین و پردیس گرگان با هم مقایسه شد و نشان داده شد که میانگین ظرفیت بالقوه بافری در خاک پردیس گرگان با میانگین ظرفیت بالقوه بافری در دو خاک دیگر برابر نمی‌باشد. اما میانگین ظرفیت بالقوه بافری برای دو خاک لورک اصفهان و دهستان صالحان خمین براساس آزمون مقایسه میانگین جفتی، با یکدیگر برابر می‌باشد و اختلاف بین این دو میانگین معنی‌دار نشد (جدول ۲).

جدول ۲- آزمون مقایسه میانگین جفتی بین مقادیر ظرفیت بالقوه بافری در خاک‌های پردیس گرگان، دهستان صالحان خمین و لورک اصفهان در سطح ۵ درصد.

| سطح معنی‌داری | t     | اختلاف پارامترها |         | پارامتر                             |
|---------------|-------|------------------|---------|-------------------------------------|
|               |       | انحراف معیار     | میانگین |                                     |
| ۰/۰۲۱         | ۴/۶۸  | ۱/۱۲             | ۵/۲۴    | ظرفیت بالقوه بافری (گرگان - خمین)   |
| ۰/۰۴۳         | ۳/۳۷  | ۱/۷۹             | ۶/۰۴    | ظرفیت بالقوه بافری (گرگان - اصفهان) |
| ۱/۱۶          | -۰/۴۸ | ۱/۶۵             | -۰/۸۰۲  | ظرفیت بالقوه بافری (اصفهان - خمین)  |

از این رو، بیش‌ترین مقدار ظرفیت بالقوه بافری در خاک پردیس به‌دست آمد (جدول ۲). بر خلاف ظرفیت بالقوه بافری بیش‌تر با خاک پردیس، مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گیاه در این خاک، محدودیت جذب پتاسیم می‌باشد، بنابراین این پارامتر برای مقایسه سرعت انتقال پتاسیم به سطح ریشه‌ها برای خاک‌های با سطح ویژه بالا در مقایسه با سطح ویژه پایین مناسب نیست. عوامل اصلی کنترل‌کننده سرعت فراهمی پتاسیم برای جذب توسط ریشه گیاه سه عامل شدت پتاسیم در محلول خاک، ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک و ضریب انتشار مؤثر ( $D_e$ ) پتاسیم در خاک هستند که عوامل شدت (I) و ظرفیت بافری را می‌توان از منحنی کمیت- شدت به‌دست آورد (بستانی و ثوابی، ۲۰۰۶؛ منگل و کرکبی، ۱۹۸۰). ولی این ظرفیت بالقوه بافری بیش‌تر برای خاک پردیس واقعی نیست زیرا با رس غالب ایلات، پتاسیم در بین لایه‌ها تثبیت می‌گردد و به‌صورت پتاسیم به سختی قابل تبادل خواهد بود. در این صورت قادر به بافر کردن پتاسیم در محلول خاک با رهاسازی سریع پتاسیم

نخواهد بود. با هر سه خاک لورک اصفهان، پردیس گرگان و دهستان صالحان خمین، ظرفیت بالقوه بافری، با افزایش آمونیوم و مونوفسفات سدیم کاهش یافته است زیرا حضور آمونیوم و سدیم موجب کاهش جذب سطحی پتاسیم می‌گردد. در بین تیمارهایی که برای این سه خاک اعمال شد، بیش‌ترین مقدار ظرفیت بالقوه بافری برای هر سه خاک در تیمار کلرید پتاسیم به‌دست آمد و کم‌ترین آن در تیمار کلرید پتاسیم + کلرید آمونیوم مشاهده شد که این مقدار کم به‌دلیل وجود یون آمونیوم در محلول است که می‌تواند جایگزین یون پتاسیم شود و پتاسیم بیش‌تری را به داخل محلول آزاد کند، در نتیجه مقدار نسبت فعالیت پتاسیم بالا می‌رود. آمونیوم از طریق مکانیسم مشابهی همانند پتاسیم در خاک‌ها تثبیت می‌شود، بنابراین وجود آمونیوم در محلول روی تثبیت پتاسیم و قابل استفاده بودن آن برای گیاه تأثیر می‌گذارد و نیز یون آمونیوم دارای شعاع یونی تقریباً مشابهی با یون پتاسیم است، بنابراین آمونیوم در این تیمار می‌تواند جای پتاسیم در لبه کانی نشسته و پتاسیم بیش‌تری را نسبت به بقیه تیمارها به داخل محلول آزاد کند. در تیمار کلرید پتاسیم + مونوفسفات سدیم، علاوه بر پتاسیم، یون سدیم نیز در محلول وجود دارد، که این یون به‌دلیل بزرگی شعاع یونی نسبت به پتاسیم، توانایی جایگزینی پتاسیم در لبه کانی را ندارد، در نتیجه نمی‌تواند به اندازه آمونیوم از جذب سطحی پتاسیم ممانعت کند. با هر سه خاک، ظرفیت بالقوه بافری با تیمار کلرید پتاسیم + کلرید آمونیوم + مونوفسفات سدیم از کلرید پتاسیم + مونوفسفات سدیم بیش‌تر است. حضور مونوفسفات سدیم موجب افزایش جذب سطحی پتاسیم و افزایش ظرفیت بالقوه بافری شده است. افزایش غلظت نمک در محلول خاک، موجب افزایش غلظت نمک در لایه دوگانه پخشیده الکتریکی و افزایش ظرفیت بالقوه بافری می‌گردد. در خاک دهستان صالحان با ظرفیت تبادل کاتیونی کم‌تر نسبت به خاک لورک و خاک پردیس، پتاسیم بیش‌تری به داخل محلول آزاد می‌شود. در این خاک با درصد پتاسیم تبدلی بالا، علاوه بر غلظت صفر، حتی در غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر پتاسیم، در تیمارهایی که کلرید آمونیوم دارند نیز عمل رهاسازی صورت گرفته است. بیش‌ترین مقدار نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل<sup>۱</sup> در خاک دهستان صالحان و در تیمار کلرید پتاسیم + کلرید آمونیوم به‌میزان ۰/۰۱۷۳ و کم‌ترین مقدار آن در خاک پردیس و در تیمار کلرید پتاسیم، حدود ۰/۰۰۵۵ به‌دست آمد. اسکونبرگ و همکاران (۱۹۶۳) عنوان کردند که اگر نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل از ۰/۰۰۱ (مول بر لیتر)<sup>۱/۰۵</sup> کم‌تر باشد، جذب پتاسیم از موقعیت

1- AR<sup>K</sup><sub>e</sub>

لبه‌های کلونیدها صورت می‌گیرد و اگر بیش‌تر از ۰/۰۱ باشد پتاسیم جذب سطوح کانی‌های رسی می‌شود. رس غالب خاک پردیس ایلات می‌باشد که موجب تثبیت شدن پتاسیم در بین لایه‌های خاک پردیس می‌گردد. در خاک دهستان صالحان کانی‌های موجود در این خاک، توانایی کمی در تثبیت کردن پتاسیم دارند و به دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی کم نسبت به دو خاک دیگر، پتاسیم بیش‌تری در محلول این خاک وجود دارد (جدول ۳).

در خاک لورک مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گیاه، پتاسیم گزارش نشده است. مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گیاه در این خاک معمولاً آهن خاک گزارش می‌شود. در خاک دهستان صالحان میزان نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل و پتاسیم به سهولت قابل تبادل (پتاسیم لبایل)<sup>۱</sup> نسبت به خاک‌های لورک و پردیس بیش‌تر است و میزان پتاسیم قابل عصاره‌گیری با استات آمونیوم و پتاسیم محلول در این خاک نیز نسبت به دو خاک دیگر بیش‌تر است، ولی بر خلاف نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل و پتاسیم به سهولت قابل تبادل (پتاسیم لبایل) بیش‌تر با خاک لورک نسبت به پردیس، میزان پتاسیم قابل عصاره‌گیری با استات آمونیوم در خاک لورک نسبت به پردیس بیش‌تر نیست. احتمالاً pH بالاتر و کلسیم محلول بیش‌تر خاک لورک از افزایش زیاد غلظت پتاسیم در لایه دوگانه منقطع پخشیده جلوگیری می‌کند. طبق گزارش‌های رضایی (۲۰۰۸) ترتیب فراوانی کانی‌های خاک پردیس از زیاد به کم ایلات، کلرایت، اسمکتایت و کائولینایت می‌باشد و این ترتیب فراوانی برای خاک لورک اصفهان کائولینایت، ایلات، پالی‌گورسکایت و کلرایت می‌باشد. غلظت پتاسیم قابل عصاره‌گیری با استات آمونیوم در خاک پردیس که مقدار بالایی نیز هست (از جدول ۳، ۰/۷۴۲ میلی‌اکی‌والان بر ۱۰۰ گرم معادل ۲۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) با عملکرد گندم و جذب پتاسیم همبستگی ندارد و پتاسیم مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گندم دیم است (امینی، ۲۰۰۷؛ سبطی، ۲۰۰۷). انتظار سطح ویژه بسیار بالایی با خاک‌های با بافت متوسط دارای مقادیر زیادی رس‌های ریز (مثل سری خاک‌های رحمت‌آباد گرگان- ایران) وجود دارد. اگر سطح ویژه خاک بیش از ۱۰۰ مترمربع بر گرم باشد لایه‌های دوگانه پخشیده الکتریکی حتی با اشباع خاک نیز ممکن است کاملاً به هم پیوسته نباشند بلکه جدا از هم باشند (بولت و همکاران، ۱۹۷۶).

1-  $\Delta K^0$

جدول ۳- برخی از ویژگی‌های شیمیایی و پارامترهای Q/I خاک‌های مورد مطالعه.

| PBC <sup>K</sup>   | AR <sup>K</sup> <sub>e</sub> | K <sub>s</sub> | ΔK <sup>0</sup>  | CEC                         | پتانسیم تبادل      | پتانسیم محلول      | EPP    | تیمار           | نام خاک            |
|--------------------|------------------------------|----------------|------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------|-----------------|--------------------|
| (Cmolc/kg/(mol/L)) | (مول بر لیتر) <sup>۰۰۰</sup> |                | (گرم بر ۱۰۰ گرم) | (میلی‌اکی‌والان بر ۱۰۰ گرم) | (میلی‌گرم بر لیتر) | (میلی‌گرم بر لیتر) | (درصد) | (درصد)          |                    |
| ۶۳/۵۱۹             | ۱۱/۱۳۴                       | ۳۱۳/۱۰         | ۰/۸۵۳            |                             |                    |                    |        | K               |                    |
| ۴۰/۸۹۴             | ۰/۱۷۳                        | ۳۰۶/۰          | ۰/۷۰۹            | ۸/۳۴                        | ۰/۷۸               | ۲۸/۸               | ۹/۳۲   | NK<br>PK<br>NPK | دهستان صالحان خمین |
| ۴۸/۹۰۵             | ۰/۱۴۳                        | ۶۸۲/۰          | ۰/۰              |                             |                    |                    |        |                 |                    |
| ۵۰/۰               | ۱۱/۱۰/۰                      | ۳۵۳/۰          | ۰/۸۰۶            |                             |                    |                    |        |                 |                    |
| ۷۸/۲۲۲             | ۳۰/۰/۰                       | ۸۶۱/۰          | ۶/۵/۰            |                             |                    |                    |        | K               |                    |
| ۴۲/۵/۳             | ۳۳/۱۰/۰                      | ۳۴۷/۰          | ۷/۵/۰            | ۱۶/۵۶                       | ۰/۷۲               | ۱۳/۷۸              | ۴/۳۴   | NK<br>PK<br>NPK | لورک اصفهان        |
| ۰/۳۳               | ۶۵۰۰/۰                       | ۶۱۶/۰          | ۶/۴/۰            |                             |                    |                    |        |                 |                    |
| ۱/۱۶۳              | ۵۰۰۰/۰                       | ۶۱۶/۰          | ۶/۴/۰            |                             |                    |                    |        |                 |                    |
| ۲۸/۹۸۹             | ۵۰۰۰/۰                       | ۶۳۱/۰          | ۸/۷/۰            |                             |                    |                    |        | K               |                    |
| ۳۳۵/۳۳             | ۱۱/۱۰/۰                      | ۳۸۳/۰          | ۱۶/۳/۰           | ۳۸/۱۱                       | ۳۸/۰               | ۶۳/۹               | ۴/۴۳   | NK<br>PK<br>NPK | پردیس گرگان        |
| ۵۲/۵               | ۶۰/۱۰/۰                      | ۲۸۷/۰          | ۰/۵۵۷            |                             |                    |                    |        |                 |                    |

بنابراین در این سری خاک‌ها تقریباً تمام آب خاک در لایه دوگانه فرار می‌گیرد و مقدار بخش محلول خاک بسیار کم و در نتیجه سطح تماس محلول خاک- محلول موجود در لایه دوگانه الکتریکی برای جریان پخشیدگی عناصر بسیار کم است. برخلاف مقادیر بالای عناصر غذایی در محل لایه دوگانه الکتریکی، کاهش پخشیدگی ممکن است قابلیت استفاده عناصر مثل پتاسیم را برای گیاه کاهش دهد. با افزایش سطح ویژه و قطع لایه پخشیده، نسبت سطح تماس و کاهش پخشیدگی عناصر افزایش می‌یابد. بنابراین با توجه به مقادیر سطح ویژه، قطع لایه دوگانه پخشیده الکتریکی با خاک پردیس نسبت به لورک بیش‌تر است. با توجه به هدایت الکتریکی بالاتر خاک لورک نسبت به پردیس و در نتیجه لایه دوگانه با ضخامت کم‌تر، قطع لایه دوگانه الکتریکی در حالت اشباع یا با این خاک وجود ندارد و یا مقدار آن خیلی کم است. با توجه به سطح ویژه، لایه دوگانه الکتریکی خاک دهستان صالحان منقطع نیست. با خاک پردیس، عصاره‌گیری از پتاسیم به روش‌هایی که با رسوب پتاسیم در محلول خاک، میزان انتشار پتاسیم از سطوح جامد خاک و شدت ترسیب را اندازه‌گیری می‌کنند (استفاده از تترافیل بران سدیم)، همبستگی بالایی با پتاسیم قابل جذب گندم و عملکرد داشت (سبطی، ۲۰۰۷). در خاک پردیس با رس غالب ایلات (رضایی، ۲۰۰۸)، میزان پتاسیم محلول، پتاسیم لبایل و نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل، در همه تیمارها، نسبت به خاک لورک و برای خاک لورک با ظرفیت تبادل کاتیونی بیش‌تر نسبت به دهستان صالحان از دهستان صالحان، کم‌تر می‌باشد. برای مقایسه میزان قابلیت استفاده پتاسیم خاک‌های با سطح ویژه بالا و لایه دوگانه الکتریکی منقطع با خاک‌های با سطح ویژه پایین، نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل ممکن است معیار مناسبی باشد. عملکرد دانه گندم و جذب پتاسیم (امینی، ۲۰۰۷)، در خاک پردیس از روند تغییرات نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل برای تیمارهای مشابه در جدول ۳ پیروی می‌کنند (در پژوهش یاد شده مقدار کاربرد نیتروژن و فسفر مشابه مقادیر مورد مصرف در این آزمایش بود). در شرایط مزرعه در خاک پردیس با سطح ویژه بالا و قطع لایه دوگانه الکتریکی پخشیده، قسمت بیش‌تر رطوبت و عناصر غذایی از جمله پتاسیم در لایه دوگانه الکتریکی نگه‌داری می‌شوند بنابراین احتمالاً غلظت پتاسیم محلول و غلظت پتاسیم در حالت تعادل نسبت به ظرفیت بالقوه بافری، معیار مناسب‌تری از سرعت پخشیدگی پتاسیم به سطح ریشه و میزان قابلیت استفاده از پتاسیم است. بنابراین در خاک پردیس با توجه به محدودیت جذب کافی پتاسیم برای رشد گیاه به نظر می‌رسد که استات آمونیوم یک نرمال عصاره‌گیر مناسبی برای تعیین وضعیت پتاسیم قابل استفاده این خاک نیست، پارامتر ذکر شده در بالا، ممکن است معیار مناسب‌تری

برای مقایسه پتاسیم قابل جذب این خاک‌ها باشند. ضمن این‌که ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم نیز در این خاک‌ها معیار مناسبی برای ارزیابی وضعیت آبی پتاسیم قابل استفاده خاک نیست. خاک پردیس دارای رس ایلیت است که موجب تثبیت شدن پتاسیم در بین لایه‌ها می‌گردد و در نتیجه شیب منحنی در خاک پردیس با درصد رس کم‌تر، از خاک لورک بیش‌تر است. به‌نظر می‌رسد پتاسیم جذب شده در خاک پردیس با ظرفیت بالقوه بافری بیش‌تر ممکن است قادر به بافر کردن شدت پتاسیم در محلول خاک نباشد و با زراعت، غلظت پتاسیم موجود در محلول خاک و میزان پتاسیم قابل استفاده ریشه گیاه کاهش یابد. در حالی‌که دو خاک دیگر با ظرفیت بالقوه بافری کم‌تر نسبت به خاک پردیس، توانایی بافر کردن پتاسیم را در داخل محلول خاک دارا می‌باشند. بیش‌ترین شدت پتاسیم، در تیمار کلرید پتاسیم و در غلظت ۲۴۰ ppm، در خاک پردیس ۰/۰۲۴ (مول بر لیتر) و در خاک لورک و خاک دهستان صالحان به‌ترتیب ۰/۰۲۷ و ۰/۰۳۱ بود که بیانگر تثبیت پتاسیم در غلظت بالا در خاک پردیس است.

#### منابع

1. Afifi, A.M. 1996. Potassium potential and potential buffering capacity of a Torripssameny in the United Arab Emirates. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 27: 27-36. (In Persian)
2. Akinrinde, E.A. 1999. Quantity-intensity parameters of potassium in relation to uptake by Guinea corn in representative soils of the ecological zones of Nigeria. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 30: 2695-2710.
3. Amini, S. 2007. The effects of paper-mill sludge amendment on soil productivity and wheat growth. M.Sc. Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran. (In Persian)
4. Bansal, S.K., and Sing, M. 1993. K-availability as affected by Q/I relationship Regional Symposium on K-availability of soils in West Asia and North Africa, Tehran, Iran. 41: 7. 68-69.
5. Becket, P.H.T. 1964. Studies on soil potassium. II: The Immediate Q/I relation of labile potassium in the soil. *J. Soil Sci.* 15: 9-23.
6. Becket, P.H.T. 1972. Critical activity ratios. *Adv. Agron.* 24: 376-412.
7. Biabanaki, F., and Hosseinpour, A.R. 2004. Potassium quantity-intensity (Q/I) correlations in some Hamadan soils with concentrations with different chemical extraction methods and the garlic growth indices. *Soil and Water J.* 18: 1. 270-275. (In Persian)



8. Bijar Singh, K., Sharma, N., and Rana, D.S. 1978. The quantity-intensity relation of potassium in soils from plots having nine fixed crop relation for six year. *Plant and Soil*, 50: 363-370.
9. Bolt, G.H., Bruggenwert, M.G.M., De Haan, F.A.M., Kamphorst, A., Novozamsky, I., Van Bremen, N.R., and Brinkman, P.J. 1976. *Soil chemistry*. Elsevier Scientific Publishing Company.
10. Bostani, A., and Savaghebi Firoozabadi, A.G. 2006. Potassium quantity-intensity relations (Q/I) and the correlation of its parameters with characteristics of some Khuzestan soils under sugarcane cultivation. *J. Iran Agric. Sci.* 27: 3. 479-471. (In Persian)
11. Deshmukh, V.N., and Khera, M.S. 1993. Q/I parameters of potassium as influence by K depletion in an ustochrepts. *J. Potassium Res.* 9: 1. 1-7.
12. Evangelou, V.P. 1986. The influence of onion on potassium quantity-intensity relationships. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 1182-1188.
13. LeRoux, J., and Sumner, M.E. 1968. Labile potassium in soils: I. Factors affecting the quantity-intensity (Q/I) parameters. *Soil Sci.* 106: 35-41.
14. Lindsay, W. 1979. *Chemical equilibria in soils*. John Wiley and Sons, New York. 58: 52-56.
15. Lumbaranja, J., and Evangelou, V.P. 1992. Potassium quantity-intensity relationships in the presence and absence of NH<sub>4</sub> for three Kentucky Soils. *Soil Sci.* 154: 366-376.
16. Malakouti, M.J., and Homaei, M. 1993. *Dry lands soil fertility*. Tarbiat Modarres University Press. Iran, 490p. (In Persian)
17. Malavolta, E. 1990. Potassium status of tropical and subtropical region. In: R.D. Munson (ed.) *Potassium in Agriculture* ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, Pp: 163-200.
18. Mengel, K., and Kirkby, E.A. 1980. *Potassium in crop production*. *Adv. Agron.* 35: 59-110.
19. Mojallali, H. 1987. *Soil Chemistry*. Markaz Nashr Daneshgahi press, Iran. First Edition. 343p. (In Persian)
20. Page, A., and Kenny, D. 1982. *Methods of soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*. Agronomy Society of America. Soil Science Society of America. 482p.
21. Rezaei, M. 2008. Effect of zeolite amendment on adsorption and desorption kinetics of ammonium, phosphate and potassium in Rahmat Abad Soil Series of Golestan Province. M.Sc. Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan. Iran. 180p. (In Persian)
22. Samadi, A. 2005. Potassium Exchange Isotherms as a Plant Availability Index in Selected Calcareous Soils of Western Azarbaijan Province, Iran. *Turk. J. Agric. For.* 30: 213-222.

23. Schouwenburg, J., Van, Ch., and Schuffelen, A.C. 1963. Potassium-exchange behavior of an illite. *Neth. J. Agric. Sci.* 11: 13-2.
24. Sebti, M. 2007. Soil microbial and Azotobacter population with vermicompost application and the wheat growth and yield. M.Sc. Thesis. Gorgan University Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (In Persian)
25. Sparks, D.L., and Huang, P.M. 1985. Physical chemistry of soil potassium. In: R. Munson (ed.) *Potassium in Agriculture*. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wis., USA. Pp: 201-276.
26. Sparks, D.L., and Libhardt, W.C. 1981. Effect of long-term lim and potassium application on quantity-intensity (Q/I) relationships in sandy soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 786-986.
27. Tariq, M., and Shah, M. 2002. Response of wheat to applied soil potassium. *Asian J. Plant Sci.* 4: 1. 470-471.
28. Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D., and Havlin, J.L. 2002. *Soil fertility and fertilizers*. 5<sup>th</sup> ed. Macmillan pub. Co. New York. Pp: 643-656.
29. Wang, J.J., and Scott, A.D. 2001. Effect of experimental relevance on potassium Q/I relationships and its implications for surface and subsurface soils. *Comm. Soil. Sci. Plant Anal.* 32: 2561-2575.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 19(2), 2012*  
<http://jwfst.gau.ac.ir>

## **Potassium quantity-intensity curves for soils of different specific surface area**

**\*E. Talebizadeh<sup>1</sup>, G. Abbasmanesh<sup>1</sup> and S.A.R. Movahedi Naeini<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Student, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Associate Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 2009/01/26; Accepted: 2012/02/08

### **Abstract**

Potassium as an essential plant nutrient plays important physiological roles in plants. Q/I relationships present beneficial information for assessment of plant potassium availability and fertilizer application management. The K quantity-intensity relationships and their parameters; labile K, slowly exchangeable K, potassium activity ratio, potassium activity ratio at equilibrium and potassium buffering capacity were compared using four treatments (potassium chloride, potassium chloride + ammonium chloride, potassium chloride + sodium mono phosphate and potassium chloride + ammonium chloride + sodium mono phosphate) on three soils with different specific surfaces. Soil samples obtained from 0-30 cm top-soils of Rahmat Abad soil series (Gorgan University-Pardis), Lavark (Isfahan) and Salehan village (Khomein). The maximum soil  $PBC^k$  obtained for Gorgan University (Pardis). Clay type and soil cation exchange capacity control  $PBC^k$  and its parameters in these soils. Maximum  $PBC^k$  was obtained by potassium chloride and minimum by potassium chloride + Ammonium chloride in all soils. The  $PBC^k$  for potassium chloride + sodium mono phosphate was greater than potassium chloride + ammonium chloride + sodium mono phosphate. Increased sodium salt concentration in solution may increase sodium salt concentration in diffuse double layer and hence  $PBC^k$ . Since the bulk of water and nutrients are held in truncated diffuse double layers with soils of high specific surface area at field conditions, solution potassium concentration and  $AR_e^k$  may more closely estimate plant available potassium relative to  $PBC^k$ ; also suggesting  $AR_e^k$  as a more relevant index when comparing potassium availability for soils of widely differing specific surface area.

**Keywords:** Quantity-intensity curves, Potassium buffering capacity, Potassium, Ammonium and sodium ions, Soils with different specific surface area

---

\* Corresponding Author; Email: e.talebizade@yahoo.com

