هم‌بستگی پارامترهای Q/I با بعضی ویژگی‌های خاک و جذب پتاسیم به وسیله گندم در تعدادی از خاک‌های منطقه آبیک

نوید قنواتی[۱*]، محمدجعفر ملکوتی[۲] و علیرضا حسین‌پور[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱/۱۸)

چکیده

هم‌بستگی بین پارامترهای کمیت- شدت پتاسیم خاک(Q/I) با بعضی ویژگی‌های خاک و شاخص‌های گیاهی گندم (*Triticum aestivum* L.) در یک آزمایش گلخانه‌ای در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ در منطقه آبیک قزوین مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور تعداد ۸۰ عدد نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری مزارعی که به صورت تصادفی در سرتاسر منطقه انتخاب شده بود، برداشت و بر اساس بافت خاک و پتاسیم قابل استفاده، ۲۱ نمونه از آنها انتخاب گردید و در آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی که فاکتور اول ۲۱ نمونه خاک و فاکتور دوم دو سطح کودی ۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم بود، در سه تکرار انجام شد. اثرکود پتاسه بر عملکرد گندم در سطح ۵٪ و اثر خصوصیات خاک بر عملکرد گندم در سطح ۱٪ معنی‌دار شد، ولی اثر متقابل کود پتاسه و خصوصیات خاک معنی‌دار نشد. دامنه‌ای از نسبت فعالیت پتاسیم خاک(AR^K) که در آن نمودار Q/I به صورت خطی بود، تعیین گردید. ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک(PBC^K) هم‌بستگی بالایی را با CEC(r =۰/۹۹۶) ، درصد رس (r = ۰/۹۲۱**) و درصد رطوبت اشباع (r = ۰/۸۱۱ **) نشان داد. معادلهٔ زیر به عنوان برآورد کنندهٔ ظرفیت بافری خاک در خاک‌های زیر کشت گندم منطقه آبیک پیشنهاد گردید.**

$$PBC^K = ۷/۴۱۹\ CEC - ۱۹/۷۴۳ \qquad R^۲adj=۰/۷۸۲$$

نسبت فعالیت تعادلی پتاسیم (AR_e^K) هم‌بستگی بالایی را با پتاسیم محلول (r=۰/۸۴۶)، پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم (r = ۰/۷۳۰**)، درصد رطوبت اشباع (r = -۰/۷۹۴**) و در صد رس (r =-۰/۶۰۲**) نشان داد. هم‌چنین مقدار پتاسیم سهل‌الوصول (ΔK_0) هم‌بستگی بالایی را با پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم (r =۰/۸۷۱**)، پتاسیم محلول (r= ۰/۷۷۸**)، درصد رطوبت اشباع (r = -۰/۵۵۱*) و در صد رس (r =-۰/۲۰۶**) نشان داد. هم‌بستگی بین پتاسیم قابل استفاده گیاه، ΔK_0 و AR_e^K با پتاسیم جذب شده توسط گندم و عملکرد نسبی گندم معنی‌دار نگردید. ولی PBC^K با پتاسیم جذب شده به وسیله گندم (r = ۰/۷۲۹**) و عملکرد نسبی گندم (r = ۰/۷۳۵**) هم‌بستگی بالایی را نشان داد. هم‌بستگی بین پارامترهای Q/I حاصل از محلول‌های KCl, K_2SO_4 با خصوصیات خاک دارای تفاوت معنی‌داری نبود اما پارامترهای Q/I حاصل از محلول KCl هم‌بستگی بیشتری با شاخص‌های رشد گندم داشت.**

واژه‌های کلیدی: گندم(*Triticum aestivum* L.)، کمیت- شدت (Q/I)، ظرفیت بافری، پتاسیم قابل جذب، عملکرد

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران و در حال حاضر عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز

۲. استاد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۳. استادیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: navid _ 989 @ yahoo.com

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.12.4]

مقدمه

نیاز گندم به پتاسیم در مقایسه با نیتروژن حدود ۸۰ درصد است(۶). همه گیاهان خانواده گندمیان دارای سیستم ریشه‌ای افشان بوده و به طور مؤثر و با بازده بالا پتاسیم را از خاک جذب می‌کنند. نیاز غلات به پتاسیم در حد متوسط است (۱۱). از نقطه نظر قابلیت استفاده توسط گیاه، پتاسیم خاک به چهار گروه تقسیم می‌شود که عبارت است از پتاسیم در کانی‌های اولیه، پتاسیم غیر قابل تبادل، پتاسیم قابل تبادل و پتاسیم محلول. با توجه به وجود شکل‌های مختلف پتاسیم درخاک تعیین فراهمی جذب این عنصر برای گیاه کار پیچیده‌ای است(۲۵). قابلیت استفاده پتاسیم توسط گیاه به شدت، کمیت و سرعت جانشینی پتاسیم در خاک وابسته است. شدت، غلظت پتاسیم در محلول خاک می‌باشد. کمیت، مقدار کل پتاسیم موجود در فاز جامد خاک است که با رفتن به فاز محلول خاک قابل استفاده برای گیاه می‌باشد و سرعت جانشینی، یک عامل سنتیکی است که سرعت انتقال پتاسیم از بخش کمیت به شدت را نشان می‌دهد(۸). بسیاری از آزمون‌های تعیین پتاسیم خاک بر اندازه گیری شدت پتاسیم خاک با استفاده از استات آمونیوم یک مولار(NH_4OA_C-K) یا عصاره گیرهای مشابه به‌منظور تعیین پتاسیم محلول و تبادلی تمرکز دارد(۱۵). اگرچه، عصاره گیرهای قوی‌تر دیگری نظیر سدیم تترا فنیل برم ($NaBPh_4$) و اسید نیتریک نیز وجود دارد که در بعضی از موارد دارای هم‌بستگی بهتری با پتاسیم جذب شده توسط گیاه می‌باشند (۷ و ۱۹).

زمانی که کود پتاسیمی به خاک داده می‌شود مقداری از پتاسیم محلول توسط رس‌های خاک تثبیت شده و به‌صورت غیر تبادلی در می‌آید که این پتاسیم برای جذب فوری گیاه غیر قابل دسترس خواهد بود(۲۱). به‌طور کلی پتاسیم غیر تبادلی خصوصا در خاک‌هایی که پتاسیم تبادلی کمی دارند می‌توانند در رشد گیاه مشارکت داشته باشد(۷). تلاش‌های زیادی جهت تعیین مقدار کل پتاسیم قابل استفاده خاک از طریق کاربرد عصاره‌گیرهای قوی به‌منظور عصاره‌گیری بخشی از پتاسیم غیر تبادلی انجام گرفته است(۱۹). پویایی این بخش از پتاسیم به‌طور کامل شناخته نشده است زیرا تمام پتاسیم غیر تبادلی برای گیاه قابل استفاده نیست. عوامل مؤثری که بر تثبیت یا آزادسازی پتاسیم از منابع غیر تبادلی تأثیر دارند عبارتست از کانی‌های خاک، تعادل بین منابع مختلف پتاسیم خاک، دوره خشک و تر شدن و مقدار مواد آلی خاک است (۱۸).

تلاش‌های زیادی به‌منظور تعیین رابطه بین شدت و کمیت پتاسیم خاک با خصوصیات بافری پتاسیم خاک انجام شده است(۱۰و۱۷). مشارکت ظرفیت بافری خاک در برنامه آزمون خاک، دقت و درستی آزمون‌های خاک را در پیش بینی قابلیت استفاده پتاسیم توسط گیاه را افزایش داده است(۱۷). ظرفیت تبادل کاتیونی(CEC) معمولاً به عنوان شاخصی جهت برآورد ظرفیت بافری خاک به‌کار می‌رود(۲۶) اما ممکن است ظرفیت بافری که صرفا بر اساس CEC برآورد شده است منعکس کننده خصوصیات خاک‌هایی که پتاسیم تثبیت شده قابل توجهی داشته و آزادسازی پتاسیم از منابع غیر تبادلی صورت می‌گیرد، نباشد(۷). هم‌چنین می‌توان ظرفیت بافری پتاسیم خاک را از پتانسیل ظرفیت بافری خطی($LPBC^K$) که شیب قسمت خطی نمودار Q/I بین مقادیر پتاسیم جذب شده و نسبت فعالیت پتاسیم(AR^K) می‌باشد و یا ازطریق نسبت‌های مختلفی از پتاسیم تبادلی به پتاسیم محلول تعیین نمود(۱۷). روش رایجی که در حال حاضر جهت تعیین پتاسیم قابل استفاده گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از عصاره‌گیر استات آمونیوم نرمال وخنثی است. کارایی این روش در تعیین پتاسیم قابل استفاده در خاک‌هایی بیشتر است که بخش عمده پتاسیم آنها به صورت تبادلی و نه به صورت تثبیت شده باشد. ولی در خاک‌هایی که مقدارتثبیت پتاسیم بالاست، این روش کارایی لازم را در تعیین پتاسیم قابل استفاده توسط گیاه ندارد (۲۲). ویژگی‌هایی چون ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم (PBC^K)، فعالیت پتاسیم در محلول خاک و ضریب پخشیدگی مؤثر بر میزان جذب پتاسیم توسط ریشه تأثیر دارند. PBC^K به طور مستقیم از منحنی Q/I قابل استخراج است و ضریب پخشیدگی مؤثر به دیگر عوامل

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.12.4]

ظرفیت بافری وابسته است. تواتیا و همکاران (۲۳) نشان دادند که PBC^K در مقایسه با سایر پارامترها همچون AR_e^K و K_o با پتاسیم جذب شده توسط گیاه و عملکرد ماده خشک هم‌بستگی بهتری داشته است و در نمونه‌های خاکی که ایلایت کانی غالب آنها بوده، ظرفیت بافری پتاسیم با کل ماده خشک و غلظت پتاسیم در جوانه‌های جوان هم‌بستگی مثبت و بالاتری داشته است. جیمنز و پارا (۱۴) مشاهده کردند که در خاک‌های آهکی و در کشت متراکم گندم، ۸۰ درصد از پتاسیم مورد استفاده گیاه از بخش غیر تبادلی تأمین شده و منحنی Q/I بعد از کشت به سمت بالا شیفت یافته که این امر نشان‌دهندهٔ افزایش ظرفیت بافری خاک است. هم‌چنین مطالعات ملکین (۱۶) نشان داد که ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم و نسبت فعالیت پتاسیم در محلول خاک (AR^K) در مقایسه با پتاسیم تبادلی خاک، وضعیت پتاسیم در خاک را بهتر پیش‌بینی می‌کند. البته این معیار نیز اثر کلیه عواملی که در ارزیابی عرضه پتاسیم خاک نقش دارند را در بر نمی‌گیرد. هواکسین و همکاران(۱۲) نشان دادند که ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک(PBC^K) با مقدار کل پتاسیم جذب شده توسط شلتوک برنج در کرت‌هایی که کود پتاسیم دریافت نکرده‌اند هم‌بستگی معنی‌داری داشته است. اشنایدر و همکاران(۲۰) نشان دادند که حد بحرانی پتاسیم خاک با مقدار کل پتاسیم جذب شده توسط گندم پاییزه و ذرت هم‌بستگی معنی‌داری داشته اما غلظت بحرانی پتاسیم در محلول خاک هم‌بستگی معکوسی با ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک(PBC^K) داشته است. خراسانی (۴) گزارش کرد که ظرفیت تبادل کاتیونی بیشترین هم‌بستگی را با PBC^K دارد و افزودن کود پتاسیمی تأثیر معنی‌داری بر PBC^K ندارد. مطالعات انجام شده توسط بلالی (۱) در خاک‌های شالیزار شمال کشور نشان داد که ظرفیت تبادل کاتیونی و درصد مواد آلی بیشترین هم‌بستگی را با PBC^K دارد. بیابانکی و حسین‌پور (۲) گزارش کردند که ضریب هم‌بستگی بالا و معنی‌داری بین پتاسیم تبادلی و شاخص‌های عملکرد نسبی، پاسخ گیاهی و میزان پتاسیم جذب شده توسط گیاه سیر وجود دارد ولی هم‌بستگی معنی‌داری بین ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم (PBC^K) با شاخص‌های گیاهی سیر به‌دست نیامد. با توجه به نقش و اهمیت ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم (PBC^K) و دیگر پارامترهای Q/I در مقدار پتاسیم قابل جذب خاک و پتاسیم جذب شده به وسیله گیاه گندم هدف از انجام این تحقیق عبارت است از:

۱. اندازه‌گیری ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم PBC^K در چند خاک انتخابی منطقه آبیک.
۲. تعیین پارامترهای مؤثر بر ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم (PBC^K).
۳. تعیین هم‌بستگی بین پارامترهای Q/I با عملکرد نسبی و مقدار پتاسیم جذب شده توسط گندم.
۴. بررسی کارایی Q/I در توصیه کودی پتاسیم در مزارع گندم.

مواد و روش‌ها

در این بررسی هم‌بستگی بین ویژگی‌های کمیت- شدت(Q/I) پتاسیم خاک با شاخص‌های رشدی گندم (*Triticum aestivum* L.) در یک آزمایش گلخانه‌ای در تعدادی از خاک‌های منطقه آبیک قزوین مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور تعداد ۸۰ نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری مزارعی که به صورت تصادفی در سرتاسر منطقه انتخاب گردیده بودند، برداشت شد. سپس بر اساس بافت خاک و پتاسیم قابل استفاده، ۲۱ نمونه خاک که از فامیل Fine, loamy, mixed, mesic xero Chereptic Camborthids بود، انتخاب گردید(۵). برخی از ویژگی‌های خاک‌ها از قبیل درصدکربن آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد رطوبت اشباع، قابلیت هدایت الکتریکی و pH خاک‌ها اندازه‌گیری شد. سپس آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی که فاکتور اول نوع خاک (۲۱ نمونه خاک) و فاکتور دوم دو سطح کودی ۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم از منبع کلرید پتاسیم در سه تکرار انجام شد. هر گلدان با سه کیلوگرم خاک پر و مقدار کافی (بر حسب آزمون خاک) نیتروژن، فسفر، روی، آهن و مس به هر گلدان اضافه شد. تعداد ۸ عدد دانه گندم رقم بهاره شیراز در هر گلدان کشت شد. در مرحله پنجه زنی تعداد

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.12.4]

بوته‌ها به ۴ عدد تقلیل یافت. پس از ۸ هفته و در مرحله خوشه روی بوته‌ها از یک سانتی‌متری سطح خاک قطع گردیدند. سپس نمونه‌ها با اسید رقیق و آب مقطر شسته شدند و به مدت ۲۴ ساعت در دمای $70^{\circ}C$ در آون نگهداشته شدند تا خشک شوند. پس از خشک شدن نمونه‌ها، وزن هر نمونه تعیین گردید. شاخص‌های گیاهی شامل پتاسیم جذب شده و عملکرد نسبی گندم تعیین شد. ارتباط پتاسیم عصاره‌گیری شده (با استات آمونیوم یک مولار) و شاخص‌های گیاهی با پارامترهای کمیت- شدت(Q/I) مورد مطالعه قرار گرفت.

بررسی روابط Q/I در این خاک‌ها در چهار مرحله صورت گرفت که عبارت بودند از :

تعیین زمان مناسب تعادل برای رسم نمودار Q/I خاک‌ها

در منابع مختلف، زمان‌های تعادل متفاوتی قید شده است که به منظور تعیین زمان مناسب تعادل برای رسم نمودار Q/I خاک‌ها، پیش آزمایشی طراحی گردید. بدین صورت که چهار خاک با درصدهای مختلف رس (۹، ۱۵، ۴۱ و ۴۹ درصد) و غلظت‌های مختلف پتاسیم محلول (۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۸، ۱/۶و۳/۲ میلی اکی والان در لیتر) با نسبت ۱ به ۱۰ خاک به آب در دو تکرار و بعد از ۲ ساعت به هم زدن نمونه‌ها در زمان‌های تعادل ۰، ۲، ۴، ۸ و۲۴ ساعت، مورد بررسی قرار گرفت.

تعیین قسمت خطی نمودارQ/I

از آنجا که ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک شیب قسمت خطی نمودارQ/I می‌باشد، تعیین دامنه‌ای از AR^K که در آن نمودار Q/I به صورت خطی است، الزامی می‌باشد. بدین منظور شش نمونه خاک با درصدهای مختلف رس و در سه تکرار انتخاب گردید. سپس نمودارQ/I هر یک از خاک‌ها رسم شد و آنگاه دامنه‌ای از AR^K که در آن نمودار Q/I خطی بود تعیین گردید.

تعیین نمودار Q/I برای ۲۱ نمونه خاک در دامنهٔ انتخاب شده

برای رسم نمودارکمیت- شدت پتاسیم خاک(Q/I) برای هر نمونه، ابتدا ۲۵ میلی لیتر محلول۰/۰۲ مولار کلسیم که غلظت پتاسیم در آنها به ترتیب۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۸و ۱/۶ میلی مولار بود به نمونه‌های ۲/۵ گرمی از هر خاک (در دو تکرار) اضافه و هر یک از نمونه‌های خاک به مدت ۲ ساعت در دمای $25^{\circ}C$ تکان داده شدند. پس از سانتریفیوژ کردن تعلیق در ۳۸۰۰ تا۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه مجموع غلظت کلسیم و منیزیم و غلظت پتاسیم عصاره تعیین گردید. هم‌چنین قابلیت هدایت الکتریکی محلول‌های شفاف رویی را قرائت نموده و با استفاده از فرمول دیویس ضریب فعالیت هر یون و نسبت فعالیت پتاسیم(AR^K) محاسبه شد. مقدار پتاسیم جذب یا آزاد شده در مقابل نسبت فعالیت پتاسیم محاسبه شده قرار گرفت. سپس ویژگی‌های کمیت – شدت (Q/I) هر خاک محاسبه شد.

$$I = ۰/۰۱۳ \times EC$$

$$ds.m^{-۱} = EC$$

I = قدرت یونی

$$Log\delta = [(-۰/۵۰۲ \times Z \times (I^{\frac{۱}{۲}})) / (۱ + (I^{\frac{۱}{۲}}))] - ۰/۳ (I)$$

δ= ضریب فعالیت

$$AR^K = \frac{\delta_k . C_k}{\sqrt{\delta_{Ca+Mg} (C_{Ca} + C_{Mg})}}$$

Z = بار الکتریکی

Q (Cmolc/Kg) = ΔK = غلظت پتاسیم تعادلی – غلظت پتاسیم اولیه

C = غلظت برحسب (mol/L)

بررسی تأثیر آنیون همراه پتاسیم بر روابطQ/I در خاک‌های مورد مطالعه

یکی از عوامل مؤثر بر رابطه (Q/I) و پارامترهای آن، آنیون همراه پتاسیم می‌باشد(۹). برای بررسی این موضوع با تغییر در منبع پتاسیم از کلرید پتاسیم به سولفات پتاسیم آنیون همراه پتاسیم از Cl^- به SO_4^{-2} تغییر داده شد تا بتوان تأثیر آنیون همراه پتاسیم را مورد بررسی دقیق قرار داد که با ۱۸ نمونه خاک که پیش از این ظرفیت بافری بالقوه آنها از منبع KCl تعیین شده بود انجام شد (۹ و ۲۴).

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.12.4]

جدول۱. برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ۲۱ نمونه خاک

درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	pH	قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)
۲۲/۴۸ ± ۹/۴۶	۲۷/۳۳ ± ۹/۰۶	۵۰/۱۹ ± ۱۵/۵۷	۷/۸۱ ±۰ /۲۵	۱/۱۹ ±۰/۴۷
کربن آلی (٪)	رطوبت اشباع (٪)	ظرفیت تبادل کاتیونی ($Cmol_c$ /kg)	پتاسیم محلول در استات آمونیوم (mg/kg)	پتاسیم محلول (mg/L)
۰/۶۹ ± ۰/۴۷	۳۵/۷۶ ± ۸/۲۱	۱۲/۴۷ ± ۳/۶۵	۲۰۲/۶۷ ± ۷۴/۱۶	۹/۵۵ ± ۶/۴۲

جدول۲. تجزیه واریانس اثر نوع خاک و کاربرد پتاسیم بر عملکرد ماده خشک اندام هوایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
کود	۱	۰/۶۲۷*
خاک	۲۰	۱/۷۵۰**
کود × خاک	۲۰	۰/۰۷۳^{ns}
خطا	۸۴	۰/۱۰۱

*و** : به ترتیب در سطح ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار است. ns : معنی‌دار نیست.

روش‌های تجزیه آماری

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی انجام شد و محاسبات آماری آن توسط نرم افزارهای آماری SPSS و Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

نتایج تجزیه فیزیکو شیمیایی خاک‌ها نشان داد که دامنه تغییرات خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک‌ها وسیع است. مقدار پتاسیم اولیه خاک‌ها (پتاسیم استخراج شده توسط استات آمونیوم یک نرمال) بین ۳۲۱ - ۶۶ میلی‌گرم در کیلوگرم، ظرفیت تبادلی خاک‌ها بین۲۵/۰۶-۸/۹۱ سانتی‌مول بار بر کیلوگرم و شوری بین ۳/۲۲- ۰/۶۴ دسی زیمنس بر متر می‌باشد که از نظر املاح محلول مشکلی برای رشد گندم ایجاد نمی‌کنند. دامنه تغییرات pH خاک‌ها بین ۷/۹۳ –۷/۵۷ بوده و با توجه به این‌که مناسب ترین pH برای گندم بین ۸/۵-۷ است، بنابراین pH عامل محدود کننده‌ای در رشد گندم نبوده است(جدول۱).

نتایج حاصل از مطالعات گلخانه‌ای

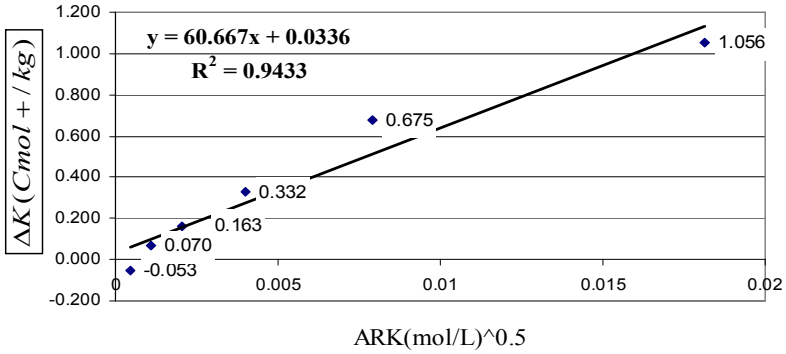
تجزیه واریانس برای عملکرد ماده خشک اندام هوایی در جدول ۲ آمده است، کاربرد پتاسیم درخاک بر عملکرد گیاه گندم در سطح ۵٪ تأثیر معنی‌دار داشت ولی برهمکنش بین کود و خاک معنی‌دار نیست.

نتایج حاصل از تعیین زمان تعادل مناسب و تعیین قسمت خطی نمودار (Q/I)

تحلیل آماری انجام شده درباره غلظت پتاسیم تعادلی در زمان‌های تعادل مختلف نشان داد که بین این زمان‌ها تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. از این رو زمان تعادل صفر(بعد از ۲ ساعت به هم زدن نمونه‌ها) به عنوان زمان مناسب تعادل انتخاب گردید. هم‌چنین دامنه‌ای ازAR^K که در آن نمودارQ/I

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.12.4]



شکل ۱. نمودار (Q/I)

جدول۳. پارامترهای Q/I برای ۲۱ نمونه خاک

شماره نمونه	معادله خط ظرفیت بافری خاک	$R^۲$	PBC^K *،	AR_e^K **	$-\Delta K_o$ ***
۱	y = ۶۰/۶۶۷ x – ۰/۰۳۳۶	۰/۹۴۳	۶۰/۶۶۷	۰/۰۰۰۶	۰/۰۳۳۶
۲	y = ۵۱/۵۶۲ x – ۰/۰۸۱۲	۰/۹۷۴	۵۱/۵۶۲	۰/۰۰۱۶	۰/۰۸۱۲
۳	y = ۶۲/۲۸۴ x –۰/۰۰۹۳	۰/۹۵۸	۶۲/۲۸۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۹۳
۴	y = ۱۸۲/۳۹ x–۰/۲۰۵۵	۰/۹۹۹	۱۸۲/۳۹	۰/۰۰۱۱	۰/۲۰۵۵
۵	y = ۴۹/۷۳۶ x –۰/۱۷۵	۰/۹۸۸	۴۹/۷۳۶	۰/۰۰۳۵	۰/۱۷۵
۶	y = ۷۶/۳۷۶ x – ۰/۱۱۱	۰/۹۹۶	۷۶/۳۷۶	۰/۰۰۱۵	۰/۱۱۱
۷	y = ۶۰/۸۷۸ x – ۰/۱۸۴۸	۰/۹۹۳	۶۰/۸۷۸	۰/۰۰۳۰	۰/۱۸۴۸
۸	y = ۷۴/۱۰۵ x –۰/۳۰۱۹	۰/۹۹۶	۷۴/۱۰۵	۰/۰۰۲۹	۰/۳۰۱۹
۹	y = ۷۶/۲۰۵ x –۰/۴۰۳۹	۰/۹۸۶	۷۶/۲۰۵	۰/۰۱۲۰	۰/۴۰۳۹
۱۰	y = ۱۰۸/۸۷ x –۰/۱۲۵۲	۰/۹۸۵	۱۰۸/۸۷	۰/۰۰۱۱	۰/۱۲۵۲
۱۱	y = ۶۱/۳۷۸ x – ۰/۲۶۹۹	۰/۹۹۳	۶۱/۳۷۸	۰/۰۰۴۴	۰/۲۶۹۹
۱۲	y = ۶۰/۴۰۹ x – ۰/۲۵۰۳	۰/۹۹۵	۶۰/۴۰۹	۰/۰۰۴۱	۰/۲۵۰۳
۱۳	y = ۷۹/۱۶۷x – ۰/۲۸۹۱	۰/۹۸۹	۷۹/۱۶۷	۰/۰۰۳۷	۰/۲۸۹۱
۱۴	y = ۵۳/۲۹۳x – ۰/۴۵۲۳	۰/۹۹۴	۵۳/۲۹۳	۰/۰۰۸۵	۰/۴۵۲۳
۱۵	y = ۹۶/۷۱۸ x –۰/۲۳۵۰	۰/۹۸۸	۶۹/۷۱۸	۰/۰۰۲۴	۰/۲۳۵۰
۱۶	y = ۴۶/۶۰۲ x – ۰/۲۶۴۱	۰/۹۹۷	۴۶/۶۰۲	۰/۰۰۵۷	۰/۲۶۴۱
۱۷	y = ۶۴/۲۹۴x – ۰/۴۷۴۳	۰/۹۹۸	۶۴/۲۹۴	۰/۰۰۷۴	۰/۴۷۴۳
۱۸	y = ۴۵/۵۳۸ x – ۰/۴۷۳۶	۰/۹۹۰	۴۵/۵۳۸	۰/۰۱۰۴	۰/۴۷۳۶
۱۹	y = ۷۷/۷۷۳x–۰/۴۵۰۷	۰/۹۹۷	۷۷/۷۷۳	۰/۰۰۵۸	۰/۴۵۰۷
۲۰	y = ۷۵/۹۶۵ x – ۰/۳۸۶۸	۰/۹۹۷	۷۵/۹۶۵	۰/۰۰۵۱	۰/۳۸۶۸
۲۱	y = ۷۸/۵۹۳x –۰/۲۰۷۳	۰/۹۹۴	۷۸/۵۹۳	۰/۰۰۲۶	۰/۲۰۷۳

$*[Cmolc.kg^{-۱}(mol.L^{-۱})^{\frac{۱}{۲}}]**(mol.L^{-۱})^{\frac{۱}{۲}}***(Cmolc.kg^{-۱})$

به صورت خطی بود تعیین گردید. سپس نمودار Q/I کلیه خاک‌های مورد مطالعه در این دامنه رسم گردید و کلیه پارامترهای Q/I تعیین شد (شکل ۱ و جدول۳).

هم‌بستگی بین اجزای مختلف رابطه Q/I با خصوصیات خاک

هم‌بستگی بین اجزای مختلف رابطهQ/I با خصوصیات خاک در جدول ۴ آمده است که این نتایج گزارش سایر محققان از جمله

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.12.4]

جدول ۴. هم‌بستگی بین پارامترهای Q/I و برخی از خصوصیات ۲۱ نمونه خاک

منابع	CEC	Clay	NH_4OA_C-K	K(Soluble)	SP	OC
PBC^K	۰/۹۹۶**	۰/۹۲۱**	۰/۴۹۷^{ns}	−۰/۴۳۴^{ns}	۰/۸۱۱**	۰/۳۱۰^{ns}
AR_e^K	-۰/۴۸۹^{ns}	-۰/۶۰۲*	۰/۷۳۰**	۰/۸۴۶**	−۰/۷۹۴**	−۰/۴۷۷^{ns}
ΔK_0	۰/۰۴۸^{ns}	−۰/۲۰۶^{ns}	۰/۸۷۱**	۰/۷۷۸**	−۰/۵۵۱*	۰/۰۴۵^{ns}

* و** : به ترتیب در سطح ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار است. ns : معنی‌دار نیست.

بلالی(۱) بیابانکی و حسین پور(۲)، حسین پور و کلباسی(۳)، و خراسانی (۴) را نیز تأیید می‌کند.

برآورد ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک (PBC^K)

از آنجا که آزمایش‌های مربوط به تعیین ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک (PBC^K) وقت‌گیر و نیازمند اندازه‌گیری‌های دقیق و تخصصی می‌باشد، از این روی برآورد ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم (PBC^K) به وسیله تعدادی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک که هم‌بستگی بالایی با PBC^K خاک داشته و هم‌چنین اندازه‌گیری آنها در خاک سریع و آسان باشد روش مناسبی است. برای این کار با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره مرحله‌ای، پارامترهای CEC، درصد رس، درصد کربن آلی و SP برای برآورد ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک (PBC^K) مناسب تشخیص داده شده و در نهایت این مدل آماری از بین متغیرهای یاد شده تنها ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) را به عنوان ویژگی مناسب به منظور برآورد ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک (PBC^K) مطابق رابطه زیر تعیین کرد. این نتایج گزارش سایر محققان از جمله بلالی(۱) حسین پور و کلباسی(۳) و خراسانی (۴) را نیز تأیید می‌کند.

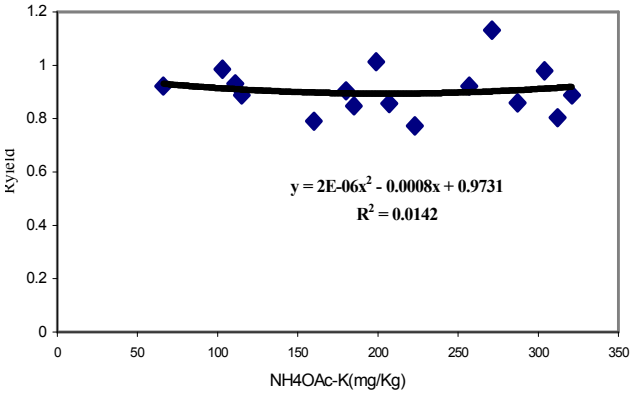
PBC^K=۷/۴۱۹ CEC - ۱۹/۷۴۳ R^2adj=۰/۷۸۲

هم‌بستگی بین اجزای مختلف رابطه Q/I و پتاسیم قابل استفاده با جذب پتاسیم توسط گندم

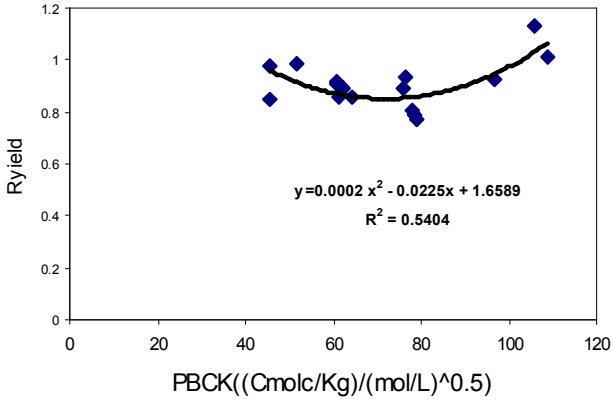
با وجود تفاوت قابل توجه پتاسیم قابل استفاده بومی خاک‌ها (۶۶ به ۳۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) مقدار پتاسیم جذب شده توسط گندم تغییر چندانی نکرد به طوری که هم‌بستگی بین پتاسیم استخراج شده با استات آمونیوم و پتاسیم جذب شده توسط گیاه حتی در سطح ۵ درصد هم معنی‌دار نشد (R^2 =۰/۱۳۴). این امر نشان می‌دهد که جذب پتاسیم توسط گیاه گندم تنها تابع پتاسیم استخراج شده توسط استات آمونیوم نمی‌باشد، بلکه عوامل مهم دیگری جذب پتاسیم توسط گیاه را کنترل می‌کنند. هم‌بستگی پارامترهای AR_e^K و ΔK_0 با مقدار پتاسیم جذب شده توسط گندم نیز در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد. ولی بین ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک (PBC^K) با پتاسیم جذب شده توسط گندم هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد به‌دست آمد (شکل۵). این امر نشان‌دهنده آن است که در خاک‌های مورد بررسی ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک (PBC^K) نسبت به پتاسیم استخراج شده توسط استات آمونیوم هم‌بستگی بیشتری با مقدار جذب پتاسیم توسط گیاه گندم دارد. دلیل این امر آن است که پارامترهایی چون ظرفیت بافری پتاسیم، شدت فعالیت پتاسیم در محلول خاک و ضریب پخشیدگی مؤثر، میزان پتاسیم جذب شده توسط ریشه گیاه را تحت کنترل دارد. شدت و ظرفیت بافری به طور مستقیم از منحنی Q/I استخراج می‌شود و ضریب پخشیدگی مؤثر به دیگر فاکتورهای ظرفیت بافری وابسته است (۱۳). این نتایج گزارش سایر محققان از جمله تواتیا و همکاران (۲۳)، ملکین (۱۶) و هواکسین و همکاران(۱۲) را تأیید می‌کند. اما بیابانکی و حسین‌پور (۲) هم‌بستگی معنی‌داری بین ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک با پتاسیم جذب شده توسط گیاه سیر به دست نیاوردند و هم‌چنین اشنایدر و همکاران(۲۰) نشان دادند که حد

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.12.4]



شکل ۲. هم‌بستگی پتاسیم استخراج شده توسط استات آمونیوم با عملکرد نسبی گندم



شکل۳. هم‌بستگی PBC^K با عملکرد نسبی گندم

جدول ۵. اثر آنیون همراه (کلرید و سولفات) بر پارامترهای Q/I و خصوصیات ۱۸ نمونه خاک

پارامترهای Q/I / خصوصیات خاک	نوع محلول	CEC	Clay	NH_4OA_C-K	Soluble-K	SP	OC
PBC^K	KCl	۰/۹۶۹**	۰/۹۰۸**	۰/۰۴۰ ns	−۰/۵۲۵*	۰/۸۷۲**	۰/۴۸۷ns
	K_2SO_4	۰/۹۵۹**	۰/۸۶۳**	−۰/۰۹۱ ns	−۰/۶۲۱*	۰/۸۷۶**	۰/۴۶۰ ns
AR_e^K	KCl	−۰/۴۹۴ ns	−۰/۶۰۸*	۰/۶۶۶**	۰/۸۶۱**	−۰/۷۴۰**	−۰/۶۲۶*
	K_2SO_4	−۰/۴۹۸ ns	−۰/۶۰۳*	۰/۶۹۰**	۰/۹۰۲**	−۰/۷۴۰**	−۰/۶۰۹*
ΔK_0	KCl	−۰/۱۸۴ ns	−۰/۳۳۳ ns	۰/۸۲۲**	۰/۷۸۰**	−۰/۵۱۰ ns	−۰/۴۸۲ ns
	K_2SO_4	−۰/۲۲۱ ns	−۰/۳۸۷ ns	۰/۸۷۱**	۰/۷۶۹**	−۰/۵۴۲*	−۰/۵۱۳ ns

*و** : به ترتیب در سطح ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار است. ns : معنی‌دار نیست.

بحرانی پتاسیم خاک با مقدار کل پتاسیم جذب شده توسط گیاه گندم پاییزه و ذرت هم‌بستگی معنی‌داری داشته اما غلظت بحرانی پتاسیم در محلول خاک هم‌بستگی معکوسی با ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک(PBC^K) داشته است.

هم‌بستگی بین اجزای رابطه Q/I و پتاسیم استخراج شده توسط استات آمونیوم با عملکرد نسبی گندم

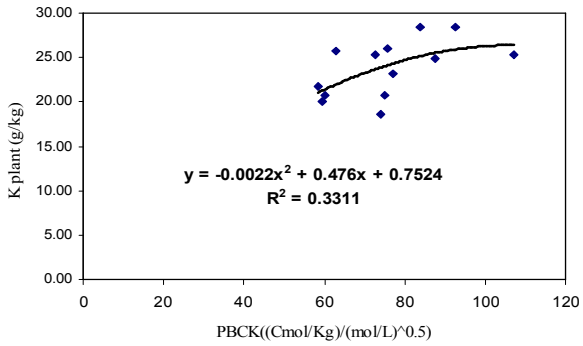
بین پتاسیم استخراج شده توسط استات آمونیوم با عملکرد نسبی گندم هم‌بستگی معنی‌داری دیده نشد. این امر نشان‌دهنده آن است که علی رغم تفاوت در پتاسیم قابل استفاده خاک، پاسخ گندم به کود پتاسه تقریباً یکسان است. دلیل آن شاید این نکته باشد که بسیاری از گیاهان و به خصوص تک‌لپه‌ای‌ها (گندم) پتاسیم مورد نیاز خود را بیشتر از بخش غیر تبادلی تأمین می‌کنند (۲۲). هم‌چنین هم‌بستگی بین AR_e^K و ΔK_0 با عملکرد نسبی گندم معنی‌دار نشد. اما بین ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم خاک (PBC^K) با عملکرد نسبی گندم هم‌بستگی معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت (شکل۲و۳ و جدول ۵).

بررسی اثر آنیون همراه پتاسیم بر روابط Q/I و پارامترهای آن

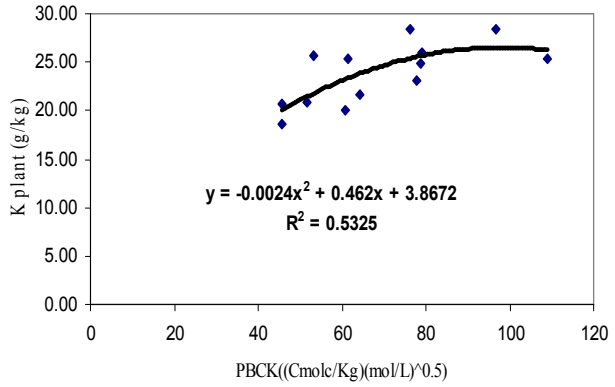
بین PBC^K حاصل از سولفات پتاسیم با کلرید پتاسیم اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود داشت. هم‌چنین بین ΔK_0

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.12.4]



شکل۴ . هم‌بستگی PBC^K حاصل از سولفات پتاسیم با پتاسیم جذب شده توسط گندم



شکل۵. هم‌بستگی PBC^K حاصل از کلرید پتاسیم با پتاسیم جذب شده توسط گندم

جدول ۶. هم‌بستگی پارامترهای Q/I حاصل از دو محلول با پتاسیم جذب شده توسط گندم

پارامترهای Q/I	PBC^K		AR_e^K		ΔK_0	
خصوصیات گیاهی	K_2SO_4	KCl	K_2SO_4	KCl	K_2SO_4	KCl
K plant	۰/۵۷۵*	۰/۷۲۹**	−۰/۲۳۹ ns	−۰/۲۲۵ ns	−۰/۳۳۲ ns	−۰/۱۴۰ ns

*و** : به ترتیب در سطح ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار است. ns : معنی‌دار نیست.

حاصل از این دو محلول اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ ملاحظه گردید، اما چنین روندی در رابطه با AR_e^K دیده نشد. تمایل بیشتر Ca^{2+} و Mg^{2+} به تشکیل زوج‌های یونی با SO_4^{-2} نسبت به Cl^- می‌تواند بر روابط کمیت ـ شدت پتاسیم(Q/I) در سیستم خاک تأثیر بگذارد به طوری که این زوج یون‌ها نمی‌توانند با پتاسیم خاک واکنش تبادلی داشته باشند و پتاسیم تبادلی راحت تر با کاتیون‌های دیگر جایگزین شده و در اختیار ریشه قرار می‌گیرد. هم‌چنین جذب سطحی SO_4^{-2} و واکنش‌های رقابتی بین $CaCl^+$ با Ca^{2+}، $CaCl^+$ با K^+ و KSO_4^- با SO^{2-}_4 در فاز جامد در ایجاد این تفاوت‌ها مؤثر است (۹ و۲۴). روابط بین اجزاء رابطه Q/I مربوط به این دو محلول با خصوصیات خاک در جدول ۵ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود هم‌بستگی بین اجزاء مختلف نمودار Q/I حاصل از این دو محلول با خصوصیات خاک دارای اختلاف معنی‌داری نبوده و هر دو محلول رفتار تقریباً مشابه ای با خصوصیات خاک دارند.

در این حالت نیز بین PBC^K با پتاسیم جذب شده توسط گندم هم‌بستگی معنی‌داری مشاهده شد. به طوری که هم‌بستگی بین PBC^K با کلرید پتاسیم و سولفات پتاسیم با پتاسیم جذب شده توسط گندم به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار بود(شکل۴و۵ و جدول۶).

هم‌بستگی بین AR_e^K و ΔK_0 حاصل از KCl, K_2SO_4 با پتاسیم جذب شده توسط گندم(Kconcentration) معنی‌دار نشد. مقایسه پارامترهایQ/I حاصل از این دومحلول با پتاسیم جذب شده توسط گندم (Kconcentration) در جدول ۶ آمده است. با توجه به این نتایج می‌توان نتیجه گرفت که برای نمونه خاک‌های مورد استفاده در این تحقیق، PBC^K حاصل از محلول کلرید پتاسیم قادر است برآورد بهتری از نیاز گیاه به کاربرد پتاسیم را ارائه دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مقدار پتاسیم در فاز تبادلی و نسبت فعالیت پتاسیم در فاز

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.12.4]

محلول به تنهایی شاخص‌های مناسبی برای مقدار پتاسیم قابل استفاده گیاه و میزان پاسخ گیاه به کود پتاسه نمی‌باشد چون در مقادیر یکسان پتاسیم تبادلی و یا نسبت فعالیت پتاسیم تعادلی در فاز محلول در دو خاک، ظرفیت بافری بالقوه خاک‌ها ممکن است متفاوت باشد، لذا پاسخ به کود پتاسه در این خاک‌ها متفاوت خواهد بود. از طرف دیگر هم‌بستگی بالای ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم با بعضی از پاسخ‌های گیاهی می‌تواند بیانگر این باشد که PBC^K خاک شاخص خوبی از قابلیت استفاده پتاسیم خاک توسط گیاه است. بنابراین پیشنهاد می‌شود هم‌بستگی پارامترهای Q/I و به خصوص PBC^K خاک با شاخص‌های گیاهی گندم و محصولات دیگر در خاک‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان شاخص جدیدی که تلفیقی از PBC^K و سایر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک می‌باشد را ارائه نمود.

منابع مورد استفاده

۱. بلالی، م. ر. ۱۳۷۶. بررسی ظرفیت بافری بالقوه (PBC^K) در خاک‌های شالیزار شمال ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۲. بیابانکی، ف. س. و ع. ر. حسین پور. ۱۳۸۲. هم‌بستگی پارامترهای کمیت- شدت پتاسیم با پتاسیم قابل استفاده و شاخص‌های گیاهی. هشتمین کنگره علوم خاک، رشت، ایران.

۳. حسین پور، ع. ر. و م. کلباسی. ۱۳۷۹. نسبت کمیت ـ شدت پتاسیم و هم‌بستگی پارامترهای آن با خصوصیات خاک در تعدادی از خاک‌های ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴(۱): ۴۲-۵۶.

۴. خراسانی، ر .۱۳۷۴. بررسی روابط کمیت ـ شدت (Q/I) پتاسیم در خاک‌های شالیزار شمال کشور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۵. مسیح‌آبادی، م. ح. ۱۳۷۰. پیدایش و رده‌بندی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک آبیک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۶. ملکوتی، م. ج. و م. همایی. ۱۳۸۲. *حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک*. چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

7. Cox, A. E., B. C. Joern, S. M. Brouder and D. Gao. 1999. Plant-available potassium assessment with a modified sodium tetraphenylboron method. Soil Sci. Soc. Am. J. 63:902-911.
8. Barber, S. A. 1984. Soil Nutrient Bioavailability: A Mechanistic Approach. John Wiley & Sons, New York.
9. Evangelou, V. P. 1986. The influence of anion on potassium quantity- intensity relationship. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 1182-1188.
10. Evangelou, V. P, J. Wang and R. E. Phillips. 1994. New developments and perspectives on soil potassium quantity/intensity relationships. Adv. Agron. 52:173-227.
11. Gething, P. A. 1992. Potash fact. Int. Potash Ins. Bern, Switzerland.
12. Huaxing, L. I., L. I. Guoful, M. A. Manzhuang and H. Xiaohong. 2006. Study on relationship between quantity-intensitycharacteristics of potassium in paddy soils and potassium. Soil Sci. Soc. Am. J. 70: 685-689.
13. Jim, J. W., L. H. Dustin and F. B. Paul. 2004. Potassium buffering characteristics of three soils low in exchangeable potassium. Soil Sci. Soc. Am. J. 68: 654-661.
14. Jimenez, C. and M. H. Parra. 1991. Potassium quantity-intensity in calcareous Vertisols and Inceptisols of southwestern Spain. Soil Sci. Soc. Am. J. 55: 985-989.
15. Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 15:1409-1412.
16. Melkin, B. 1997. Potassium quantity-intensity relationship in calcareous soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 61:20-25.
17. Nair, K. P., P. Sadanandan, A. K. Hamza and S. Abraham. 1997. The importance of potassium buffer power in the growth and yield of cardamom. J. Plant Nutr. 20:987-997

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.12.4]

18. Olk, D. C. and K. G. Cassman. 1995. Reduction of potassium fixation by two humic acid fractions in vermiculitic soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:1250-1258.
19. Richards, J. E. and T. E. Bates. 1988. Studies on the potassium-supplying capacities of southern Ontario soils: II. Nitric acid extraction of non-exchangeable K and its availability to crops. Canad. J. Soil Sci. 68:199-208.
20. Schneider, A., P. Castillon and S. Pellerin. 2003. Relationships between soil potassium supply characteristics based on soil solution concentration and buffer power and field responses of winter wheat and maize. Plant and Soil 254: 269-278.
21. Scott, A. D. and S. J. Smith. 1987. Sources amounts and forms of alkali elements in the soil. Adv. Soil Sci. 6:101-147.
22. Simard, R. and J. Zizka. 1994. Evaluating plant available potassium with strontium chloride. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 25:1779-1789.
23. Tewatia, R. K., N. Single, M. Singh and S. B. Mittal. 1987. Quantity- intensity parameters of potassium in some salt affected soils of Haryana. J. Potassium. 31: 26-33.
24. Thompson, T. L. and A. M. Blackmer. 1992. Quantity-intensity relationships of soil ammonia in long-term rotation plots. Soil Sci Soc Am. J. 56: 494-498
25. Tisdal, S. L., W. L. Nelson, J. D. Beaton and J. L. Havlin. 2001. Soil Fertility and Fertilizers. 5th ed., Prentice- Hall of India Limited, New Delhi, India.
26. Vitosh, M. L., J. W. Johnson and D. B. Mengle. 1995. Tri-state fertilizer recommendation for corn, soybean, wheat, and alfalfa. Ext Bull. E2567, Michigan State Univ., East Lansing.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-02-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.12.4]