

# مقایسه چهار عصاره گیر شیمیایی برای برآورد پتاسیم قابل استفاده در خاکهای شالیزاری شمال ایران

حسن توفیقی

استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله ۲۸/۴/۳۰

## خلاصه

از ۵۱ مزرعه شالیزاری در شمال ایران که بطور تصادفی انتخاب شدند، نمونه های مرکب از عمق ۲۵-۰ سانتیمتری خاک در دو سال متوالی (سال اول ۲۵ نمونه، سال دوم ۲۶ نمونه) برداشت گردید. مزارع انتخابی از توزیع مناسبی در سراسر منطقه برخوردار بود. بعضی از خصوصیات عمومی خاکها از قبیل pH، SP، درصد کربنات کلسیم معادل و CEC اندازه گیری شد. علاوه، روشهای استات آمونیوم یک نرمال (دو روش)، نیترات منیزیم ۵/۰ مولار، اسید سولفوریک سرد (دو روش) و اسید نیتریک جوشان برای اندازه گیری پتاسیم خاک مورد استفاده قرار گرفت. بررسی جذب پتاسیم توسط برنج با استفاده از دو رقم پر محصول آمل ۳ و خزر در شرایط گلخانه در دو سال متوالی انجام گرفت. رقم های آمل ۳ و خزر به ترتیب بر روی خاکهای نمونه گیری شده در سالهای اول و دوم کشت گردیده و در طول فصل رشد رقم آمل ۳ با آب مقطر و رقم خزر با آب مقطر حاوی ۳ میلی گرم پتاسیم در لیتر آبیاری شدند. متوسط پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم، نیترات منیزیم، اسید سولفوریک و اسید نیتریک به ترتیب ۴/۱۳۳، ۶/۱۱۴، ۶/۱۵۲ و ۵/۳۰۴ میلی گرم در کیلوگرم خاک بدست آمد. انحراف معیار این داده ها نسبتاً زیاد بود که نشان می دهد این خاکها از لحاظ آزاد سازی پتاسیم تفاوت زیادی با هم دارند. در این بررسی، در هر دو سال پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم، نیترات منیزیم و روش اصلاح شده اسید سولفوریک دارای همبستگی غالباً قوی با پاسخ های گیاه (شامل وزن شلتوک، وزن اندام هوایی و مقدار کل پتاسیم جذب شده) بودند، در صورتیکه همبستگی های مشابه برای روش اسید نیتریک اکثراً ضعیف بود. مقایسه این عصاره گیرها بر اساس دو عامل ضرائب همبستگی و سهولت و سرعت عصاره گیری نشان داد که قابلیت این عصاره گیرها برای برآورد پتاسیم قابل استفاده خاکها به ترتیب زیر کاهش می یابد: استات آمونیوم یک نرمال < نیترات منیزیم ۵/۰ مولار < روش اصلاح شده اسید سولفوریک < اسید نیتریک. اما در صورتیکه هزینه و سرعت تجزیه مد نظر باشد، روش اصلاح شده استات آمونیوم یک نرمال ارجح می باشد، خصوصاً هنگامیکه لازم باشد تعداد زیادی نمونه خاک در زمان کوتاه تجزیه گردد. سطح بحرانی پتاسیم برای عصاره گیر استات آمونیوم به روشهای آماری و ترسیمی کیت - نلسون به ترتیب ۱۴۲ و ۱۳۵ میلی گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک و برای روشهای استات آمونیوم اصلاح شده و نیترات منیزیم به روش ترسیمی کیت - نلسون به ترتیب ۱۲۷ و ۱۲۲ میلی گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک بدست آمد. در این بررسی نشان داده شد که اصلاح روش هاتر و پرت (روش اسید سولفوریک سرد) برای اثر کربناتهای خاک باعث بهبود قابل توجهی در همبستگی پتاسیم قابل استخراج با پاسخ های گیاه می گردد.

واژه های کلیدی: عصاره گیر پتاسیم، پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم، پتاسیم قابل استخراج با نیترات منیزیم، پتاسیم قابل استخراج با اسید سولفوریک سرد، پتاسیم قابل استخراج با اسید نیتریک جوشان، پتاسیم در خاکهای شالیزاری، سطح بحرانی پتاسیم در خاکهای شالیزاری

## مقدمه

خاکها - که توسط کشت مستمر شبدر لادینو اندازه گیری شد - با پتاسیم استخراج شده توسط اسید نیتریک جوشان از همبستگی بالایی ( $r^2 = 0/88$ ) برخوردار بوده ولی با پتاسیم تبدلی خاکها همبستگی معنی داری نداشت. احمد و همکاران (۵) با بررسی ۱۵۱ نمونه خاک هند گزارش نمودند که دو روش استات آمونیم و اسید سولفوریک سرد در مقایسه با اسید استیک و اسید نیتریک جوشان بالاترین همبستگی را با جذب پتاسیم توسط گیاه دارا بوده و در نتیجه از حساسیت کمتری نسبت به نوع خاک برخوردار بودند. ریچارد و بیتر (۲۶) همبستگی گروهی از روشها با ظرفیت عرضه پتاسیم ۹ خاک کانادایی در یک آزمایش گلخانه‌ای بر روی یونجه را مطالعه و نتیجه گرفتند که روش EUF بعنوان بهترین روش و روشهای ۱/۰ مولار اسید نیتریک ( $r^2 = 0/92$ )، ۱/۰ مولار کلرور سدیم ( $r^2 = 0/86$ ) و استات آمونیوم یک مولار ( $r^2 = 0/61$ ) به ترتیب در مراتب بعدی قرار داشتند. به گزارش هبی و همکاران (۱۵) در آمریکا و کانادا تخمینی از پتاسیم تبدلی که معمولاً شامل پتاسیم محلول خاک نیز می‌گردد، بعنوان شاخص استاندارد پتاسیم قابل استفاده محسوب و در موارد زیادی با غلظت پتاسیم در گیاه و یا محصول همبستگی دارد. حتی هنگامیکه مشارکت پتاسیم غیر تبدلی در تامین نیاز گیاه نیز زیاد بوده، پتاسیم تبدلی همبستگی بالایی با جذب پتاسیم توسط گیاه نشان داده است (۱۳). برتش و توماس (۶) با جمع بندی بررسیهای مختلف نتیجه گرفتند که در خاکهای با اسمکایت، کائولینایت و مواد آلی زیاد ولی فقیر از لحاظ میکای آبدار (ایلیت) و سایر کانی های پتاسیم دار و ورمیکولایت، رابطه خوبی میان پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم (یا سایر روشهای مشابه) و جذب پتاسیم توسط گیاه وجود دارد، ولی هنگامیکه خاک از لحاظ کانی های اخیر فقیر نباشد، این عصاره گیر (و یا سایر عصاره گیر های مشابه) برآورد خوبی از مقدار پتاسیم قابل استفاده ارائه نخواهند داد. در چنین مواردی روشهایی مانند روش اسید نیتریک جوشان همبستگی بهتری با جذب پتاسیم توسط گیاه نشان خواهند داد. چنگ (۸) با بررسی گزارشهای مختلف نتیجه گرفت که پتاسیم تبدلی که با روشهای مختلف عصاره گیری می‌گردد احتمالاً شاخص مناسبی از قابلیت عرضه فوری پتاسیم برای برنج بوده و در مقابل پتاسیم غیر تبدلی قابل عصاره گیری با اسید قوی شاخص مفیدی از

انتخاب یک روش شیمیایی یا عصاره گیری مناسب برای اندازه گیری یا برآورد مقدار ماده غذایی قابل استفاده در خاک از ارکان اساسی هر نظام خاک آزمایی<sup>۱</sup> بوده و در موفقیت و کارایی آن نقش اساسی دارد. یک عصاره گیر مناسب عصاره گیری است که بتواند فعالیت ریشه را تقلید<sup>۲</sup> نماید. اما این کار به دو دلیل نمی‌تواند کامل و بدون نقص باشد. اولاً "توانایی گیاهان مختلف در جذب یک ماده غذایی متفاوت می‌باشد و ثانیاً" عصاره گیری در آزمایشگاه - بنابه ملاحظات عملی - در زمانهای کوتاه چند دقیقه ای تا چند ساعت انجام می‌گیرد، در حالیکه گیاه سراسر فصل رشد را برای جذب مواد غذایی در اختیار دارد. بنابراین تقلید عملی ریشه توسط یک عصاره گیر در بهترین حالت فقط تقریبی است (۱۶). بنابه تعریف مک لین و تسون (۲۰) پتاسیم قابل استفاده گیاه عبارتست از پتاسیم محلول بعلاوه پتاسیم جذب شده در مکانهای تبدلی خاک و نیز مقداری از پتاسیم غیر تبدلی که در طول فصل رشد بصورت محلول یا تبدلی درآمده و قابل استفاده گیاه می‌گردد. این تعریف گرچه بدون ابهام به نظر می‌رسد ولی یافتن عصاره گیری که بر اساس این تعریف مقدار پتاسیم قابل استفاده گیاه را اندازه گیری نماید تاکنون با موفقیت کامل همراه نبوده است. زیرا گرچه اندازه گیری مجموع پتاسیم محلول و تبدلی خاک تا حدودی خالی از اشکال می‌باشد ولی اندازه گیری آن مقدار از پتاسیم غیر تبدلی که در طول فصل رشد آزاد و جذب گیاه می‌گردد تاکنون با موفقیت اندکی همراه بوده است. یک عصاره گیر پتاسیم هرچه برآورد بهتری از این جزء ارائه دهد موفق تر است. اما موضوع از این پیچیده تر است، زیرا اینکه این مقدار پتاسیم بالقوه قابل استفاده با چه سرعتی آزاد و در اختیار گیاه قرار گیرد نیز دارای اهمیت می‌باشد. به بیان دیگر، برای یک گیاه معین عصاره گیر موفق عصاره گیری است که نسبت به نوع خاک غیر حساس باشد (۱۶). یک عصاره گیر ایده آل نیز عصاره گیری است که علاوه بر نوع خاک به نوع گیاه (حداقل گیاهان مشابه از لحاظ فیزیولوژی) نیز غیر حساس باشد.

در مورد پتاسیم بررسیهای مختلفی برای یافتن عصاره گیر مناسب انجام گرفته است. رز و برترمن (۲۷) در بررسی ۲۳ نمونه خاک ایالت ایندیانا آمریکا نتیجه گرفتند قدرت عرضه پتاسیم

استات آمونیوم بشرح زیر اندازه گیری شد. یک گرم خاک (دو تکرار) به درون فلاسک ارلن مایر ۵۰ میلی لیتری وزن گردید و به آن ۱۰ میلی لیتر از محلول استات آمونیوم یک نرمال در  $\text{pH}=7$  اضافه گردید. محتویات فلاسک به مدت ۵ دقیقه روی تکان دهنده رفت و برگشتی با سرعت ۲۰۰ رفت و برگشت در دقیقه تکان داده شد. سپس محتویات فلاسک صاف گردید (فیلتر شماره ۲ واتمن). در صورتیکه محلول زیر صافی کاملاً "صاف نبود مجدداً" صاف گردید. سپس غلظت محلول زیر صافی با فلیم فتومتر اندازه گیری شد (۱۸). در این روش نسبت محلول به خاک، سرعت تکان دادن و نیز شکل ظرف محتوی مخلوط بر غلظت پتاسیم آزاد شده تاثیر می گذارد.

پتاسیم قابل استخراج کلیه خاکها با نیترات منیزیم بشرح زیر اندازه گیری شد. ۵ گرم از خاک (دو تکرار) را درون لوله سانتریفوژ ریخته و با آن ۳۳ میلی لیتر از محلول ۰/۵ مولار نیترات منیزیم اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه در تکان دهنده رفت و برگشتی تکان داده شد. مخلوط در ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شده (به مدت ۵ دقیقه) و محلول صاف رویی به درون فلاسک حجم سنجی ۱۰۰ میلی لیتری صاف گردید (واتمن ۴۰). شستشوی خاک را دوبار دیگر و هر بار با ۳۳ میلی لیتر از محلول نیترات منیزیم ادامه داده و سپس فلاسک را به حجم رسانیده و غلظت پتاسیم با فلیم فتومتر اندازه گیری گردید.

در این بررسی پتاسیم کلیه خاکها به روش اسید سولفوریک سرد یا روش هانترو پرت (۱۷) به شرح زیر اندازه گیری شد. ۱۰ گرم از خاک را در بشر ۱۰۰ میلی لیتر ریخته و با آن ۲۵ میلی لیتر آب مقطر اضافه می کنیم. سپس به آن ۱ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ اضافه و با یک میله شیشه ای بهم می زنیم. سپس آن را به مدت ۳۰ دقیقه بحال خود رها نموده و بعد در یک فلاسک حجم سنجی ۱۰۰ میلی لیتر صاف می کنیم. خاک روی قیف را هر بار با ۱۵ میلی لیتر از محلول ۰/۱ نرمال اسید سولفوریک شسته تا محلول به حجم ۱۰۰ میلی لیتر برسد. غلظت پتاسیم را با فلیم فتومتر اندازه گیری می نمائیم. در روش اصلاح شده اسید سولفوریک سرد همزمان با اضافه نمودن ۱ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ، حجمی از اسید سولفوریک ۴ نرمال که برای خنثی کردن آهک موجود در خاک لازم است اضافه می گردد. بقیه مراحل مشابه روش هانترو پرت (۱۷) می باشد.

قابلیت عرضه پتاسیم برای برنج در خاکهای با منشاء پدوژنیک متفاوت و در دراز مدت می باشد. روش استات آمونیوم یک نرمال هنوز بیشترین کاربرد را در خاکهای شالیزار برای برآورد پتاسیم قابل استفاده دارد، هر چند در مناسب بودن این روش خصوصاً برای خاکهای با بافت و کانی شناسی متفاوت اختلاف نظر وجود دارد (۱۲).

نظر باینکه هیچیک از عصاره گیر های مورد استفاده در نقاط مختلف جهان تا زمانی که قابلیت و کارایی آنها در خاکهای مورد نظر مورد بررسی قرار نگیرد قابل استفاده نیستند، هدف از بررسی حاضر مقایسه روشهای بالنسبه موفق عصاره گیری پتاسیم و در نهایت انتخاب مناسب ترین آنها برای استفاده در برنامه خاک آزمایی پتاسیم برای توصیه کودی در خاکهای شالیزاری شمال ایران می باشد.

### مواد و روشها

از شالیزارهای شمال ایران ۵۱ نمونه خاک مرکب در دو سال متوالی (سال اول ۲۵ نمونه، سال دوم ۲۶ نمونه) از عمق ۰-۲۵ سانتیمتری مزرعی که بطور تصادفی انتخاب شدند برداشت گردید. مزارع انتخاب شده هیچگاه پتاسیم دریافت نکرده بودند. نمونه ها را ابتدا هوا خشک نموده و سپس برای استفاده از الک دو میلی متری عبور داده شدند. درصد رطوبت اشباع،  $\text{pH}$  و درصد کربنات کلسیم معادل (۲۳) کلیه خاکها و نیز  $\text{CEC}$  نمونه های سال اول به روش باور (۳۰) و پتاسیم کل نمونه های سال اول به روش ناسون و همکاران (۱۸) تعیین گردید. همچنین درصد کربن آلی خاکها به روش والکلی و بلک (۲۱) و درصد رس آنها به روش هیدرومتری (۱۴) اندازه گیری شد.

پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم کلیه خاکها به روش زیر اندازه گیری شد. ۱۰ گرم از خاک هوا خشک (دو تکرار) به داخل لوله سانتریفوژ ۵۰ میلی لیتری انتقال و به آن ۲۵ میلی لیتر از محلول استات آمونیوم یک نرمال در  $\text{pH}=7$  اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه تکان دهنده تکان داده شد. سپس مخلوط سانتریفوژ و محلول صاف رویی به آرامی به دورن یک فلاسک حجم سنجی ۱۰۰ میلی لیتری خالی شد. این کار سه مرتبه دیگر تکرار و سرانجام فلاسک به حجم رسانیده شده و غلظت پتاسیم با فلیم فتومتر اندازه گیری شد (۱۸). همچنین پتاسیم تبادلگی خاکها به روش اصلاح شده

۵ کیلوگرم خاک هوا خشک ریخته شد (در سه تکرار). ثالثاً از رقم خزر برای کشت استفاده شد. رابعاً آبیاری گلدانها با آب مقطر حاوی ۳ میلی گرم در لیتر پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) انجام گردید. مشروح کشت گلخانه ای برنج در این دوسال در مقاله دیگری آمده است (۳).

بلافاصله پس از برداشت برنج، از خاک گلدانها نمونه برداری و پتاسیم تبادلی آنها سریعاً اندازه گیری شد. درصد پتاسیم نمونه های پودر شده نیز به روش استات آمونیوم یک نرمال تعیین گردید (۹).

### نتایج و بحث

#### ۱ - ویژگیهای کلی خاکها

بعضی از خصوصیات خاکهای مورد استفاده در جدول ۱ ارائه گردیده است. داده های این جدول گویای تنوع وسیع در خصوصیات این خاکهاست. دامنه گسترده و انحراف معیار زیاد SP و CEC خاکها نشان دهنده تنوع در بافت، درصد مواد آلی و یا کانی شناسی خاکها بوده و همچنین دامنه وسیع و انحراف معیار قابل توجه در مقدار شکلهای مختلف پتاسیم منعکس کننده تفاوت در ویژگیهای شیمیایی و کانی شناسی خاکها می باشد.

این تنوع در ویژگیهای خاکها که نتیجه نمونه برداری تصادفی خاکها در سطح وسیع و انعکاس واقعیت در سطح مزرعه می باشد، در چنین بررسیهایی مطلوب و ضروری است، زیرا هرچه نمونه ها از لحاظ خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مینرالوژیکی متنوع تر باشند، نتایج حاصله با اطمینان بیشتر قابل تعمیم به شرایط مزرعه می باشد.

#### ۲ - عصاره گیر استات آمونیوم یک نرمال

همانطوریکه جدول ۱ نشان می دهد مقدار پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم یک نرمال  $pH=7$  خاکها از مقدار خیلی کم ۴۱ تا مقدار نه چندان زیاد ۲۸۰ و میانگین ۱۳۳/۴ میلی گرم در کیلوگرم متغیر است. در دو بررسی جداگانه یکی روی ۶۷ نمونه تصادفی از خاکهای شالیزار شمال پس از ۳۰ روز غرقاب میانگین ۱۲۷ میلی گرم در کیلوگرم (۴) و دیگری بر روی ۵۲ نمونه تصادفی از همین خاکها میانگین ۱۴۶ میلی گرم در کیلوگرم (۱) برای این شکل از پتاسیم گزارش شده است. مقدار پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم در ۹۴ درصد این خاکها زیر ۲۰۰، در ۵۵ درصد آنها زیر ۱۳۵ و در ۲۹ درصد آنها زیر ۱۰۰ میلی گرم

پتاسیم نمونه های سال اول به روش اسید نیتریک جوشان به شرح زیر اندازه گیری شد. درون لوله های شیشه ای بلند اجاق هضم ۵۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۱ نرمال و آن حجم از اسید نیتریک لازم برای خنثی کردن آهک موجود در ۱۰ گرم خاک اضافه می کنیم. سپس به لوله ها ۱۰ گرم خاک (دو تکرار) اضافه می کنیم. کف حاصل از واکنش اسید و خاک (آهک) را با اضافه کردن چند قطره ایزو آمیل الکل کنترل نموده و اجازه می دهیم مخلوط دقیقاً به مدت ۱۰ دقیقه بجوشد. سپس محتویات درون لوله را به درون یک فلاسک حجم سنجی ۱۰۰ میلی لیتری صاف نموده (واتن ۴۱) و سپس خاک روی صافی را هر بار با ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۰/۱ نرمال شسته تا محلول به حجم نزدیک به ۱۰۰ میلی لیتر برسد. پس از سرد شدن فلاسک آنرا به حجم می رسانیم. سپس غلظت پتاسیم در محلول را با فلیم فتومتر اندازه گیری می نمایم. استفاده از اجاق هضم این حسن را دارد که با آن می توان به دقت درجه حرارت محلول اسید را کنترل نمود. در صورتیکه اجاق هضم در دسترس نباشد می توان از ظرف محتوی روغن در ۱۱۳ درجه سانتیگراد و بجای لوله های شیشه ای از بشر ۱۰۰ میلی لیتری استفاده نمود.

کشت گلخانه ای برنج در دوسال متوالی انجام شد. در سال اول در گلدانهای ته بسته پلاستیکی ۳/۵ کیلوگرم خاک (بر اساس وزن آون خشک) ریخته شد (سه تکرار)، و برای نشاء کاری (سه نشاء در هر گلدان کشت و نگهداری شد) از رقم آمل ۳ استفاده گردید. پس از قرار دادن ۵ سانتیمتر آب روی گلدانها، آبیاری گلدانها با آب مقطر به نحوی صورت گرفت که تا موقع برداشت برنج، حدوداً ۵ سانتیمتر روی سطح خاک وجود داشته باشد. پس از رسیدن برنج ابتدا خوشه ها از برنج جدا و پس از هوا خشک نمودن، توزین و در پاکت کاغذی نگهداری شدند. پس از ناپدید شدن آب پای بوته ها، بوته ها را به دقت از فاصله ۲-۱ سانتیمتری سطح خاک قطع و پس از شستشو با آب معمولی و سپس آب مقطر و اطمینان از عاری بودن از ذرات خاک در پاکت کاغذی قرار داده و در خشک کن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه خشک نموده و سپس سریعاً توزین گردیدند. نمونه ها توسط آسیاب خرد و در قوطی های در بسته نگهداری شدند. کشت گلخانه ای برنج در سال دوم همانند سال اول انجام گردید با این تفاوت که اولاً از خاکهای دیگری (نمونه برداری شده در سال دوم) استفاده گردید. ثانیاً در هر گلدان

جدول ۱ - بعضی از خصوصیات خاکهای مورد استفاده.

انحراف معیار	میانگین	دامنه	واحد	خصوصیت خاک
۰/۵	۶/۹	۵/۲-۸/۰	-	pH عصاره اشباع
۱۶/۳	۶۸/۵	۳۲-۹۷	%	SP
۱۰/۶	۲۴/۴	۰/۷۵-۵۰	%	رس
۱/۵	۴/۳	۱/۶-۶/۷	%	ماده آلی (۱)
۹/۹	۱۰/۱	۰-۳۸	%	کربنات کلسیم معادل
۱۰/۳	۲۳/۵	۱۰-۴۵	Cmolc kg <sup>-1</sup>	ظرفیت تبادل کاتیونی (۱)
۳/۲	۶	۱/۵-۱۴	میلی گرم در لیتر	غلظت پتاسیم در عصاره اشباع
۴۹	۱۳۳	۴۱-۲۸۰	میلی گرم در کیلوگرم	پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم
۴۲/۲	۱۱۵	۲۵-۲۵۲	میلی گرم در کیلوگرم	پتاسیم قابل استخراج با نیترات منیزیم
۶۴/۲	۱۵۳	۶۵-۳۲۰	میلی گرم در کیلوگرم	پتاسیم قابل استخراج با اسید سولفوریک سرد
۹۳/۱	۳۰۵	۱۵۶-۵۴۸	میلی گرم در کیلوگرم	پتاسیم قابل استخراج با اسید نیتریک جوشان (۱)
۴۶۱۱/۶	۲۰۲۳۲	۱۱۵۹۹-۳۱۰۷۲	میلی گرم در کیلوگرم	پتاسیم کل (۱)

۱ - خصوصیت در ۲۵ نمونه اندازه گیری شده است.

در کیلوگرم می باشد که با نتایج یک بررسی دیگر در سطح ۱۰۰۰۰ هکتار از شالیزارهای گیلان مشابه است (۲۹).

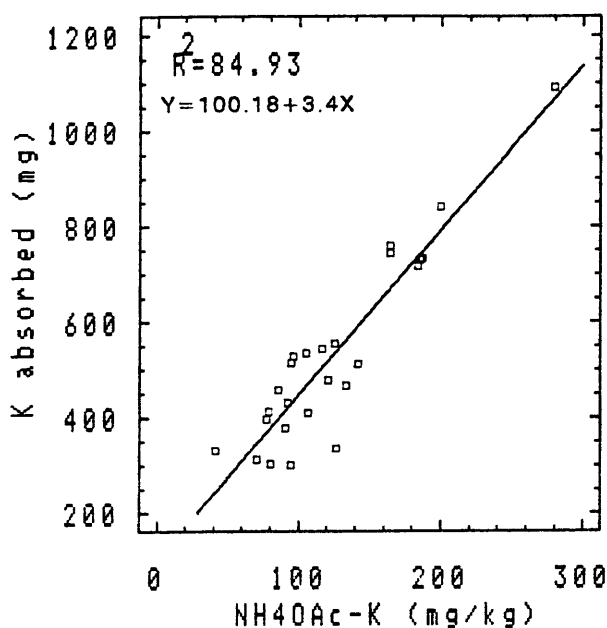
شکل های ۱ و ۲ همبستگی پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم یک نرمال  $pH=7$  با مقدار پتاسیم جذب شده توسط اندام هوایی (شامل ساقه، برگ و شلتوک) در دو رقم برنج آمل سه و خزر را نشان می دهد.

ضرائب همبستگی برای سالهای اول و دوم به ترتیب در سطح یک درصد و یکدهم درصد معنی دارند که مبین رابطه خطی بالنسبه قوی و قوی بین مقدار پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم و پتاسیم جذب شده توسط برنج می باشند.

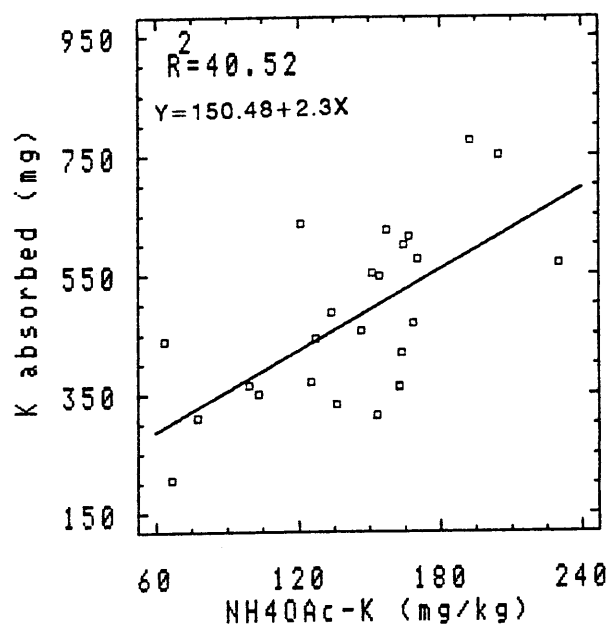
جدول ۲ همبستگی پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم و پاسخ مختلف مربوط به گیاه را نشان می دهد. این جدول نشان میدهد که همبستگی بالایی (خصوصاً در خاکهای سال دوم) بین مقدار پتاسیم استخراج شده توسط این عصاره گیر و سه پارامتر مهم مربوط به گیاه یعنی وزن شلتوک، وزن کل اندام هوایی و وزن کل پتاسیم جذب شده در اندام هوایی وجود دارد.

این روابط معنی دار گویای آن است که این عصاره گیر شاخص خوبی از پتاسیم قابل استفاده خاک ارائه می دهد. گزارشهای زیادی نشان می دهد که این عصاره گیر در خاکهای مختلف و برای گیاهان مختلف عصاره گیر موفق می باشد (۶، ۱۰، ۱۲، ۱۳ و ۲۵)، بطوریکه در امریکا و کانادا بعنوان شاخص استاندارد پتاسیم قابل استفاده محسوب می گردد (۱۵). ولی مواردی هم وجود دارد که سایر عصاره گیرها با پاسخ های گیاه همبستگی بهتری دارند. چنگ (۸) با جمع بندی گزارشهای مختلف به این نتیجه رسید که پتاسیم تبدلی (که از جمله توسط این عصاره گیر اندازه گیری می گردد) احتمالاً شاخص مناسبی از قابلیت عرضه فوری پتاسیم برای برنج و پتاسیم غیر تبدلی شاخص مفیدی از قابلیت عرضه پتاسیم در خاکهای با منشاء پدوژنیک متفاوت و در دراز مدت می باشد.

جدول ۲ نشان می دهد که همبستگی پتاسیم استخراج شده با استات آمونیوم با پاسخ های گیاه در سال دوم بیشتر است. علت این تفاوت به روابط پیچیده پتاسیم تبدلی و غیر تبدلی و استفاده گیاه از هر دو منبع در طول فصل رشد مربوط می گردد. محاسبات انجام شده



شکل ۲- رابطه پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم و پتاسیم جذب شده در اندام هوایی رقم خزر در کشت سال دوم



شکل ۱- رابطه پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم و پتاسیم جذب شده در اندام هوایی رقم آمل سه در کشت سال اول

سال دوم از جمله به نوع آب آبیاری مورد استفاده در دو سال مربوط می گردد. برای آبیاری گلخانه‌ها در سال اول از آب مقطر و در سال دوم از آب مقطر حاوی ۳ میلی گرم در لیتر پتاسیم استفاده گردید. بدین ترتیب در کشت سال دوم به هر گلخانه در طول فصل رشد ۱۶۷ میلی گرم پتاسیم تدریجاً وارد گردید. افزوده شدن تدریجی این مقدار پتاسیم به خاکهای سال دوم از کاهش زیاد سطح پتاسیم تبدلی در این خاکها جلوگیری نموده و از طرف دیگر سبب می گردد که متوسط غلظت پتاسیم در محلول خاک در سطح بالاتری نسبت به خاکهای سال اول قرارگیرد. این وضعیت می تواند بر سرعت آزاد شدن پتاسیم غیر تبدلی اثر گذاشته و آنرا کند تر نماید (نسبت به سال اول). در نتیجه درصد پتاسیم غیر تبدلی جذب شده در طول فصل

بر روی داده ها نشان می دهد که هر دو رقم آمل ۳ و خزر در طول فصل رشد مقادیر زیادی پتاسیم غیر تبدلی جذب می نمایند (۳). از طرف دیگر، در طول فصل رشد سطح پتاسیم تبدلی در خاک کاهش می یابد، ولی متوسط این کاهش در خاکهای سال اول بیشتر از سال دوم و به ترتیب ۷۵ و ۴۷ میلی گرم در کیلوگرم خاک می باشد. بعلاوه، میانگین پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم بلافاصله بعد از برداشت محصول در خاکهای سال اول کمتر از سال دوم و به ترتیب ۶۹ و ۷۹/۶ میلی گرم در کیلوگرم خاک می باشد. از این داده‌ها استنباط می گردد که لااقل در بخشی از فصل رشد میانگین پتاسیم تبدلی در خاکهای سال اول کمتر از خاکهای سال دوم بوده است. کاهش بیشتر سطح پتاسیم تبدلی در خاکهای سال اول نسبت به

جدول ۲ - ضرایب همبستگی (r) خطی بین پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم و پاسخ های گیاهی

سال آزمایش	غلظت پتاسیم در اندام هوایی	وزن اندام هوایی	وزن شلتوک	وزن پتاسیم جذب شده در اندام هوایی
اول	صفر	۰/۵۵**	۰/۴۳*	۰/۶۴**
دوم	۰/۳۶ <sup>ns</sup>	۰/۶۶***	۰/۵۸**	۰/۹۲***

\*, \*\*, \*\*\* به ترتیب در سطح ۵ درصد، یک درصد و یکدهم درصد معنی دار است.

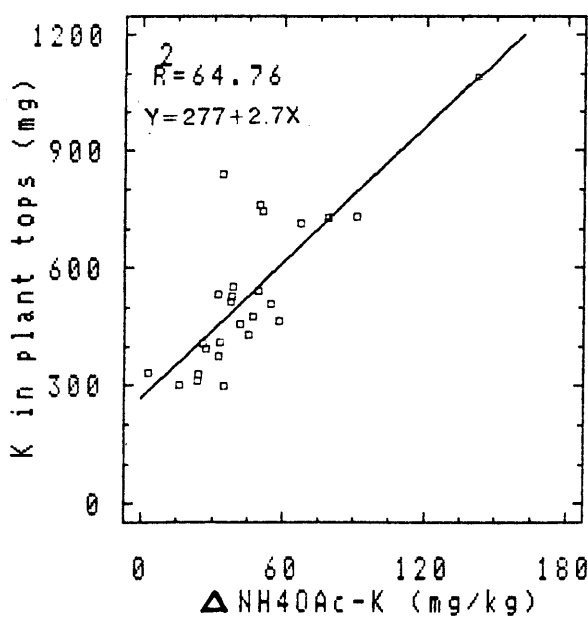
ns - درصد معنی دار نیست.

البته توضیح فوق در مورد نقش پتاسیم غیر تبادل‌ی در صورتی صادق است که سرعت آزاد شدن پتاسیم غیر تبادل‌ی خیلی کم و یا زیاد نباشد. بنظر اشمیت و پرت (۲۸) در صورتیکه سرعت آزاد شدن پتاسیم غیر تبادل‌ی کم و یا زیاد باشد، پتاسیم تبادل‌ی بعنوان شاخص بسیار قابل اعتمادی از پتاسیم قابل استفاده گیاه می باشد، اما به دو دلیل "کاملاً" متفاوت. هنگامیکه سرعت آزاد شدن کم باشد، چون پتاسیم تبادل‌ی منبع انحصاری تامین پتاسیم گیاه می باشد، لذا شاخص خوبی از پتاسیم قابل استفاده خواهد بود. هنگامیکه سرعت آزاد شدن زیاد باشد، در این صورت سطح پتاسیم تبادل‌ی حفظ گردیده و پتاسیم تبادل‌ی هم منعکس کننده سطح آزاد شدن پتاسیم و هم سطح پتاسیم قابل استفاده گیاه خواهد بود. ولی هنگامیکه سرعت آزاد شدن متوسط باشد، سرعت آزاد شدن پتاسیم نه آنقدر زیاد است که سطح پتاسیم تبادل‌ی را حفظ نماید و نه آنقدر کم است که در تامین نیاز گیاه نقش نداشته باشد. بنظر می رسد وضعیت اخیر یعنی سرعت متوسط آزاد شدن در خاکهای مورد استفاده در این بررسی صادق باشد. زیرا "اولاً" سطح پتاسیم تبادل‌ی در طول فصل رشد به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و ثانیاً "مقدار پتاسیم غیر تبادل‌ی جذب شده زیاد می باشد. سطح بحرانی پتاسیم برای عصاره گیر استات آمونیوم به روش آماری کیت - نلسون (۷) محاسبه و برابر با ۱۴۲ میلی گرم در

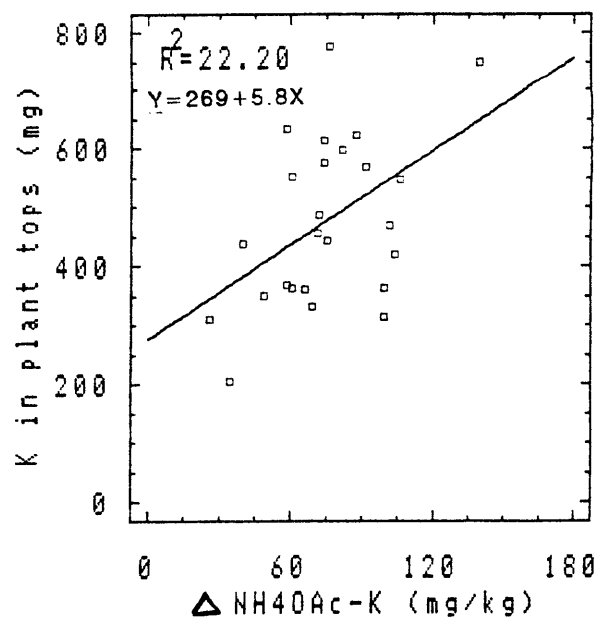
رشد در کشت سال دوم کمتر از سال اول گردد. اما از آنجائیکه به علت سرعت متفاوت آزاد شدن این فرم از پتاسیم در خاکهای مختلف، درصد پتاسیم غیر تبادل‌ی جذب شده نیز متفاوت بوده و الزاماً "متناسب با افزایش یا کاهش پتاسیم تبادل‌ی تغییر نمی یابد، لذا بعنوان یک منبع خطا باعث کاهش همبستگی پتاسیم تبادل‌ی با مقدار کل پتاسیم جذب شده می گردد. در این صورت هرچه درصد پتاسیم غیر تبادل‌ی جذب شده بیشتر باشد، کاهش همبستگی نیز بیشتر خواهد بود. شکل های ۳ و ۴ همبستگی میان پتاسیم تبادل‌ی کاهش یافته در طول فصل رشد و مقدار پتاسیم جذب شده در اندام هوایی گیاه را در خاکهای سال اول و دوم نشان می دهد.

پتاسیم تبادل‌ی کاهش یافته که عبارت است از تفاوت پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم در قبل و بلافاصله بعد از برداشت، در واقع مقدار پتاسیم تبادل‌ی جذب شده در طول فصل رشد می باشد (بعلت بسته بودن ته گلدانها آبشویی برابر صفر می باشد).

اگر گیاه از هیچ منبع پتاسیم دیگری غیر از پتاسیم تبادل‌ی استفاده نمی نمود، همبستگی بین این دو پارامتر باید بسیار بالا می بود، ولی استفاده گیاه از پتاسیم غیر تبادل‌ی، این همبستگی را در هر دو سال کاهش داده است. اما بر اساس توضیح فوق بایستی این همبستگی در خاکهای سال اول کمتر باشد که چنین نیز می باشد.



شکل ۴- رابطه پتاسیم تبادل‌ی کاهش یافته و پتاسیم جذب شده در اندام هوایی رقم خزر در کشت سال دوم



شکل ۳- رابطه پتاسیم تبادل‌ی کاهش یافته و پتاسیم جذب شده در اندام هوایی رقم آمل سه در کشت سال اول

روش همبستگی بالایی ( $r=0/90$ ) وجود دارد. لذا می توان از این روش بجای روش معمول استات آمونیوم یک نرمال در این خاکها استفاده نمود. سطح بحرانی پتاسیم برای روش اصلاح شده استات آمونیوم به روش ترسیمی کیت - نلسون ۱۲۷ میلی گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک می باشد.

۳ - عصاره گیر نترات منیزیم ۰/۵ مولار

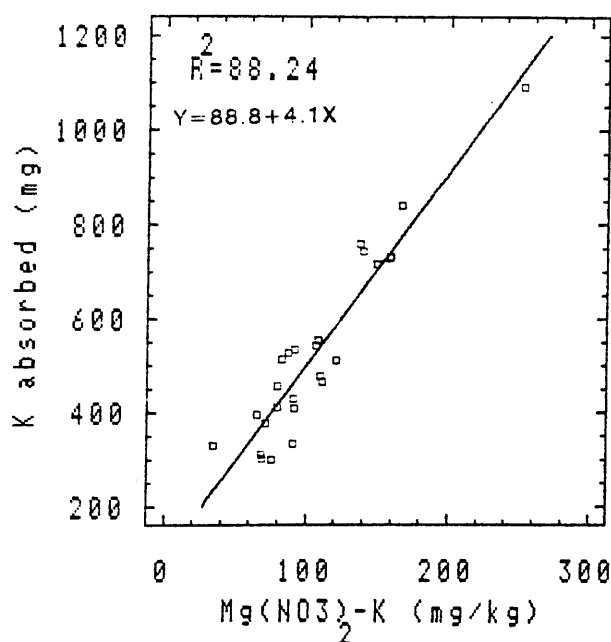
همبستگی پتاسیم قابل استخراج با محلول ۰/۵ مولار نترات منیزیم با پتاسیم جذب شده در اندام هوایی (شامل ساقه، برگ، و شلتوک) در دو رقم آمل سه و خزر در شکل های ۵ و ۶ نشان داده شده است.

ضرائب همبستگی برای هر دو رقم در سطح ۰/۱ درصد معنی دار است، ولی همانند عصاره گیر استات آمونیوم ضریب همبستگی این عصاره گیر نیز برای سال دوم نزدیک به دو برابر ضریب همبستگی برای خاکهای سال اول است. در مورد این تفاوت به دلیل مشابهت این دو عصاره گیر، می توان توضیحی را که برای عصاره گیر استات آمونیوم ارائه گردید در این مورد نیز صادق دانست. جدول ۳ همبستگی پتاسیم قابل استخراج با این عصاره گیر و پاسخ های مختلف گیاهی را نشان می دهد.

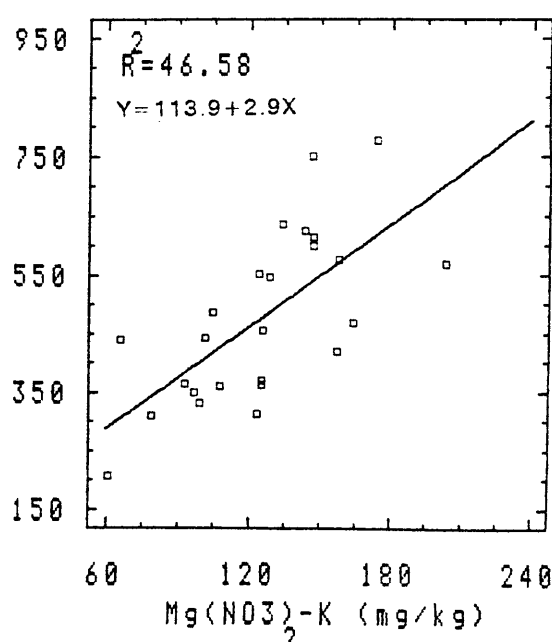
این جدول نشان میدهد که همبستگی بالایی بین پتاسیم

کیلوگرم خاک بدست آمد. سطح بحرانی پتاسیم برای همین عصاره گیر به روش ترسیمی کیت - نلسون (۷ و ۲۲) نیز برابر با ۱۳۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک بدست آمده که در مقاله دیگری گزارش شده است (۳). بنابه گزارش دو برمن و همکاران (۱۲) سطح بحرانی پتاسیم خاک برای این عصاره گیر که توسط محققین کشورهای مختلف برای برنج گزارش گردیده بین ۳۱ تا ۱۶۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک متغیر است.

از آنجائیکه اندازه گیری پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم خاک بالنسبه وقت گیر می باشد، محققین با اصلاح آن روش دیگری را که به مراتب سریع تر از این روش می باشد و استفاده از آن در بعضی از ایالت های آمریکا رایج گردیده پیشنهاد نموده اند (۱۸) در این روش بخش عمده پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم با یکبار به تعادل در آوردن خاک با محلول یک مولار استات آمونیوم اندازه گیری می گردد. در این بررسی پتاسیم قابل استخراج به این روش برای خاکهای سال دوم تعیین گردید. مقایسه داده های حاصله از این روش با روش معمول استات آمونیوم نشان میدهد که اولاً "همبستگی بالایی بین دو روش وجود دارد ( $r=0/99$ )، گرچه مقدار پتاسیم خارج شده توسط روش اخیر کمتر است. ثانیاً "بین مقدار پتاسیم جذب شده در اندام هوایی برنج و پتاسیم استخراج شده به این



شکل ۶- رابطه پتاسیم قابل استخراج با نترات منیزیم و پتاسیم جذب شده در اندام هوایی رقم خزر در کشت سال دوم



شکل ۵- رابطه پتاسیم قابل استخراج با نترات منیزیم و پتاسیم جذب شده در اندام هوایی رقم آمل ۳ در کشت سال اول



جدول ۳- ضرائب همبستگی (r) خطی بین پتاسیم قابل استخراج با محلول نیترات منیزیم ۵/۰ مولار و پارامترهای مختلف مربوط به گیاه

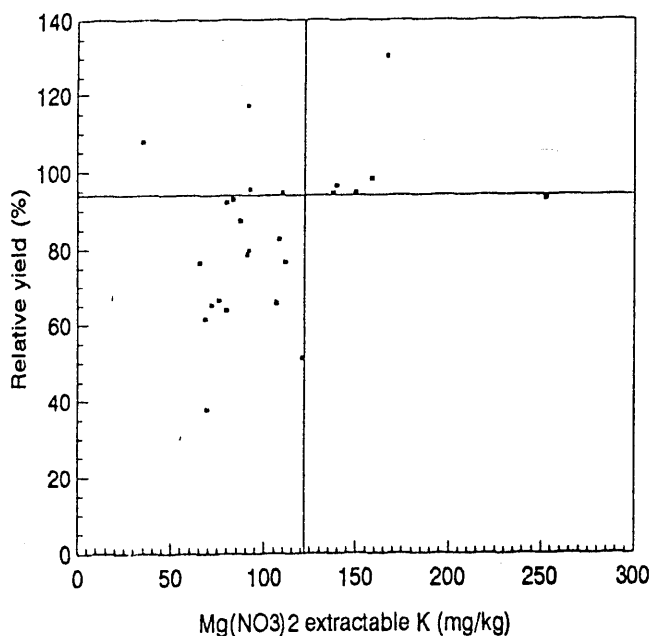
سال آزمایش	غلظت پتاسیم در اندام هوایی	وزن اندام هوایی	وزن شلتوک	وزن پتاسیم جذب شده در اندام هوایی
اول	۰/۲۰ <sup>ns</sup>	۰/۴۳*	۰/۳۰ <sup>ns</sup>	۰/۶۸***
دوم	۰/۳۸۸ <sup>ns</sup>	۰/۶۴***	۰/۵۷**	۰/۹۴***

\*\*\*, \*\*, \* به ترتیب در سطح ۵ درصد، یک درصد و یکدهم درصد معنی دار است.

ns - درصد معنی دار نیست.

مقایسه نتایج حاصل از این جدول با جدول های ۲ و ۳ نشان می دهد که این عصاره گیر نسبت به دو عصاره گیر قبلی یعنی استات آمونیوم و نیترات منیزیم از کارایی و قابلیت کمتری برخوردار می باشد این موضوع خصوصا در خاکهای سال دوم صادق است. لذا این عصاره گیر برای خاکهای مورد مطالعه عصاره گیر مناسبی نیست، گرچه در بعضی از شرایط همبستگی بالایی را با پاسخ های گیاهی نشان داده است (۵ و ۱۷).

در بررسی برای یافتن علل همبستگی پایین این روش در خاکهای مورد مطالعه، مشاهده گردید، بخشی از اسید اضافه شده به خاک صرف خنثی کردن کربناتها می گردد. مثلا "اگر خاک در حدود ۲۰ درصد کربنات کلسیم داشته باشد، تمام یک میلی لیتر اسید غلیظ اضافه شده در مرحله اول این روش صرف خنثی کردن کربنات کلسیم



شکل ۷- نمودار پراکندگی درصد محصول برنج نسبت به مقدار پتاسیم قابل استخراج بانیترات منیزیم برای رقم خزر و تعیین سطح بحرانی به روش کیت - نلسون

استخراج شده توسط این عصاره گیر و سه پاسخ وزن اندام هوایی، وزن شلتوک و مقدار کل پتاسیم جذب شده در اندام هوایی در خاکهای سال دوم وجود دارد. در مورد خاکهای سال اول همبستگی با وزن شلتوک در سطح ۵ درصد معنی دار نیست.

مقایسه جدول های ۲ و ۳ نشان میدهد که دو عصاره گیر استات آمونیوم و نیترات منیزیم در شرایط کشت سال دوم (که مشابه وضعیت غالب در شرایط مزرعه می باشد) از کارایی یکسانی برخوردار بوده و هر دو شاخص خوبی از پتاسیم قابل استفاده در خاک را ارائه می دهند. اما در مورد خاکهای سال اول بنظر می رسد عصاره گیر استات آمونیوم اندکی بهتر باشد.

با استفاده از خاکهای سال دوم سطح بحرانی پتاسیم برای عصاره گیر نیترات منیزیم به روش ترسیمی کیت - نلسون (۷ و ۲۲) برابر با ۱۲۲ میلی گرم در کیلوگرم خاک بدست آمد (شکل ۷).

این سطح بحرانی در مقایسه با سطح بحرانی پتاسیم برای عصاره گیر استات آمونیوم (یعنی ۱۳۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک) کمتر است. علت آنست که این عصاره گیر در مجموع پتاسیم کمتری را نسبت به استات آمونیوم از خاک خارج می کند. متوسط پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم و نیترات منیزیم برای ۲۶ خاک سال دوم به ترتیب ۱۲۵ و ۱۰۸ میلی گرم در کیلوگرم می باشد. اگر فرض کنیم که نیترات منیزیم صرفا "پتاسیم تبدلی و محلول را استخراج می کند، میتوان گفت که بخشی از پتاسیم غیر تبدلی نیز توسط استات آمونیوم از خاک خارج می گردد.

۴ - روش اسید سولفوریک سرد

همبستگی پتاسیم استخراج شده به روش اسید سولفوریک سرد یا روش هانترو پرت (۱۷) با پاسخ های گیاهی در جدول شماره ۴ ارائه گردیده است.

جدول ۴ - ضرائب همبستگی (r) خطی بین پتاسیم قابل استخراج به روش اسید سولفوریک سرد و پارامترهای مختلف مربوط به گیاه

سال آزمایش	غلظت پتاسیم در اندام هوایی	وزن اندام هوایی	وزن شلتوک	وزن پتاسیم جذب شده در اندام هوایی
اول	۰/۰۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۴۹*	۰/۵۲*	۰/۵۰*
دوم	۰/۳۱ <sup>ns</sup>	۰/۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۵۱**

\*, \*\* به ترتیب در سطح ۵ درصد، یک درصد معنی دار است.

ns - در سطح ۵ درصد معنی دار نیست.

طرف دیگر، مقایسه این جدول با جدولهای ۲ و ۳ نشان میدهد که این روش از لحاظ کارایی با دو روش قبلی قابل مقایسه است، ولی از آنجائیکه برای انجام این روش دانستن درصد کربناتهای خاک لازم است، لذا در مقایسه با دو روش قبلی در مجموع وقت گیر تر بوده و در نتیجه بر دو روش قبلی برتری ندارد.

۵ - روش اسید نیتریک جوشان

خاکهای سال اول، با این روش عصاره گیری شد. همبستگی پتاسیم قابل استخراج به این روش با پتاسیم جذب شده در اندام هوایی رقم آمل ۳ در شکل ۸ نشان داده شده است. این همبستگی در سطح یک درصد معنی دار است.

جدول ۶ همبستگی پتاسیم قابل استخراج با این عصاره گیر و پاسخ های مربوط به گیاه را در کشت سال اول نشان می دهد. مقایسه این جدول با جدولهای ۲، ۳، ۴ و ۵ بیانگر آنست که این عصاره گیر در مقایسه با سه عصاره گیر استات آمونیوم، نیترات منیزیم و اسید سولفوریک از کارایی کمتری برخوردار بوده و در ضمن عصاره گیری با این روش مشکل تر و وقت گیر تر می باشد.

بعضی از گزارشها نشان دهنده آن است که این عصاره گیر شاخص خوبی از قابلیت عرضه پتاسیم خاک را ارائه می دهد (۲۷) و

موجود و تبدیل آن به گچ خواهد شد. در این حالت صرفاً جزء اندکی از پتاسیم تبدلی، در اثر تبادل با کلسیم حاصل از انحلال گچ در محلول خاک، آزاد خواهد شد. ولی در خاک فاقد کربناتهای کم محلول، محلول اسیدی نقش موثری در آزاد نمودن پتاسیم خاک خواهد داشت. بنابراین درصد این کربناتها در خاک در شدت واکنش اسید با خاک و مقدار پتاسیم تبدلی و غیر تبدلی آزاد شده موثر بوده و بعنوان یک منبع تغییر یا منبع خطا در این روش عمل خواهد نمود. در روش اصلاح شده اسید سولفوریک سرد، در مرحله اول حجمی از اسید سولفوریک که برای خنثی کردن کل کربناتهای موجود در خاک لازم است به همراه یک میلی لیتر اسید غلیظ به خاک اضافه و اجازه داده می شود که واکنش اسید و کربناتها و اسید و خاک به مدت ۳۰ دقیقه انجام گیرد. سپس بقیه مراحل همانند روش هاتر و پرت (۱۷) انجام می گیرد.

نتایج حاصل از این روش در خاکهای سال اول و دوم در جدول ۵ ارائه گردیده است.

مقایسه جدولهای ۴ و ۵ نشان میدهد که با اصلاح این روش، همبستگی پتاسیم قابل استخراج با پاسخ های اصلی مربوط به گیاه خصوصاً در خاکهای سال دوم بهبود قابل ملاحظه ای یافته است. از

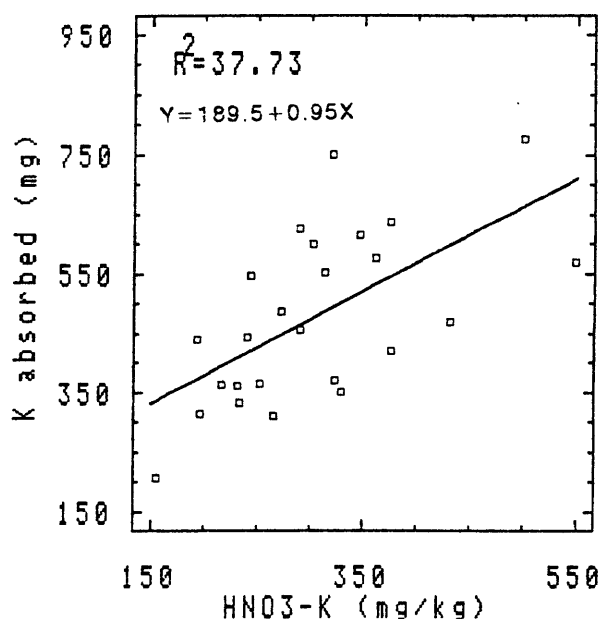
جدول ۵ - ضرائب همبستگی (r) خطی بین پتاسیم قابل استخراج به روش اصلاح شده اسید سولفوریک سرد و

و پاسخ های گیاهی

سال آزمایش	غلظت پتاسیم در اندام هوایی	وزن اندام هوایی	وزن شلتوک	وزن پتاسیم جذب شده در اندام هوایی
اول	۰/۳ <sup>ns</sup>	۰/۵۱**	۰/۴۰*	۰/۷۷***
دوم	۰/۴۵*	۰/۵۶**	۰/۵۲**	۰/۹۰***

\*, \*\*, \*\*\* به ترتیب در سطح ۵ درصد، یک درصد و یکدهم درصد معنی دار است. ns - در سطح ۵ درصد معنی دار نیست.

همانطوریکه این شکل نشان می‌دهد هر سه عصاره گیر بخشی از پتاسیم غیر تبدلی را آزاد می‌نمایند، ولی مقدار آزاد شده به وسیله اسید نیتریک جوشان به مراتب بیشتر است، زیرا این عصاره گیر در محیط اسیدی جوشان علاوه بر آزاد نمودن پتاسیم نگهداری شده در مناطق گوه‌ای شکل کانیهای میکا و ایلایت، با متلاشی کردن بخشی از ساختار کانی های پتاسیم دار (۱۱)، مقداری از پتاسیم ساختاری را نیز آزاد می‌نماید. اما فرآیند آزاد شدن پتاسیم غیر تبدلی در خاک فرآیندی تبدلی و تابع شیب غلظت بوده و ساختار کانی در کوتاه مدت (فصل رشد) حفظ می‌گردد. به نظر می‌رسد پتاسیمی که به این طریق در طول فصل رشد آزاد و جذب گیاه می‌گردد، بخشی از پتاسیم مناطق گوه‌ای شکل بوده که با سرعت بیشتری آزاد می‌گردد. بررسی انجام یافته روی این خاکها نیز نشان داده است که بخشی از پتاسیم غیر تبدلی با سرعت زیاد و بخش دیگر با سرعت کم آزاد می‌گردد. بخشی که با سرعت زیاد آزاد می‌گردد هر چند از لحاظ مقدار نسبت به کل پتاسیم غیر تبدلی کم می‌باشد، ولی چون با سرعت زیاد آزاد می‌گردد در تغذیه گیاه نقش مهمی دارد (۲). حال اگر نسبت این جزء از پتاسیم که با سرعت زیاد آزاد می‌گردد به کل پتاسیم غیر تبدلی آزاد شده توسط اسید نیتریک جوشان در خاکهای مختلف کم و بیش ثابت باشد، در این صورت عصاره گیر اسید نیتریک جوشان شاخص خوبی از پتاسیم غیر تبدلی قابل استفاده گیاه ارائه خواهد نمود. اما آزمون این موضوع مشکل بوده و نیاز به مطالعات سینتیکی روی خاکها دارد. طریقه دیگر این است که رابطه پتاسیم غیر تبدلی آزاد شده توسط اسید نیتریک و حداقل پتاسیم جذب شده در اندام هوایی از شکل غیر تبدلی بررسی گردد. حداقل پتاسیم تبدلی جذب شده در اندام هوایی از شکل غیر تبدلی از کسر مجموع پتاسیم تبدلی جذب شده و موجود در آب آبیاری از کل پتاسیم جذب شده در اندام هوایی گیاه بدست می‌آید (۳).



شکل ۸- رابطه پتاسیم قابل استخراج با اسید نیتریک جوشان و پتاسیم جذب شده در اندام هوایی رقم آمل سه در کشت سال اول

بعضی دیگر گویای آن است که این روش شاخص خوبی از پتاسیم قابل استفاده نمی‌باشد (۵ و ۲۵).

اگر کمیته بنام EKD یا تفاوت پتاسیم قابل استخراج

بصورت زیر تعریف گردد:

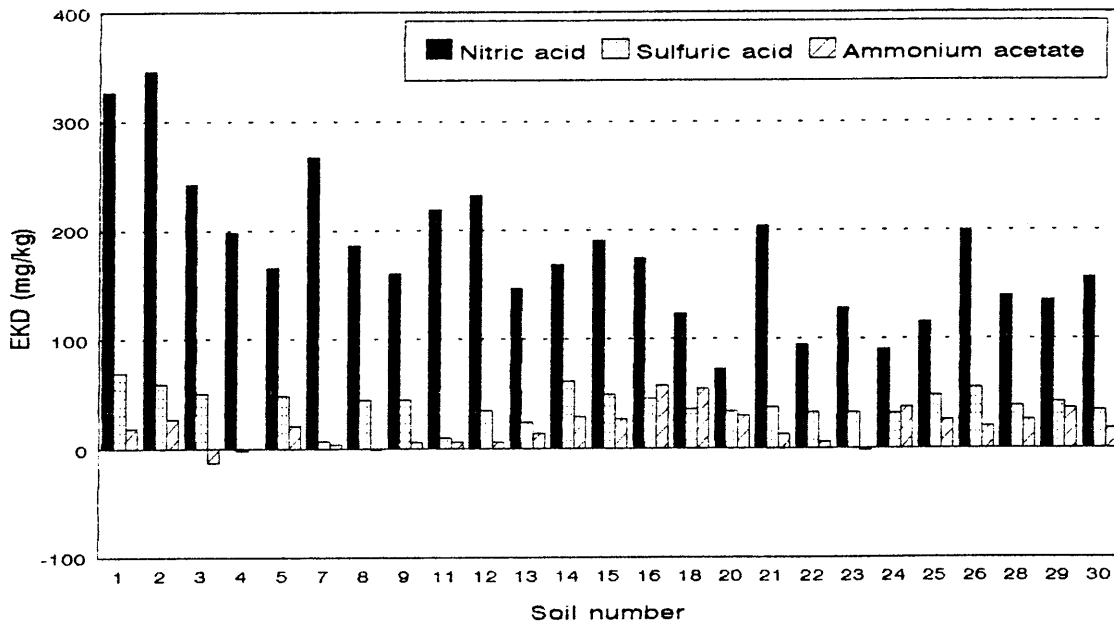
$EKD(mg.kg^{-1}) = ((mg.kg^{-1}) - (پتاسیم قابل استخراج با محلول نیترات منیزیم ۰/۵ مولار  $(mg.kg^{-1})$ ))$   
 حال اگر فرض شود که محلول نیترات منیزیم قادر نباشد پتاسیم غیر تبدلی را از خاک خارج نموده و صرفاً "پتاسیم تبدلی و محلول موجود در خاک را خارج نماید، در این صورت اگر EKD مثبت باشد به معنی آن است که عصاره گیر بخشی از پتاسیم غیر تبدلی را آزاد نموده است. شکل ۹ مقادیر EKD را برای خاکهای سال اول نشان می‌دهد.

جدول ۶- ضرائب همبستگی (r) خطی بین پتاسیم قابل استخراج با اسید نیتریک جوشان و پاسخ های مختلف مربوط به گیاه در کشت سال اول

غلظت پتاسیم در اندام هوایی	وزن اندام هوایی	وزن شلتوک	وزن پتاسیم جذب شده در اندام هوایی
۰/۴۴*	۰/۲۶ <sup>ns</sup>	۰/۱۰ <sup>ns</sup>	۰/۶۱**

\*، \*\* به ترتیب در سطح ۵ درصد، یک درصد معنی دار است.

ns - در سطح ۵ درصد معنی دار نیست.



شکل ۹- مقایسه مقادیر پتاسیم غیرتبادلی آزاد شده توسط عصاره گیرهای مختلف در خاکهای سال اول.

غیر تبادلی خاک در طول فصل رشد استفاده نموده و ثانیاً این بخش از پتاسیم عملاً برای گیاه قابل دسترس تر از پتاسیم تبادلی موجود در خاک بوده است. در توضیح این مسئله می توان گفت که در منطقه

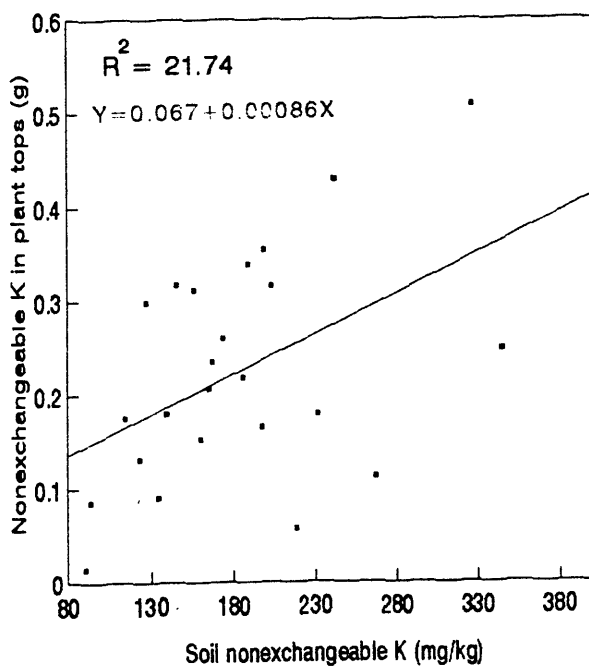
حداقل پتاسیم غیر تبادلی در اندام هوایی را می توان بعنوان شاخصی از کل پتاسیم غیر تبادلی جذب شده توسط گیاه در نظر گرفت. شکل ۱۰ همبستگی این دو پارامتر را نشان میدهد.

گرچه ضریب همبستگی در سطح ۵ درصد معنی دار است و مؤید رابطه خطی بین دو پارامتر می باشد، ولی تنها ۲۲ درصد تغییرات پتاسیم غیر تبادلی موجود در گیاه از طریق رابطه خطی بین این دو پارامتر قابل توضیح است. لذا بنظر می رسد پتاسیم غیر تبادلی آزاد شده توسط این روش، شاخص قابل اعتمادی از پتاسیم غیر تبادلی قابل استفاده در این خاکها نباشد.

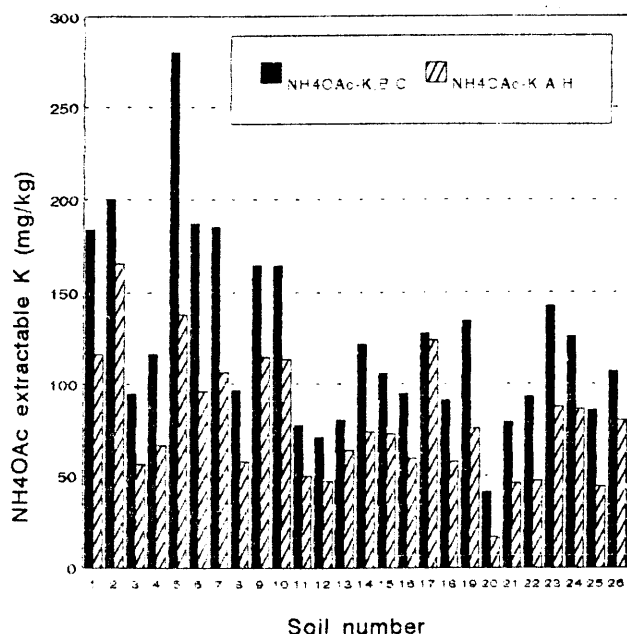
۶ - سایر روابط و همبستگی ها

شکلهای ۱۱ و ۱۲ نشان می دهد که پتاسیم تبادلی در کلیه خاکها (غیر از خاک شماره ۱۷ در سال دوم) در طول فصل رشد کاهش یافته است. بعلاوه، با اینکه مقدار پتاسیم جذب شده در اندام هوایی گیاه از خاک یک گلدان در بسیاری از خاکها (خصوصاً خاکهای سال اول) بیشتر از مجموع پتاسیم تبادلی اولیه موجود در خاک آن گلدان و پتاسیم وارد شده به گلدان از طریق آب آبیاری بوده، معهدا در هیچیک از خاکها مقدار پتاسیم تبادلی خاک در انتهای فصل رشد به صفر کاهش نیافته است.

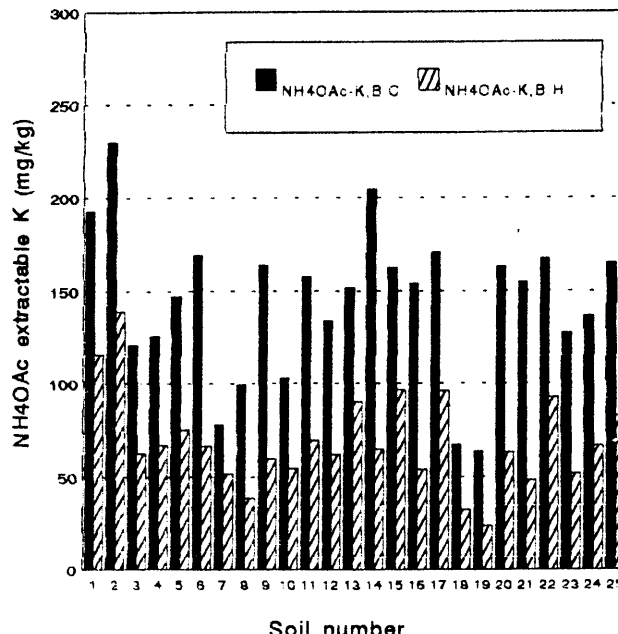
این نتایج به این معنی است که اولاً گیاه از بخشی از پتاسیم



شکل ۱۰- رابطه بین پتاسیم غیرتبادلی آزاد شده توسط اسیدنیتریک و حداقل پتاسیم جذب شده از شکل غیرتبادلی در رقم آمل ۳.



شکل ۱۲- مقایسه پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم در قبل از کشت (B.C.) و بلافاصله بعد از برداشت (A.H.) در سال دوم



شکل ۱۱- مقایسه پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم در قبل از کشت (B.C.) و بلافاصله بعد از برداشت (A.H.) در سال اول

پخش<sup>۲</sup> به درون قشر خاک مجاور ریشه ها وارد می گردد کمتر از مقداری است که در همان دامنه زمانی توسط ریشه ها جذب می گردد. به عبارت دیگر، جذب پتاسیم غیر تبدلی از این نواحی به علت محدودیت سرعت انتقال پتاسیم در خاک صورت می گیرد. اگر سرعت انتقال پتاسیم در خاک خیلی زیاد بود، ابتدا تقریباً تمام پتاسیم تبدلی موجود در منطقه ریشه مصرف و سپس پتاسیم غیر تبدلی آزاد می گردید. این مسئله موجب می گردد که در طول فصل رشد عملاً بخش قابل ملاحظه ای از پتاسیم تبدلی موجود در خاک برای گیاه غیر قابل استفاده باشد. البته ضریب موثر پخش پتاسیم<sup>۳</sup> در خاکهای غرقابی بالاتر از ضریب موثر پخش این عنصر در خاکهایی است که درصد رطوبت آنها زیر ظرفیت مزرعه می باشد (۱۹). این ویژگی امکان استفاده بیشتر از پتاسیم تبدلی را برای برنج فراهم می سازد که مسئله مهمی می باشد.

جدول ۷ ضرائب همبستگی پتاسیم قابل استخراج با عصاره گیرهای مختلف را نشان می دهد. این جدول نشان می دهد که هنگامیکه عصاره گیرها عمدتاً پتاسیم تبدلی و محلول را خارج می نمایند، همبستگی آنها با یکدیگر خیلی زیاد می باشد، ولی

ریشه، حجم ریشه ها در مقابل حجم کل خاک بسیار کم می باشد و این حجم در گیاهان یکساله کمتر از یک درصد حجم خاک است (۱۵). به عبارت دیگر در بسیاری از نقاط خاک ریشه ها حضور ندارند. از طرف دیگر، بررسی نشان داده است که تنها ۷ درصد یا کمتر از کل پتاسیم مورد نیاز گیاهان در خاک مجاور سطح ریشه ها قرار دارد (۲۴). جذب پتاسیم از این ناحیه خاک تدریجاً باعث کاهش سطح پتاسیم تبدلی و نیز غلظت پتاسیم محلول می گردد. بدین ترتیب در ناحیه مجاور ریشه ها یک منطقه تخلیه شده از پتاسیم ایجاد می گردد که پدیده ای رایج می باشد (۱۹). هنگامیکه سطح پتاسیم تبدلی در این ناحیه به اندازه کافی کاهش یافت، ممکن است غلظت پتاسیم در محلول خاک بحدی کاهش یابد که پتاسیم غیر تبدلی که با انرژی بالنسبه زیادی توسط مکانهای پرانرژی در مناطق گوه ای شکل کانیهای گروه میکا نگهداری می گردد آزاد و جذب گیاه گردد (۱۹ و ۲۰). سرعت آزاد شدن این شکل از پتاسیم با کاهش غلظت پتاسیم در محلول خاک افزایش و توسط آن کنترل می گردد. منطقه تخلیه شده در مجاورت ریشه ها بدین جهت ایجاد می گردد که مقدار پتاسیمی که در دامنه زمانی معین در اثر دو مکانیسم جریان توده ای<sup>۱</sup> و

جدول ۷- ضرائب همبستگی (r) پتاسیم قابل استخراج با عصاره گیرهای مختلف در خاکهای سال اول و دوم.

نام عصاره گیر	۱		۲		۳		۴	
	اول	دوم	اول	دوم	اول	دوم	اول	دوم
۱- استات آمونیوم	۱	۱						
۲- نترات منیزیم	۰/۹۱***	۰/۹۹***	۱	۱				
۳- اسید سولفوریک سرد	۰/۸۷***	۰/۹۲***	۰/۹۴***	۰/۹۰***	۱	۱		
۴- اسید نیتریک جوشان	۰/۶۴**	-	۰/۸۴***	-	۰/۸۱***	-	۱	

\*\*\* ، \*\* به ترتیب در سطح یک درصد و یک دهم درصد معنی دارند.

عصاره گیر به نوع خاک و یا شرایط کشت (شامل غلظت پتاسیم در آب آبیاری) تا حدودی حساس باشد. البته تمام عصاره گیرهای شیمیایی پتاسیم، که با استفاده از یک محلول شیمیایی بخشی از پتاسیم خاک را استخراج می نمایند، دارای چنین کاستی هایی می باشند. اینگونه کاستی ها در ضرائب همبستگی پتاسیم قابل استخراج با عصاره گیر و پاسخ های گیاه انعکاس یافته و آنرا کاهش می دهد. در حال حاضر انتخاب یک عصاره گیر مناسب برای برنامه خاک آزمایشی از طریق مقایسه تعدادی عصاره گیر در شرایط مشابه بر مبنای همین ضرائب همبستگی صورت می گیرد که هرچه این ضرائب بالاتر باشند نشانه بهتر بودن آن عصاره گیر می باشد. انتخاب روش استات آمونیوم بعنوان بهترین عصاره گیر در این بررسی نیز با همین ملاک صورت گرفته است. توضیح فوق ضمناً به ضرورت ادامه بررسی در این زمینه برای یافتن عصاره گیرهای احتمالی بهتر اشاره دارد.

### سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران که هزینه اجرای این طرح را فراهم نمود سپاسگزاری می گردد.

هنگامیکه علاوه بر این اشکال پتاسیم، پتاسیم غیر تبدلی نیز به مقدار زیاد آزاد می گردد، این همبستگی کاهش می یابد.

### نتیجه گیری

مقایسه چهار عصاره گیر مورد بررسی بر اساس دو ویژگی بالا بودن همبستگی پتاسیم استخراج شده با پاسخ های گیاه و نیز سهولت و سرعت عصاره گیری نشان می دهد که روش استات آمونیوم یک نرمال در  $pH=7$  در مجموع بر سه روش دیگر برتری داشته و روشهای نترات منیزیم ۰/۵ مولار و اسید سولفوریک سرد (اصلاح شده) در مراتب بعدی قرار دارند. روش اسید نیتریک جوشان برای این خاکها توصیه نمی گردد. از آنجائیکه زمان انجام و هزینه عصاره گیری از ویژگیهای مهم یک عصاره گیر مناسب می باشد، لذا از این لحاظ، روش اصلاح شده استات آمونیوم بر روش معمول استات آمونیوم ارجح می باشد. این روش خصوصاً برای اندازه گیری تعداد زیادی نمونه در زمان کوتاه مناسب است.

نتایج این بررسی نشان می دهد که هرچند عصاره گیر استات آمونیوم بر سه عصاره گیر دیگر برتری دارد، ولی با یک عصاره گیر ایده آل فاصله زیادی دارد. این عصاره گیر در خاکهای سال اول از کارایی کمتری برخوردار بود. به عبارت دیگر، بنظر می رسد این

### مراجع مورد استفاده

- ۱- اوستان، ش. ۱۳۷۳. بررسی تخلیه پتاسیم از خاکهای شالیزار شمال کشور. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- ۲- توفیقی، ح. ۱۳۷۴. سینتیک آزاد شدن پتاسیم از خاکهای شالیزار شمال ایران. ۱- مقایسه و ارزیابی معادلات سینتیکی مرتبه اول، مرتبه صفر و دینیوزن پارابولیکی. مجله علوم کشاورزی ایران، ۲۶: ۴۱-۲۷.

### REFERENCES

- ۳ - توفیقی، ح. ۱۳۷۷. بررسی پاسخ برنج به کود پتاسیم در خاکهای شالیزاری شمال ایران. مجله علوم کشاورزی ایران، ۲۹ (۲).
- ۴ - گلستانی فرد، ع. ۱۳۷۵. بررسی تثبیت پتاسیم در خاکهای شالیزاری شمال ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- 5 - Ahmad, N. et al . 1973. Methods of measuring available nutrients in west Indian soils. III Potassium. *Plant and Soil*, 39: 635-647.
- 6 - Bertsch, P. M., and G. W. Thomas. 1985. Potassium status of temperate region soils. P. 131-162. In: R. D. Munson(ed.) *Potassium in Agriculture*. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI., USA.
- 7 - Cate, R. B. Jr., and L. A. Nelson. 1971. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35: 658-659.
- 8 - Chang, S. C. 1978. Evaluation of the fertility of rice soils. P. 521-541. In: *Soil and Rice*. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines.
- 9 - Chapman, H. D., and P. F. Pratt. 1978. *Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters*. Division of Agricultural Sciences, University of California, USA.
- 10 - Conyers, E. S., and E. O. McLean. 1969. Plant uptake and chemical extractions for evaluating potassium release characteristics of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33:226-230.
- 11- Conyers, E. S. , L. P. Wilding, and E.O. McLean. 1969. Influence of chemical weathering on basal spacings of clay minerals. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33:518-523.
- 12 - Dobermann, A., K.G. Gassman, P. C. Sta. Cruz, M. A. Adviento, and M. F. Pampolino. 1996. Fertilizer input, nutrient balance, and soil nutrient supplying power in intensive, irrigated rice ecosystems. II. Effective soil K- supplying capacity. *Fertilizer Research* 0:1-11.
- 13 - Doll, E. C., and R. E. Lucas. 1973. Testing soils for potassium, calcium and magnesium. P. 133-151. In : L.M. walsh and J.D. Beaton (ed.) *Soil testing and plant Analysis*. Soil Sci. Am. Inc. Madison, WI, USA.
- 14 - Gee, G. W. and J. Bauder, 1986. Particle- size analysis P. 383-411. In: A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis*. Part 1 ASA-SSA, Madison, WI. USA.
- 15 - Haby, V. A. , M. P. Russelle, and Eearl O. Skogley. 1990. Testing soils for potassium, calcium, and magnesium. P. 181-227. In: R. L. Westerman (ed.) *Soil Testing and Plant Analysis*. Third edition. Soil Sci. Soc. Am. Inc. Madison, WI., USA.
- 16 - Hauser, G. F. 1973. The Calibration of soil tests for fertilizer recommendation. *FAO Soils Bulletin* No. 18. FAO, Rome, Italy.
- 17 - Hunter, A. H., and P.F. Pratt. 1957. Extraction of potassium from soils by sulfuric acid. *Soil . Sci. Soc. Am. Proc.* 21: 595- 598.
- 18- Knudsen, D., G. A. Peterson, and P.F. Pratt. 1982. Lithium, sodium, and potassium. P. 225- 246. In: A. L. Page (ed.) *Methods of soil analysis*, Part 2. ASA- SSA, Madison, WI., USA.

- 19 - Marschner, H. 1992. Mineral nutrition of higher plants. P. 483-508. Academic Press Inc., San Diego, CA. USA.
- 20 - McLean, E. O., and M. E. Watson. 1985. Soil measurement of plant- available potassium. P. 277-308. In: R.D. Munson (ed.) Potassium in Agriculture. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI., USA.
- 21 - Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p.539-580. In: A. L. Page (ed.) Methods of soil analysis, part2. ASA-SSA, Madison, WI. USA.
- 22 - Nelson, L.A., and R.L. Anderson. 1984. Partitioning of soil test crop response probability . In: M. Stelly (ed) Soil Testing: Correlating and Interpreting the Analytical Results. ASA special pub. No. 29. 677 South Segoe Road, Madison, WI., USA.
- 23 - Nelson, R. E. 1982. Carbonate and gypsum. P. 181- 197. In: A.L. Page (ed.) Methods of soil analysis . Part2. ASA- SSSA, Madison, WI., USA.
- 24 - Nemeth, K.1978. Limitation of present soil test interpretations for K and suggestions for modification: A European experience. P. 99-111. In: Potassium in soils and crops. Potash Research Institute of India, New Delhi.
- 25 - Panda, M., and A.K. Panda. 1993. Evaluation of some potassium soil tests for rice in a Fluventic Ustochrept. J. Indian Soc. Soil. Sci., 41-1: 188-189.
- 26 - Richards, J. E., and T. E. Bates. 1989. Studies on the potassium supplying capacities of southern Ontario soils. III. Measurement of available K. Can. J. Soil Sci. 69: 597-610.
- 27 - Rouse, R. D., and B. R. Bertramson. 1949. Potassium availability in several Indiana soils, its nature and method of evaluation. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 13:113- 122.
- 28 - Schmitz, G. W., and P. F. Pratt. 1953. Exchangeable and nonexchangeable potassium as indexes to yield increases and potassium absorption by corn in the greenhouse. Soil Sci. 76: 345- 353.
- 29 - Siadat, H. et al . 1993. Status of K contents in soils, K fertilizer use and recommendation in Iran. Regional symposium on K- availability of soils in West Asia and North Africa: Status and Prospectives. Soil and Water Research Inst., Tehran, Iran.
- 30 - U. S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Dep. of Agriculture, Handbook no. 60, U.S. Gov. Printing office. Washington, D.C..



## Comparison of Four Chemical Extractants for Estimation of Available Potassium in Paddy Soils of North of Iran.

H. TOFIGHI

Assistant Professor, Department of soil Science, Faculty of  
Agriculture, University of Tehran, Karaj Iran.

Accepted July 21 1999

### SUMMARY

Composite soil samples from 0-25 cm depth of 51 randomly selected paddy fields in North of Iran were taken in two consecutive years (25 samples in the first year, 26 samples in the second year). The selected rice fields were well distributed all over the region. Some general soil properties such as pH, SP, %CaCO<sub>3</sub> and CEC were measured. In addition, the following methods were used to measure the extractable soil K: 1N ammonium acetate (two methods), 0.5M magnesium nitrate, cold sulfuric acid (two methods) and boiling nitric acid. Growth and potassium uptake were studied in the greenhouse with two high yielding varieties of rice, i.e. Amol-3 and Khazar. The first variety, cultivated on the soils sampled in the first year, was irrigated with distilled water during the growing season, while the other variety (Khazar), grown on the soils sampled in the second year, was irrigated with distilled water containing 3 mgK/L. The mean of extractable K by the ammonium acetate, magnesium nitrate, sulfuric acid and nitric acid methods were 133, 115, 153 and 305 mg kg<sup>-1</sup>, respectively. The standard deviations of these data were relatively high, indicating a wide difference in K release properties of the soils. In this study, K extracted by the ammonium acetate, magnesium nitrate, and modified sulfuric acid methods were commonly highly correlated with the plant parameters (rough rice yield, aboveground yield, and total K uptake) in both years, whereas, poor correlations were obtained for the nitric acid method. Comparison of the extractants on the basis of these correlation coefficients together with the ease and speed of extraction, indicated the following order of suitability of these extractants for the estimation of available soil K: 1N ammonium acetate > 0.5 M magnesium

nitrate > modified sulfuric acid > nitric acid. However, if the cost and speed of analysis is considered, the modified 1N ammonium acetate method is preferable, especially where a large number of soil samples have to be analysed in a short period of time. The critical levels of 142 and 135 mgK kg<sup>-1</sup> of soil were obtained for the ammonium acetate method by the statistical and the graphical methods of Cate and Nelson, respectively. The same values for the modified ammonium acetate and the magnesium nitrate extractants were 127 and 122 mgK kg<sup>-1</sup>, respectively, when the graphical method of Cate and Nelson was employed. In this study, it was indicated that when Hunter and Pratt method of cold sulfuric acid was modified for the effect of soil carbonates, a significant improvement in the correlations between the extractable K and the plant responses was obtained.

**Keywords:** Potassium extractant, ammonium acetate extractable K, magnesium nitrate extractable K, sulfuric acid extractable K, nitric acid extractable K, potassium in paddy soils, critical level of K in paddy soils.