

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات برنج کشور

پتاسیم در خاک و روش‌های عصاره‌گیری آن در خاک‌های شالیزاری

نگارنده:

دکتر مسعود کاوسی

عضو هیات علمی موسسه تحقیقات برنج کشور

پاییز ۱۳۹۵

نشریه‌ی شماره‌ی ۱۷

حق چاپ برای موسسه‌ی تحقیقات برنج کشور محفوظ است.

انتشارات موسسه تحقیقات برنج کشور

عنوان نشریه: پتاسیم در خاک و روش‌های عصاره‌گیری آن در خاک‌های شالیزاری

نگارنده: مسعود کاوسی

ناشر: انتشارات موسسه تحقیقات برنج کشور

ویراستاران علمی: محمد محمدیان، الهیار فلاح

ویراستار ادبی: مهدی جلائیان

صفحه آرای: شهربانو حمیدزاده و معصومه بصیری

طراحی جلد: محمدرضا عابدینی

چاپ اول: ۱۳۹۵

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۳۰۰۰ تومان

شماره‌ی ثبت: ثبت در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به شماره‌ی ۴۹۸۱۱ و تاریخ ۱۳۹۵/۴/۲۳ می‌باشد.

نشانی: رشت، کیلومتر ۵ جاده تهران، موسسه تحقیقات برنج کشور، صندوق پستی: ۱۶۵۸، کد پستی: ۴۱۹۹۶-۱۳۴۷۵

تلفن: ۰۱۳۳۳۶۹۰۰۵۲، دورنگار: ۰۱۳۳۳۶۹۰۰۵۱، وبسایت: <http://berenj.areo.ir>

مسئولیت صحت مطالب با نویسنده است.

فهرست مندرجات

عنوان

صفحه

۱- مقدمه	۳
۲- منشاء پتاسیم در خاک	۳
۳- اشکال مختلف پتاسیم در خاک	۵
۱-۳- پتاسیم محلول	۵
۲-۳- پتاسیم تبادلی	۶
۳-۳- پتاسیم غیرتبادلی	۸
۴-۳- پتاسیم ساختمانی	۹
۴- روش‌های عصاره‌گیری پتاسیم خاک	۹
۱-۴- عصاره‌گیری پتاسیم محلول خاک با آب	۱۱
۲-۴- استخراج پتاسیم خاک با استات آمونیوم یک مولار و خنثی	۱۲
۳-۴- عصاره‌گیری پتاسیم با روش مورگان	۱۳
۴-۴- عصاره‌گیری پتاسیم با روش کلوانا	۱۳
۵-۴- عصاره‌گیری پتاسیم با روش تگزاس	۱۳
۶-۴- عصاره‌گیری پتاسیم با روش استات منیزیم	۱۴
۷-۴- عصاره‌گیری پتاسیم با روش اسید سولفوریک	۱۴
۸-۴- عصاره‌گیری پتاسیم با اسید کلریدریک ۵٪ مولار	۱۴
۹-۴- عصاره‌گیری پتاسیم با روش مهلیخ یک و سه	۱۴
۱۰-۴- عصاره‌گیری پتاسیم با روش مهلیخ یک	۱۵
۱۱-۴- عصاره‌گیری پتاسیم با روش مهلیخ سه	۱۵
۱۲-۴- استخراج پتاسیم با اسید نیتریک یک مولار جوشان	۱۵
۱۳-۴- استخراج پتاسیم با سدیم تترافنیل بران	۱۶
۱۴-۴- عصاره‌گیری پتاسیم با EUF	۱۷
۵- همبستگی روش‌های عصاره‌گیری پتاسیم با غلظت و جذب پتاسیم توسط گیاه برنج	۱۷
منابع	۱۹

۱- مقدمه

اکنون با اصلاح و معرفی ارقام جدید و پرمحصول، فرصت مناسبی برای افزایش تولید برنج با استفاده‌ی مناسب‌تر از نهاده‌ها و اعمال مدیریت صحیح در مصرف کودهای شیمیایی، به‌وجود آمده است. یکی از این کودهای شیمیایی که نقش به‌سزایی را در حفظ یا افزایش عملکرد برنج ایفا می‌کند، کودهای پتاسیمی است.

با وجود این‌که مقدار پتاسیم کل اکثر خاک‌ها به نسبت زیاد است ولی بخش کوچکی از این مقدار برای گیاه قابل جذب می‌باشد. پتاسیم از عناصر تشکیل دهنده‌ی تعدادی از کانی‌های خاک می‌باشد. این کانی‌ها پتاسیم را در فرایندهای هوازدگی با شدت‌های مختلفی به محلول خاک آزاد می‌نمایند. بعضی از کانی‌های خاک می‌توانند پتاسیم اضافه شده به خاک را دوباره در ساختمان خود تثبیت نموده و به شکل غیرتبادلی درآورند. حتی پتاسیم تبادلی نیز بسته به نوع باری که باعث جذب آن می‌شود ممکن است با قدرت‌های متفاوتی با کلوئیدهای خاک پیوند یافته باشد. بنابراین آزادسازی پتاسیم از کانی‌ها به شکل محلول و تبادلی و یا جذب پتاسیم محلول به وسیله‌ی مکان‌های تبادلی و غیرتبادلی، واکنشی دوطرفه (تعادلی) می‌باشد.

پتاسیم محلول و تبادلی به طور مستقیم و به سهولت توسط گیاه جذب می‌شود که البته پتاسیم محلول به نوبه‌ی خود با پتاسیم تبادلی در تعادل است. این تعادل ممکن است بسیار سریع باشد و هر تغییر کوچکی در پتاسیم محلول خاک (تغییرات ناشی از کاربرد کود، آهک‌دهی، تغییر در فعالیت زیستی خاک، شستشو و غیره) باعث تغییر سریع پتاسیم تبادلی خاک شود. پتاسیم تبادلی نیز ممکن است با نیروهای پیوندی متفاوت روی مکان‌های تبادلی جذب شود و در نتیجه قابلیت دسترسی آن برای گیاه یکسان نیست. پتاسیم غیرتبادلی با این‌که در کوتاه مدت برای گیاه قابل استفاده نیست ولی در بعضی از خاک‌ها ممکن است نقش به‌سزایی در تامین پتاسیم مورد نیاز گیاه داشته باشد. بنابراین تعیین روش یا روش‌های مناسب عصاره‌گیری پتاسیم خاک که نشان دهنده‌ی قابلیت خاک برای تامین پتاسیم مورد نیاز گیاه در طول فصل زراعی باشد بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

۲- منشاء پتاسیم در خاک

پتاسیم از نظر فراوانی هفتمین عنصر و چهارمین عنصر غذایی معدنی در لیتوسفر است (آیگوی و راسل، ۱۹۹۳). میانگین این عنصر در لیتوسفر ۲/۶ درصد می‌باشد (ریچ، ۱۹۶۴). پتاسیم کل خاک‌های معدنی بین ۰/۱ تا ۴ درصد (یا بیش‌تر) و به طور معمول بین ۰/۲ تا ۰/۳ درصد تغییر می‌کند (ماستخر، ۱۹۹۵).

در بین عناصر غذایی مورد نیاز برای گیاه، پتاسیم بزرگ‌ترین اندازه‌ی شعاع غیرهیدراته ($r = 0.133$ نانومتر) را دارد و عدد هم‌آرایی آن با اکسیژن در ساختمان کانی زیاد است (۸ یا ۱۲) که نشان دهنده‌ی قدرت اتصال به نسبت ضعیف اکسیژن-پتاسیم است (اسپارکز، ۱۹۸۰). انرژی آگیری پتاسیم ۱۴۲/۵ کیلو ژول در گرم یون است که نشان‌دهنده‌ی تمایل به نسبت کم پتاسیم برای آگیری در خاک است (هلفریچ، ۱۹۶۲). این مساله باعث سهولت آزاد شدن مولکول‌های آب از این یون و امکان تثبیت آن در حفرات موجود در ساختمان چهار وجهی کانی‌های رسی خاک می‌شود.

مهم‌ترین منبع پتاسیم در خاک‌های معدنی، آلومینوسیلیکات‌های اولیه مثل فلدسپارهای پتاسیم، بیوتیت و موسکوویت و آلومینوسیلیکات‌هایی چون ایلیت و فرآورده‌های حاصل از هواپیدگی موجود در مواد مادری خاک است (هوانگ، ۱۹۷۷). در بیش‌تر خاک‌ها، میکاها به طور عمده از مواد مادری خاک منشاء گرفته و به مرور زمان به کانی‌های دیگر هوازده می‌شوند. بنابراین کانی‌های ذکر شده در خاک‌های جوان‌تر و کمی هوازده، فراوان‌تر از خاک‌های هوازده می‌باشند. در خاک‌های با هواپیدگی بیش‌تر، میکاهای تری‌اکتاهیدرال کم‌تر بوده و میکاهای موجود در رس‌های اکثر این خاک‌ها به طور غالب دی‌اکتاهیدرال هستند (جکسون، ۱۹۶۴).

موسکوویت ایده‌آل از نظر ساختمانی حاوی ۹/۸ درصد پتاسیم است در حالی که مقدار پتاسیم کانی‌های میکایی موجود در اکثر خاک‌ها، بین ۳/۳ تا ۸/۳ درصد (برای میکای آب‌دار) متغیر است (فنینگ و کرامیداس، ۱۹۷۷). اختلاف ساختمانی بین کانی‌های میکایی مختلف از عوامل بسیار مهم در تعیین سهولت هواپیدگی و ویژگی‌های مربوط به آزادسازی پتاسیم در آن‌ها می‌باشد. به عنوان مثال میکای تری‌اکتاهیدرال مانند بیوتیت خیلی سریع‌تر و آسان‌تر از کانی‌های دی‌اکتاهیدرال مثل موسکوویت، هواپیده می‌شوند (برتش و توماس، ۱۹۸۵).

فلدسپارهای پتاسیم تقریباً ۱۵ درصد از کل لیتوسفر را تشکیل می‌دهند و در سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی فراوان هستند (هوبا و همکاران، ۱۹۸۶). این کانی‌ها دارای ساختمان تکتوسیلیکاتی با تعدادی جایگزینی Al به جای Si و عناصر K، Na و Ca می‌باشد. در این کانی‌ها بار منفی اضافی که از جایگزینی Al به جای Si ناشی می‌شود به وسیله‌ی ورود K به داخل لایه‌های کریستالی خنثی می‌شود (اختر، ۱۹۹۳؛ هوانگ، ۱۹۷۷).

۳- اشکال مختلف پتاسیم در خاک

اشکال مختلف پتاسیم در خاک عبارت‌اند از (تیسدال و همکاران، ۱۹۹۳):

- ۱- پتاسیم موجود در محلول خاک
 - ۲- پتاسیم تبدادی که روی مکان‌های با بار منفی موجود در کمپلکس‌های کلونیدی جذب شده است.
 - ۳- پتاسیم غیرتبدادی که موقعیت‌های درونی ورقه‌های رسی و حفرات شش وجهی بعضی از کانی‌ها را اشغال می‌کند.
 - ۴- پتاسیم موجود در ساختمان کریستالی کانی‌های اولیه و ثانویه
- علاوه بر این اشکال پتاسیم موجود در مواد آلی را نیز می‌توان اضافه نمود (مالولتا، ۱۹۸۵). پتاسیم محلول و تبدادی به طور مستقیم و به سادگی توسط گیاه قابل جذب است (اندرو و شارپلی، ۱۹۹۰) ولی فرم غیرتبدادی که بخشی از آن قابل جذب است را می‌توان به دو قسمت به سختی قابل تبادل و بخش تثبیت شده تقسیم نمود (مالولتا، ۱۹۸۵).

۳-۱- پتاسیم محلول

مطالعات مختلف نشان داده است که مقدار کمی از کل پتاسیم مورد نیاز گیاه در محلول خاک اطراف ریشه‌ی گیاه وجود دارد (الیاس و همکاران، ۱۹۸۶؛ گتینگ، ۱۹۹۰). پتاسیم موجود در آب خاک یا در محلول خاک، آزاد است و یا تحت تاثیر میدان الکتریکی حاصل از بارهای منفی سطوح کمپلکس‌های جذبی قرار دارد (ماستخر، ۱۹۹۵). پتاسیم موجود در محلول خاک به سرعت و بلافاصله به وسیله‌ی گیاه می‌تواند جذب شود (مارتین و اسپارکز، ۱۹۸۵).

پتاسیم موجود در محلول خاک با پتاسیم تبدادی در حال تعادل بوده و تمایز آن از بخش تبدادی دشوار است. این تعادل ممکن است بسیار سریع باشد و هر تغییر کوچکی در رطوبت خاک و یا غلظت و یا ترکیب املاح خاک (تغییرات ناشی از کاربرد کود، آهک‌دهی، تغییر در فعالیت بیولوژیکی خاک، شستشو و غیره) باعث تغییر سریع پتاسیم محلول خاک شود (ماستخر، ۱۹۹۵). برای برخی رس‌های ورمی‌کولیتی این تعادل کندتر است (اسپارکز، ۱۹۸۰). بنابراین با توجه به نوسان مقدار پتاسیم محلول خاک برآورد دقیق آن بسیار مشکل است (اسپارکز، ۱۹۸۷). مقدار پتاسیم محلول خاک در درجه‌ی اول به نوع و مقدار کانی‌های رسی بستگی دارد. در خاک‌های رسی، غلظت پتاسیم محلول با افزایش مقدار پتاسیم تبدادی به کندی افزایش می‌یابد درحالی‌که در خاک‌های شنی افزایش مذکور با سرعت بیش‌تری صورت می‌گیرد (جونز و همکاران، ۱۹۸۲).

رطوبت خاک شاید مهم‌ترین عامل موثر در شدت انتشار پتاسیم در خاک بوده و به طور مستقیم با جذب پتاسیم توسط گیاه ارتباط دارد (منگل وفون برانشویگ، ۱۹۷۲). با توجه به این که غلظت پتاسیم محلول خاک با تغییر نسبت آب به خاک تغییر می‌یابد، داده‌های مربوط به پتاسیم محلول خاک باید همواره همراه با اطلاعات مربوط به مقدار آب خاک گزارش شود (ماستخر، ۱۹۹۵). غرقاب نمودن خاک که به طور معمول در اراضی شالیزاری به وقوع می‌پیوندد، غلظت یون پتاسیم را در محلول خاک افزایش می‌دهد چون در شرایط احیایی غلظت Fe^{2+} و Mn^{2+} و NH_4^+ در محلول خاک‌های مختلف افزایش و K^+ را از مکان‌های تبدالی جابه‌جا می‌کند. بنابراین غلظت یون پتاسیم را در محلول خاک افزایش داده و قابلیت جذب آن را برای برنج بالا می‌برد (پاتریک و میکلسن، ۱۹۷۱). کاوسی (۱۳۷۸) پتاسیم محلول خاک را با استفاده از نسبت ۲۰:۱ آب مقطر و خاک در تعدادی از خاک‌های شالیزاری گیلان اندازه‌گیری نمود. نتایج تحقیقات او نشان داد که حداقل پتاسیم محلول در خاک‌های مورد بررسی ۱۵ و حداکثر آن ۵۰ و با میانگین ۲۷ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. در یک تحقیق دیگر کاوسی (۱۳۸۰) حداقل پتاسیم محلول در ۱۰۹ خاک مورد بررسی را ۸، حداکثر ۹۲ و میانگین آن را ۴۸ میلی‌گرم در لیتر گزارش نمود.

۳-۲- پتاسیم تبدالی

پتاسیم تبدالی همانند کاتیون‌های تبدالی دیگر به وسیله‌ی نیروهای الکترواستاتیک بارهای منفی کلئوئیدهای آلی و معدنی خاک نگهداری می‌شود و تحت شرایطی به آسانی به وسیله‌ی نمک‌های خنثی قابل استخراج می‌باشند. بخش به نسبت کوچکی از پتاسیم کل خاک به صورت تبدالی بوده و مجموع پتاسیم تبدالی و محلول خاک شاید یک تا دو درصد از کل پتاسیم خاک را شامل شود. مقدار پتاسیم تبدالی به طور معمول کم‌تر از یک درصد پتاسیم کل خاک (تیس‌دال و همکاران، ۱۹۹۳؛ باسیلیو و همکاران، ۱۹۹۰) و کم‌تر از ۱۰۰ تا بیش از ۲۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است (نادسن، ۱۹۹۰). این بخش از پتاسیم به آسانی می‌تواند برای گیاه قابل استفاده باشد و هنوز اندازه‌گیری آن یکی از مهم‌ترین راه‌های برآورد قابلیت جذب پتاسیم به وسیله‌ی گیاه است (ماستخر، ۱۹۹۵). پتاسیم تبدالی ممکن است با نیروهای پیوند متفاوتی روی مکان‌های تبدالی جذب شده باشند که از این نظر می‌توان آن را به سه شکل زیر تقسیم نمود (تیس‌دال و همکاران، ۱۹۹۳):

- ۱- پتاسیم جذب شده روی سطوح پایه‌ای کانی‌های رسی که عموماً به صورت غیر اختصاصی جذب شده است.

۲- پتاسیم جذب شده در لبه‌ی کانی‌های رسی که تشخیص آن از پتاسیم جذب شده روی سطوح پایه‌ای رس‌ها به آسانی امکان‌پذیر نیست.

۳- پتاسیم جذب شده در فضاهای بین لایه‌ای رس‌ها که به طور معمول جذب پتاسیم در آن‌ها اختصاصی‌تر است.

در شرایط مزرعه غلظت پتاسیم محلول به طور عمده به وسیله‌ی پتاسیم موجود در سطوح خارجی کانی‌های رسی بافر می‌شود ولی پتاسیم موجود در لبه‌ها و بین لایه‌های کانی‌های رسی نیز در طولانی مدت می‌توانند در بافر کردن پتاسیم محلول خاک نقش داشته باشند (ماستخر، ۱۹۹۵). توزیع پتاسیم بین مکان‌های تبدالی و محلول خاک را می‌توان تابعی از نوع و مقدار کاتیون‌های رقیب، غلظت آنیون‌ها، نوع و مقدار رس، واکنش خاک، تراکم بار و درجه‌ی بین لایه‌ای شدن کانی‌های رسی خاک و ویژگی‌های کمپلکس‌های تبدالی دانست (تیسدال و همکاران، ۱۹۹۳؛ شویو، ۱۹۸۵؛ منگل و کرک بای، ۱۹۹۳). کاتیون‌هایی که پتاسیم را از مکان‌های تبدالی جابه‌جا کرده و پتاسیم محلول در خاک را بافر می‌کنند، به طور عمده کلسیم، هیدروژن، آمونیوم و آلومینیوم می‌باشند (منگل، ۱۹۹۳). کلسیم به خوبی جایگزین پتاسیم جذب شده روی سطوح خارجی رس‌ها می‌شود اما قادر به جایگزینی پتاسیم جذب شده در لبه‌ی کانی‌های رسی نیست ولی یون آمونیوم به خوبی می‌تواند جایگزین پتاسیم موجود در لبه و حتی بخشی از پتاسیم جذب شده در بین لایه‌های کانی‌های رسی شود. یون هیدروژن نیز به خوبی می‌تواند جایگزین پتاسیم شود (ماستخر، ۱۹۹۵).

پتاسیم تبدالی خاک هرگز در طول یک فصل زراعی یا حتی چندین فصل زراعی، به طور کامل توسط گیاه از خاک خارج نمی‌شود که دو علت عمده به شرح زیر برای آن می‌توان ذکر کرد (ماستخر، ۱۹۹۵):

۱- بافر شدن پتاسیم تبدالی به وسیله‌ی آزاد شدن پتاسیم بین لایه‌ای

۲- پتاسیم تبدالی از تمام نقاط خاک به طور یکسان به وسیله‌ی ریشه جذب نمی‌شود و تحرک پتاسیم (به وسیله‌ی انتشار و جریان توده‌ای) به اندازه‌ای نیست که کمبود پتاسیم تبدالی اطراف ریشه‌ی فعال گیاهان را جبران نموده و باعث یکنواختی پتاسیم تبدالی در همه‌ی نقاط خاک گردد.

توفیقی (۱۳۷۸) دامنه‌ی پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم را در ۵۱ نمونه خاک شالیزاری (۲۷ نمونه مازندران و ۲۴ نمونه گیلان) ۴۱ تا ۲۸۰ و میانگین آن را ۱۳۳/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش نمود. کاوسی (۱۳۸۰) دامنه‌ی پتاسیم تبدالی را در ۱۰۹ نمونه مورد بررسی ۴۰ تا ۳۲۵ و میانگین آن را ۱۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش نمود. اوستان (۱۳۷۳) میانگین پتاسیم تبدالی را در ۵۲ خاک شالیزاری شمال کشور ۱۴۶ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش نمود.

۳-۳- پتاسیم غیرتبادلی

بعضی از خاک‌ها پتاسیم را در مکان‌هایی نگه می‌دارند که نمی‌تواند به سرعت به وسیله‌ی یون آمونیوم جایگزین شود. این بخش از پتاسیم، غیرتبادلی نامیده می‌شود و به کندی برای گیاه قابل استفاده می‌باشد (جونز و کراوس، ۱۹۹۸). با این‌که پتاسیم غیرتبادلی به طور غالب در کوتاه مدت قابل دسترسی نیست ولی می‌تواند سهم مهمی در حفظ پتاسیم قابل استفاده در طول یک فصل زراعی در خاک داشته باشد (تیسدال و همکاران، ۱۹۹۳؛ اسپارکز و هووانگ، ۱۹۸۵). پتاسیم غیرتبادلی شامل دو بخش است (رحمت الله، ۱۹۹۳):

۱- پتاسیم بومی موجود بین لایه‌های کانی‌های رسی ۲:۱ است که تحت شرایط خاصی می‌تواند برای گیاه قابل جذب باشد.

۲- پتاسیم تثبیت شده در بین لایه‌های کانی‌های رسی

مرز شاخص و معینی بین پتاسیم لایه‌ای بومی خاک و پتاسیم تثبیت شده وجود ندارد اما به طور کلی می‌توان گفت که پتاسیم بین لایه‌ای بومی، نسبت به پتاسیم تثبیت شده با نیروی بیشتری نگهداری می‌شود و به همین جهت به آن پتاسیم به سختی قابل تبادل نیز می‌گویند (ماستخر، ۱۹۹۵؛ رحمت الله، ۱۹۹۳).

در خاک‌هایی که حاوی مقدار کمی پتاسیم غیرتبادلی می‌باشند، پتاسیم تبادلی ممکن است شکل غالب قابل استفاده باشد. خاک‌های هیستوسول و اکسی‌سول به طور عمده دارای چنین شرایطی هستند و پتاسیم ذخیره‌ی آن‌ها فوق‌العاده کم است. در خاک‌های حاوی رس‌های قابل انبساط اسمکتیت و ورمی‌کولیت نیز، منبع اصلی تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه آن‌ها، پتاسیم تبادلی بوده و پتاسیم غیرتبادلی در این خاک‌ها سهم کمی در تغذیه‌ی گیاه به عهده دارد (منگل، ۱۹۹۳). ولی خاک‌هایی که حاوی مقادیر کمی پتاسیم تبادلی اما دارای مقادیر زیادی کانی‌های میکایی و ایلیت هستند، تجدید پتاسیم تبادلی یا محلول تا حد زیادی وابسته به آزاد شدن پتاسیم غیرتبادلی است (رحمت الله، ۱۹۹۳؛ دول و لوکاس، ۱۹۷۳). باید به خاطر داشت که آزاد شدن پتاسیم بین لایه‌ای یک فرآیند تبادلی تحت کنترل انتشار با سرعت پایین است. بنابراین برای متخصصین زراعت، مقدار کل پتاسیم بین لایه‌ای به اندازه‌ی آن بخش از پتاسیم بین لایه‌ای که در زمان‌های کوتاه یا میان مدت (روز یا هفته) آزاد می‌شوند، اهمیت ندارد و تنها این بخش از پتاسیم بین لایه‌ای است که روی جذب پتاسیم به وسیله‌ی گیاه اثر می‌گذارد (ماستخر، ۱۹۹۵). البته جذب پتاسیم بین لایه‌ای به وسیله‌ی گیاه تا حد زیادی به میزان توسعه‌ی ریشه‌های موئین بستگی دارد به همین خاطر غلات به استثنای ذرت به دلیل تغذیه‌ی بهتر، از پتاسیم بین لایه‌ای به خوبی می‌توانند در خاک‌های با پتاسیم

تبادلی پایین ولی پتاسیم ذخیره شده‌ی کافی، رشد کنند (مایر و جونگ، ۱۹۹۳). دواتگر (۱۳۸۲) دامنه‌ی پتاسیم استخراج شده با اسید نیتریک یک مولار جوشان را بین ۲۰۰ تا ۱۹۴۰ و با میانگین ۶۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک گزارش نمود. حد پایین پتاسیم غیرتبادلی در خاک‌های شالیزاری گیلان در گروه کم و حد بالا و میانگین آن در گروه تا حدی کم طبقه بندی می‌شود که نشان‌دهنده‌ی کمبود نسبی ذخیره‌ی پتاسیم در خاک‌های شالیزاری و لزوم استفاده از کودهای پتاسیمی در این مناطق می‌باشد (ملکوتی و کاوسی، ۱۳۸۳).

۳-۴- پتاسیم ساختمانی

پتاسیم ساختمانی به شکلی از پتاسیم اطلاق می‌شود که جزئی از شبکه‌ی کریستالی کانی‌ها می‌باشد. تعداد زیادی از کانی‌ها و اغلب سیلیکات‌ها ممکن است حاوی چنین شکلی از پتاسیم باشند. به هر حال سه گروه مهم از کانی‌های پتاسیم‌دار عبارت‌اند از: فلدسپارها، میکاها و سیلیکات‌های رسی شبه میکایی. پتاسیم ساختمانی فلدسپارها به طور معمول با تخریب شبکه‌ی سیلیکاتی طی فرآیندهای هواپدگی آزاد می‌شود. پتاسیم بین لایه‌ای میکاها ممکن است به وسیله‌ی تخریب شیمیایی کانی‌ها آزاد شود اما حداقل بخشی از پتاسیم ساختمانی این کانی‌ها می‌تواند به وسیله‌ی انتشار از فضای بین لایه‌ای به طرف بیرون حرکت کرده و بدون آن که تخریبی در ساختمان کریستال ایجاد شود، پتاسیم آن آزاد گردد. کانی‌های سیلیکاتی شبه میکایی رفتاری مشابه با میکا از خود نشان می‌دهند با این تفاوت که فرآیند آزادسازی پتاسیم بین لایه‌ای به وسیله‌ی انتشار در آن‌ها، سریع‌تر از میکاها به وقوع می‌پیوندد چون نیروی پیوند پتاسیم در این کانی‌ها کم‌تر و مسیر انتشار نیز نسبت به میکاها در آن‌ها کوتاه‌تر است (ماستخر، ۱۹۹۵).

۴- روش‌های عصاره‌گیری پتاسیم خاک

روش‌های آزمایشگاهی عصاره‌گیری عناصر غذایی از خاک به طور عمومی بر پایه‌ی استخراج سریع عناصر از خاک و سپس اندازه‌گیری آن‌ها برای پی بردن به مقدار عرضه‌ی آن‌ها در طول دوره‌ی زمانی کوتاه مدت به وسیله‌ی خاک، استوار است (هابی و همکاران، ۱۹۹۰). بسته به هدف از عصاره‌گیری، روش‌های مختلف عصاره‌گیری پتاسیم ممکن است به خدمت گرفته شود. هدف از عصاره‌گیری پتاسیم ممکن است تعیین مقدار پتاسیم محلول خاک، پتاسیم تبادلی، پتاسیم بین لایه‌ای، پتاسیم ساختمانی یا مجموعه‌ای از دو یا چند شکل پتاسیم باشد. اگر هدف از عصاره‌گیری تعیین پتاسیم محلول خاک باشد به طور معمول از آب به عنوان عصاره‌گیر استفاده می‌شود که البته

در این روش مقدار پتاسیم استخراج شده، به شدت تحت تاثیر نسبت آب به خاک قرار می‌گیرد (ماستخر، ۱۹۹۵).

هنگامی که منظور از عصاره‌گیری تعیین پتاسیم تبادلی باشد به طور معمول با استفاده از قانون تبادل یونی، پتاسیم تبادلی به وسیله‌ی کاتیون دیگری جایگزین شده و از سیستم سوسپانسیون خاک خارج و سپس اندازه‌گیری می‌شود. نتایج به‌دست آمده از این روش بستگی به شرایط عصاره‌گیری، به خصوص به نوع کاتیونی که برای جایگزینی استفاده می‌شود و نسبتی از کاتیون‌های تبادلی که عصاره‌گیری می‌شود، دارد. در بسیاری از روش‌هایی که برای اندازه‌گیری پتاسیم تبادلی به‌کار می‌روند از یون آمونیوم برای جایگزین کردن پتاسیم استفاده می‌کنند چون این یون در جایگزینی پتاسیم حتی از مکان‌های با جذب ترجیحی برای پتاسیم، بسیار موثر می‌باشد.

با توجه به خصوصیات تبادلی مشابه یون‌های آمونیوم و پتاسیم، یون آمونیوم در مقایسه با یون‌هایی مثل Na^+ و Ca^{++} می‌تواند به طور تقریبی همه‌ی پتاسیمی را که در کوتاه مدت قابل تبادل است به خصوص در خاک‌های با رس‌های ۲:۱، استخراج کند. در خاک‌هایی که کائولینیت و اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم، کانی‌های غالب خاک هستند این اختلاف رفتاری بین یون آمونیوم و یون‌های سدیم و کلسیم مشاهده نمی‌شود چون در این کانی‌ها پتاسیم لبه‌ای و پتاسیم بین لایه‌ای از روی اصول وجود ندارد (ماستخر، ۱۹۹۵).

اگر هدف از عصاره‌گیری تعیین پتاسیم غیرتبادلی باشد روش‌های مختلفی می‌تواند به خدمت گرفته شود که داده‌های حاصل از آن می‌تواند تخمینی از ظرفیت بافری کوتاه مدت یا میان مدت پتاسیم لیبایل و نیز پتاسیم بین لایه‌ای به آسانی قابل آزاد شدن باشد. این روش‌ها حتی می‌تواند به وسیله‌ی آب و محلول‌های نمکی انجام شود که در این حالت برای رسیدن به هدف باید نکات زیر را رعایت نمود:

الف - زیاد کردن نسبت محلول عصاره‌گیر به خاک برای عصاره‌گیری پایدار (طولانی مدت)

ب - تکرار عصاره‌گیری از هر نمونه خاک به دفعات زیاد

ج - خارج نمودن مداوم محلول عصاره‌گیری شده

به عنوان مثال محلول‌های نمکی یکی از روش‌های عصاره‌گیری پتاسیم بین لایه‌ای است که احتیاج به زمان عصاره‌گیری طولانی و مصرف مواد شیمیایی زیادی دارد. بنابراین این روش‌ها برای عصاره‌گیری سریع به طور معمول مناسب نیستند. عصاره‌گیری با سدیم تترافنیل‌بران، رزین‌های تبادلی و اسید نیتریک جوشان از جمله روش‌های دیگری است که به طور معمول برای تعیین پتاسیم غیرتبادلی به‌کار می‌رود (ماستخر، ۱۹۹۵).

ممکن است هدف از عصاره‌گیری، عصاره‌گیری پتاسیم به همراه یک یا چند عنصر دیگر باشد که در چنین شرایطی از عصاره‌گیرهای فراگیر استفاده می‌شود. با استفاده از این روش‌ها، صرفه‌جویی در وقت، مصرف مواد شیمیایی و هزینه‌های اقتصادی امکان‌پذیر می‌شود. از جمله عصاره‌گیرهای فراگیر که برای استخراج پتاسیم استفاده می‌شود می‌توان به محلول‌های لاکتات کلسیم، مهلیخ^۳، کلوانا، تکزاس و ... اشاره نمود.

اگر هدف از عصاره‌گیری تعیین پتاسیم کل خاک باشد به طور معمول از روش‌هایی مثل انحلال نمونه‌ی خاک در اسید فلوریدریک، هضم خاک در اسید نیتریک + اسید سولفوریک و اسید کلریدریک استفاده می‌شود.

۴-۱- عصاره‌گیری پتاسیم محلول خاک با آب

با توجه به تاثیر فوق‌العاده زیاد نسبت آب به خاک در عصاره‌گیری پتاسیم محلول خاک، هر گونه داده‌ی مربوط به پتاسیم محلول مستلزم این است که با اطلاعات اضافی در مورد مقدار آب مصرفی یا نسبت آب به خاک در عصاره‌گیری همراه باشد. تنها غلظت تعادلی پتاسیم محلول که از طریق روابط Q/I به دست می‌آید از این قاعده مستثنی است. چون در این روش با تعیین غیرمستقیم پتاسیم محلول، اثر نسبت آب به خاک حذف می‌شود.

به طور کلی نسبت‌های آب به خاک که در اندازه‌گیری پتاسیم محلول خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند به سه گروه زیر تقسیم می‌شوند:

الف - تعیین پتاسیم محلول خاک در رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای یا کم‌تر از آن

ب - تعیین پتاسیم محلول در عصاره‌ی اشباع خاک

ج - تعیین پتاسیم محلول در نسبت آب به خاک بیش‌تر از عصاره‌ی اشباع خاک

بسیاری از اندازه‌گیری‌های پتاسیم محلول خاک روی نمونه‌های خاک اشباع شده با آب و عصاره‌ی حاصل از آن انجام می‌شود. در این روش از نسبت آب به خاک ثابتی استفاده نمی‌شود و در واقع همراه با هم‌زدن خاک آن‌قدر آب به خاک اضافه می‌شود تا خاک به حالت اشباع در آمده و لایه‌ی نازکی از آب روی سطح نمونه‌ی خاک جمع شود و بعد از برقراری تعادل، محلول خاک از فاز جامد آن جدا شده و غلظت پتاسیم در آن اندازه‌گیری می‌شود. یکی از معایب بزرگ این روش لزوم استفاده از مقادیر زیادی خاک (در حدود ۱۰۰ گرم یا بیش‌تر) برای عصاره‌گیری و همچنین وقت‌گیر بودن آن است.

استفاده از نسبت آب به خاک بیش‌تر از عصاره‌ی اشباع که در پاره‌ای از موارد به‌کار می‌رود روش مناسبی نیست و انحراف زیادی از مقدار واقعی پتاسیم محلول خاک دارد. در این روش تاثیر زیاد خصوصیات خاک در بافر کردن پتاسیم محلول باعث می‌شود مقایسه‌ی داده‌های مختلف به‌دست آمده با این روش از دقت کافی برخوردار نباشد.

اندازه‌گیری پتاسیم محلول خاک در رطوبت معادل ظرفیت مزرعه‌ای یا کم‌تر از آن یکی دیگر از روش‌هایی است که برای اندازه‌گیری پتاسیم محلول خاک به‌کار می‌رود. با اینکه غلظت پتاسیم محلول اندازه‌گیری شده با این روش در دامنه‌ی رطوبتی ذکر شده واقعی‌تر بوده و به شرایط طبیعی خاک نزدیک‌تر است اما جدا کردن محلول خاک از فاز جامد آن در این روش نیاز به استفاده از تکنیک‌ها و وسایل ویژه‌ای دارد (تکنیک‌هایی چون جایگزینی، مکش در فشار کم، بیرون راندن محلول خاک با فشار بالا و ...) که امکان استفاده‌ی گسترده‌ی آن را کم کرده است.

روش مرسوم اندازه‌گیری پتاسیم محلول: سوسپانسیون ۱:۲۵ از آب مقطر و خاک یک ساعت به وسیله‌ی شیکر رفت و برگشتی تکان داده می‌شود و سپس ۱۶ ساعت به حال خود گذاشته شده و پس از آن یک ربع دیگر تکان داده می‌شود. مخلوط حاصل سپس سانتریفوژ شده و محلول صاف حاصل با دستگاه شعله سنجی اندازه‌گیری می‌شود (اشنایدر، ۱۹۹۷).

۴-۲- استخراج پتاسیم خاک با استات آمونیوم یک مولار و خنثی

در این روش مجموع پتاسیم تبدلی و محلول در آب اندازه‌گیری می‌شود (مک لین و واتسون، ۱۹۸۵) و شاید بتوان گفت که از همه‌ی روش‌های دیگر عصاره‌گیری پتاسیم متداول‌تر است (جانستون و کراوس، ۱۹۹۸؛ نادسن و همکاران، ۱۹۹۰؛ هابی و همکاران، ۱۹۹۰). این روش دارای محدودیت‌هایی است ۱- مقدار کل پتاسیم قابل جذب گیاه را نشان نمی‌دهد. ۲- با اشکال محلول و غیرتبدلی پتاسیم در ارتباط نزدیک نیست و ۳- نتایج به‌دست آمده از آن تحت تاثیر روش نمونه‌برداری، تیمار مقدماتی و شرایط نگهداری نمونه قرار می‌گیرد (ماستخر، ۱۹۹۵؛ ایگه‌وی و راسل، ۱۹۹۳). این روش مقدار پتاسیم تبدلی را در خاک‌هایی که دارای مقادیر زیادی ورمی‌کولیت هستند بیش از مقدار واقعی نشان می‌دهد چون آمونیوم قادر است پتاسیم نگهداری شده در مناطق گوه‌ای شکل را نیز آزاد نماید (مارتین و اسپارکز، ۱۹۸۳).

سوسپانسیون ۱:۱۰ با استفاده از محلول استات آمونیوم یک مولار با pH خنثی و ۵ گرم خاک تهیه می‌شود. سوسپانسیون حاصل یک ساعت با تکان دهنده‌ی رفت و برگشتی و با سرعت ۱۷۵ دور در دقیقه تکان داده شده و ۱۶ ساعت به حال خود گذاشته می‌شود. سوسپانسیون به‌دست آمده دوباره به مدت ۱۵ دقیقه با همان سرعت قبلی تکان داده شده و سپس سانتریفوژ می‌شود. غلظت

پتاسیم در محلول زلال به‌دست آمده با دستگاه شعله سنجی اندازه‌گیری می‌شود (کیومر و بوسک، ۱۹۸۸).

روش کار عصاره‌گیری با کلرید کلسیم یک‌صدم مولار: به ۱۰ گرم خاک هوا خشک، ۱۰۰ میلی لیتر محلول یک‌صدم مولار کلرید کلسیم اضافه می‌شود و سوسپانسیون حاصل به مدت ۲ ساعت با تکان دهنده‌ی برقی رفت و برگشتی تکان داده می‌شود. سوسپانسیون به‌دست آمده سانتریفوژ شده و غلظت پتاسیم در محلول صاف حاصل از سانتریفوژ، با دستگاه شعله سنجی اندازه‌گیری می‌شود (کیومر و بوسک، ۱۹۸۸).

۴-۳- عصاره‌گیری پتاسیم با روش مورگان

۵۰ میلی‌گرم از محلول اسید استیک ۰/۵۲ مولار + استات سدیم ۰/۷۳ مولار که pH آن در ۴/۸۲ تنظیم شده به ۱۰ گرم خاک اضافه می‌شود. سوسپانسیون حاصل به مدت نیم ساعت با شیکر رفت و برگشتی تکان داده شده و سپس سوسپانسیون مذکور با کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شده و غلظت پتاسیم در محلول زلال به‌دست آمده با دستگاه شعله سنجی قرائت می‌شود (لانت و همکاران، ۱۹۵۰).

۴-۴- عصاره‌گیری پتاسیم با روش کلووانا

نسبت ۱:۱۰ از محلول عصاره‌گیری با ترکیب اسید استیک ۰/۲۵ مولار + آمونیوم فلوراید ۰/۰۱۵ مولار که pH آن در ۳/۲ تنظیم شده و ۵ گرم خاک تهیه می‌شود. سوسپانسیون حاصل پس از ۵ دقیقه تکان دادن با تکان دهنده‌ی رفت و برگشتی با کاغذ صافی صاف و غلظت پتاسیم در محلول زلال به‌دست آمده با دستگاه شعله سنجی اندازه‌گیری می‌شود (ون لیورپ، ۱۹۸۵).

۴-۵- عصاره‌گیری پتاسیم با روش تگزاس

این عصاره‌گیر دارای ترکیب استات آمونیوم ۱/۴ مولار + اسید کلریدریک یک مولار + EDTA ۰/۲۵۰ مولار است. ۱۰۰ میلی لیتر از محلول بالا که pH آن در ۴/۲ تنظیم شده به ۵ گرم خاک اضافه شده و سپس سوسپانسیون حاصل به مدت یک ساعت با تکان دهنده‌ی رفت و برگشتی تکان داده می‌شود. سپس سوسپانسیون مذکور با کاغذ واتمن ۴۲ صاف شده و غلظت پتاسیم با دستگاه شعله سنجی قرائت می‌شود (جانسون و همکاران، ۱۹۸۴).

۴-۶- عصاره‌گیری پتاسیم با روش استات منیزیم

به ۵ گرم خاک هوا خشک ۷/۵ میلی لیتر آب مقطر اضافه شده و سوسپانسیون حاصل به مدت ۴۸ ساعت در دمای ثابت ۲۷ درجه سانتی گراد قرار داده می‌شود. پس از ۴۸ ساعت ۱۰۰ میلی لیتر محلول استات منیزیم یک مولار به آن اضافه شده و نیم ساعت با استفاده از تکان دهنده‌ی رفت و برگشتی تکان داده می‌شود. پس از صاف کردن سوسپانسیون، غلظت پتاسیم در محلول صاف به دست آمده با دستگاه شعله سنجی قرائت می‌شود (ماستخر، ۱۹۹۵).

۴-۷- عصاره‌گیری پتاسیم با روش اسید سولفوریک

به ۱۰ گرم خاک هوا خشک، ۲۵ میلی لیتر آب و یک میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ (۹۶ درصد) اضافه شده و با میله‌ی شیشه‌ای هم زده می‌شود. مخلوط حاصل نیم ساعت به حال خود گذاشته شده و سپس با اسید سولفوریک یک‌دهم نرمال آنقدر شستشو می‌شود تا حجم محلول صاف شده به ۱۰۰ میلی لیتر برسد. غلظت پتاسیم در محلول حاصل با دستگاه شعله سنجی اندازه‌گیری می‌شود (نادسن و همکاران، ۱۹۹۰).

۴-۸- عصاره‌گیری پتاسیم با اسید کلریدریک ۰/۰۵ مولار

مقدار ۲۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۰/۰۵ مولار به ۵ گرم خاک هوا خشک اضافه شده و پس از ۱۰ دقیقه تکان دادن با تکان دهنده‌ی رفت و برگشتی، غلظت پتاسیم در محلول حاصل از صاف کردن سوسپانسیون مذکور با کاغذ صافی، با دستگاه شعله سنجی اندازه‌گیری می‌شود (لانکستر، ۱۹۸۰).

۴-۹- عصاره‌گیری پتاسیم با روش مهلیخ یک و سه

مهلیخ با استفاده از اسید کلریدریک و اسید سولفوریک ضمن استخراج بخشی از پتاسیم تبدالی به طور هم‌زمان توانست عناصر فسفر، کلسیم، منیزیم، سدیم، منگنز و روی را عصاره‌گیری کند. این عصاره‌گیر برای خاک‌های اولتی‌سول، اینسپیتی‌سول و اسپودوسول آمریکا به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است. مقادیر پتاسیم استخراج شده با این روش در بعضی موارد همبستگی‌های خوبی با مقادیر جذب شده پتاسیم به وسیله‌ی گیاه داشته است ولی مقادیر عصاره‌گیری شده توسط این روش به طور عمومی پایین‌تر از مقادیر استخراج شده با استات آمونیوم یک مولار خنثی است (هابی و همکاران، ۱۹۹۰). بعدها مهلیخ برای بهبود همبستگی مقدار عنصر مس عصاره‌گیری شده با مقدار مس جذب شده به وسیله‌ی گیاه و بهبود کارایی روش مهلیخ یک، عصاره‌گیر جدیدی به نام

مهلیخ سه را معرفی نمود که در این عصاره‌گیر به جای استفاده از اسید کلریدریک از اسید نیتریک استفاده نموده و در ضمن EDTA را نیز به ترکیب عصاره‌گیر قبلی افزوده است (مهلیخ، ۱۹۸۴). این روش برای بسیاری از خاک‌ها با شرایط آب و هوایی مختلف کاربرد داشته و به عنوان یک عصاره‌گیر فراگیر عمل می‌کند (هانلون و جانسون، ۱۹۸۴).

۴-۱۰- عصاره‌گیری پتاسیم با روش مهلیخ یک

در این روش سوسپانسیونی با افزودن ۵۰ میلی‌لیتر از محلول عصاره‌گیر با ترکیب اسید سولفوریک ۰/۰۲۵ مولار و اسید کلریدریک ۰/۰۵ مولار به ۱۰ گرم خاک هوا خشک تهیه می‌شود و بعد از ۵ دقیقه تکان دادن آن با تکان دهنده‌ی رفت و برگشتی، سوسپانسیون حاصل با کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شده و غلظت پتاسیم در محلول صاف به‌دست آمده با دستگاه شعله سنجی اندازه‌گیری می‌شود (مهلیخ، ۱۹۵۳).

۴-۱۱- عصاره‌گیری پتاسیم با روش مهلیخ سه

این عصاره‌گیر دارای ترکیب زیر است:

اسید نیتریک ۰/۰۱۳ مولار + آمونیوم فلوراید ۰/۰۱۵ مولار + اسید استیک ۰/۲ مولار + اسید سولفوریک ۰/۰۲۵ مولار + EDTA ۰/۰۱ مولار.

pH این عصاره‌گیر ۲ بوده و خاک و عصاره‌گیر با نسبت ۱ به ۱۰ (۱۰ گرم خاک + ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول عصاره‌گیری) مخلوط شده و ۵ دقیقه با تکان دهنده‌ی رفت و برگشتی تکان داده می‌شود. سوسپانسیون حاصل با کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شده و غلظت پتاسیم در محلول صاف به دست آمده با دستگاه شعله سنجی اندازه‌گیری می‌شود (مهلیخ، ۱۹۸۴).

۴-۱۲- استخراج پتاسیم با اسیدنیتریک یک مولار جوشان

یکی از سریع‌ترین و آسان‌ترین روش‌های مطالعه دینامیک آزاد سازی پتاسیم غیرقابل تبادل خاک است (اسپارکز، ۱۹۸۷؛ اکپت، ۱۹۷۲). پتاسیم غیرقابل تبادل در این روش از اختلاف بین مقدار پتاسیم استخراج شده به وسیله‌ی اسید نیتریک جوشان و پتاسیم تبدالی که با روش استات آمونیوم استخراج شده است، محاسبه می‌شود (مک لین و واتسون، ۱۹۸۵). پتاسیم ساختمانی را نیز می‌توان از اختلاف بین پتاسیم کل و مقدار پتاسیم استخراج شده با این روش به‌دست آورد. مقدار پتاسیم استخراج شده با این روش با مقدار پتاسیم به کندی قابل استفاده در ارتباط است و گاهی

همبستگی‌های خوبی نیز بین آن و جذب پتاسیم به وسیله‌ی گیاه گزارش شده است (راماناتان، ۱۹۷۸).

مشکل اساسی این روش و روش‌های دیگری که در آن‌ها از اسیدهای قوی استفاده می‌شود امکان تخریب شکل‌های مینرالی پتاسیم می‌باشد (مارتین و اسپارکز، ۱۹۸۳). مقدار پتاسیم غیرتبادلی که با استفاده از این روش اندازه‌گیری می‌شود با افزایش مقدار رس خاک (بوروا، ۱۹۹۰) و با کاهش درجه‌ی هودیدگی خاک افزایش می‌یابد (مک لین و واتسون، ۱۹۸۵). خطرات استفاده از اسید به طور عمده پذیرش این روش را به عنوان یک تست معمول آزمایشگاهی محدود کرده است (هابی و همکاران، ۱۹۹۰).

روی ۱۰ گرم خاک، ۲۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک یک نرمال ریخته و بلافاصله در یک حمام روغن قرار داده می‌شود. از زمانی که دمای سوسپانسیون به ۱۱۳ درجه‌ی سانتی‌گراد رسید، ۲۵ دقیقه در حمام روغن باقی گذاشته می‌شود. سوسپانسیون مذکور پس از ۴ بار شستشو با ۱۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۰/۱ نرمال و بعد از سرد شدن به حجم رسانده می‌شود و غلظت پتاسیم در آن به وسیله‌ی دستگاه شعله سنجی اندازه‌گیری می‌شود (نادسن و همکاران، ۱۹۹۰).

۴-۱۳- استخراج پتاسیم با سدیم تترافنیل بران

سدیم تترافنیل بران از عصاره‌گیرهایی است که برای استخراج پتاسیم بین لایه‌ای به کار می‌رود (ماستخر، ۱۹۹۵). سدیم تترافنیل بران پتاسیم را در محلول آبی به صورت پتاسیم تترافنیل بران رسوب می‌دهد و در اثر رسوب پتاسیم، غلظت پتاسیم محلول کاهش می‌یابد و تعادل بین پتاسیم محلول، پتاسیم تبادلی و پتاسیم بین لایه‌ای به هم می‌خورد و این مسئله باعث آزاد شدن پتاسیم تبادلی و پتاسیم بین لایه‌ای شده و به طور کلی تعادل به سمت پتاسیم محلول خاک پیش می‌رود. هرچه غلظت سدیم تترافنیل بران بیش‌تر باشد قدرت عصاره‌گیری آن نیز بیش‌تر می‌شود. حسن بزرگ این روش این است که می‌تواند باعث وقوع فرآیندهایی شود که شبیه به جذب پتاسیم توسط گیاه می‌باشد. از معایب این روش نیاز آن به وقت و مواد شیمیایی زیاد است (ماستخر، ۱۹۹۵).

به یک گرم خاک ۲۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۲ مولار سدیم تترافنیل بران و کلرید سدیم نرمال اضافه شده و سوسپانسیون حاصل یک ساعت روی تکان‌دهنده‌ی رفت و برگشتی تکان داده می‌شود. سوسپانسیون مذکور به ظرف حاوی ۲۰۰ سانتی متر مکعب کلرید آمونیوم یک مولار و کلرید جیوه ۰/۰۴ مولار ریخته شده و مخلوط حاصل بعد از ۲۰ دقیقه جوشانیدن با کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شده و سپس به داخل ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری منتقل شده و به حجم رسانده می‌شود. غلظت پتاسیم در محلول حاصل با دستگاه شعله سنجی اندازه‌گیری می‌شود (ماستخر، ۱۹۹۵).

۴-۱۴- عصاره‌گیری پتاسیم با EUF

استخراج پتاسیم از خاک با EUF نیز یکی از روش‌های ارزیابی وضعیت پتاسیم خاک‌ها می‌باشد (نمت، ۱۹۷۹-۱۹۸۵) که بیش‌تر در کشورهای اروپایی به‌خصوص آلمان و اتریش در سطح وسیعی استفاده می‌شود (مک لین و واتسن، ۱۹۸۵). این روش به تازگی در ارزیابی وضعیت پتاسیم خاک‌های شالیزاری نیز متداول شده است. در این روش سوسپانسیون خاک و آب تهیه می‌شود و داخل ظرفی که دو طرف آن فیلترهای غشایی وجود دارد و پشت آن‌ها نیز الکترودهای پلاتینی است، قرار می‌گیرد.

روی الکترودها یک اختلاف پتانسیل ۲۰۰ ولتی در ۳۰ دقیقه‌ی اول و یک اختلاف پتانسیل ۴۰۰ ولتی در ۵ دقیقه‌ی بعدی اعمال می‌شود و در نتیجه کاتیون‌ها به‌سوی کاتد و آنیون‌ها به طرف آند مهاجرت می‌کنند. آنیون‌ها و کاتیون‌ها پس از عبور از فیلترها جمع‌آوری شده و اندازه‌گیری می‌شوند. در مورد پتاسیم اولین بخش (۲۰۰ ولت، ۳۰ دقیقه) پتاسیم به آسانی قابل تبادل و محلول در آب را برآورد می‌کند. در بخش اول اگر ۵ دقیقه ولتاژ ۵۰ ولت را روی سوسپانسیون خاک اعمال کنیم می‌توانیم پتاسیم محلول در آب را تعیین کنیم (ددا و میکلسن، ۱۹۸۵). دومین بخش (۴۰۰ ولت از دقیقه ۳۰ تا ۳۵) شامل قسمتی از پتاسیم به‌سختی قابل تبادل می‌باشد. مقایسه‌ی روش EUF و روش استات آمونیم یک مولارخنشی در خاک‌های شالیزاری نشان داد که در تمام خاک‌ها همبستگی معنی‌دار و بالایی بین پتاسیم استخراج‌شده با EUF و عملکرد نسبی وجود داشته است درحالی‌که این همبستگی برای روش استات آمونیم به مقدار قابل ملاحظه‌ای پایین‌تر بوده است (واناشوری، ۱۹۸۱).

۵- همبستگی روش‌های عصاره‌گیری پتاسیم با غلظت و جذب پتاسیم توسط گیاه برنج

نتایج آزمایش‌های انجام شده در آسام هندوستان نشان داد که پتاسیم عصاره‌گیری شده با کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار، استات آمونیوم یک مولار خنشی، کلرید کلسیم ۰/۰۲۵ مولار و اسید کلریدریک ۰/۵ نرمال با عملکرد دانه، وزن خشک گیاه و پتاسیم جذب شده به وسیله‌ی برنج همبستگی معنی‌داری داشته است (نات و پورکایش، ۱۹۸۸). کاوسی (۱۳۷۸) نیز همبستگی معنی‌داری بین روش‌های تگزاس، مورگان، کلوانا، استات منیزیم، اسید سولفوریک و کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار با غلظت و جذب پتاسیم به وسیله‌ی گیاه برنج گزارش نمود.

این محققان بالاترین همبستگی را بین پتاسیم استخراج شده با استات منیزیم، اسید سولفوریک و سپس کلرید کلسیم با غلظت و جذب پتاسیم به وسیله‌ی گیاه برنج گزارش نمودند. کاوسی و کلباسی (۱۳۷۸) نیز همبستگی پتاسیم استخراج شده با روش استات آمونیوم یک مولار

خنثی را با غلظت و مقدار جذب پتاسیم توسط گیاه برنج رقم خزر به ترتیب $0/61^{**}$ و $0/65^{**}$ گزارش نمودند. شکری واحد (۱۳۸۱) نیز همبستگی معنی داری بین پتاسیم استخراج شده با استات آمونیوم یک مولار و جذب پتاسیم توسط برنج رقم خزر ($r = 0/73^{**}$) گزارش کرده است.

منابع

- اوستان، ش (۱۳۷۳). بررسی تخلیه پتاسیم از خاکهای شالیزاری شمال کشور. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- توفیقی، حسن (۱۳۷۸). بررسی پاسخ برنج به کود پتاسیم در خاک‌های شالیزاری شمال ایران. مجله علوم کشاورزی ایران. ۹(۴). ۸۶۹-۸۸۲.
- دوات‌گر، ناصر (۱۳۸۲). گزارش نهایی بررسی وضعیت پتاسیم در شالیزارهای گیلان. تهران: سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، شماره ۱۱۲۴/۸۲.
- شکری واحد، حسن (۱۳۸۱). بررسی عصاره‌گیرهای مختلف جهت مطالعه پتاسیم قابل دسترس گیاه برنج و رقم خزر. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، تهران.
- کاوسی، مسعود (۱۳۷۸). مطالعه عوامل موثر در جذب پتاسیم از خاک توسط گیاه برنج و تعیین عصاره‌گیر مناسب برای پتاسیم در برخی از شالیزارهای گیلان. رساله دکتری خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، اصفهان.
- کاوسی، مسعود (۱۳۸۰). گزارش نهایی بررسی وضعیت تثبیت پتاسیم در شالیزارهای گیلان. تهران: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شماره ۲۷۷/۸۰.
- کاوسی، مسعود و کلباسی، م (۱۳۷۸). تعیین حد بحرانی پتاسیم با عصاره‌گیر استات آمونیوم در شالیزارهای گیلان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰(۳). ۱۱۳-۱۲۳.
- ملکوتی، محمدجعفر. و کاوسی، مسعود (۱۳۸۳). تغذیه متعادل برنج. انتشارات سنا. ۶۰۵ صفحه.

- Alias, B. H., A. T. B. Black, and A. G. Caldwell. (1986). Plant response to potassium related to soil tests for potassium fractions in 30 soils for Louisiana. Plant soil. 96:57-67.
- Akhtar, s. (1993). Potassium availability as affected by soil mineralogy. P. 139-155 In: Mengel, K., and A. Krauss (eds.) K availability of soils in west Asia and north Africa- Status and perspectives. Proc. Regional symos. Held in Tehran, Iran.
- Aighewi, I.T., and M.P. Russalle. (1993). Development and validation of equations to predict index of subsoil potassium supply capability. Soil Sci. 155: 349-356.
- Andrew, N., and N. Sharpley. (1990). Reaction of fertilizer potassium in soils of different mineralogy. Soil sci. 149(1): 45-51.
- Basilio, P.R., and G.O. San Valentin. (1990). Potassium quantity-intensity relationship in some lowland rice soils in Luzon. Philipp. Agric. 73:27-33.
- Bertsh, P.M., and G.W. Thomas. (1985). Potassium status of temperate region soils. P. 131-162 In: Munson, R.D. (ed.) Potassium in agriculture. SSSA. Madison, WI.
- Boruah, H.C. (1990). Potassium release characteristics of three major soil orders of Assam. J. Potassium Res. 6: 139-143.
- De Datta, S.K., and D.S. Mikkelsen. (1985). Potassium nutrition of rice. P.665-701 In: Munson, R.D. (ed.) Potassium in agriculture. SSSA. Madison, WI.

- Doll, E.C., and R.E. Lucas. (1973). Testing soil for potassium, calcium and magnesium. P. - In: Walsh, L.M., and J.D. Beaton (eds.) Soil testing and plant analysis. SSSA. Madison, WI.
- Ekepete, D.M. (1972). Comparison of methods of available potassium assessment for Eastern Nigeria soils. Soil Sci. 113: 213-221.
- Fanning, D.S., V.Z. Keramidas, and M.A. El Desoky. (1989). Mica.P.551-634 In: Dixon, J.B., and S.B. Weed (eds.) Mineral in soil environment. SSSA. Madison, WI.
- Gething, P.A.1990. Potash facts. Int. Potash Inst. Bern, Switzerland.
- Haby, V.A., M.P. Russele, and E.O. Skogley. (1990). Testing soils for potassium, calcium, and magnesium. P.181-277In: Soil testing and plant analysis. SSSA book series.3.Madison, WI.
- Hanlon, E.A., and G.V. Johnson. (1984). Bray/Kurtz, Mehlich III, AB/D and ammonium acetate extractions of P, K, and Mg in four Oklahoma soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 15: 277-294.
- Helfferich, F. (1962). Ion exchange. Mc Graw-Hill Book Co. New York.
- Houba, N.J.G., L. Novazamsky, and J.J. Vander Lee. (1986). Comparison of soil extractions by 0.01 M CaCl_2 , by EUF and by some conventional extraction procedures. Plant Soils. 96: 433-437.
- Huang, P.M. (1977). Feldspars, olivines, pyroxines, and amphiboles. P.553-602 In: Dixon, J.B., and S.B. Weed (eds.) Minerals in soil environments. Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI.
- Jackson, M.L. (1964). Chemical composition of soils.P.71-141In: Bear, F.E. (ed.) Chemistry of the soil. Van Nostrand Rrmhold Co. New York.
- Johnston, A.E., and A.Krauss. (1998). Is exchangeable K a sufficient guide for K recommendations? Proceed. 18 World Soil Sci. Cong.Paris, French.
- Johnson, G.V., R.A. Isaac, S.J. Donohue, M.R. Tucker, and J. Woodruff. (1984). Procedures used by state soil testing laboratories in the southern region of the United States. Agric. Exp. Stn. Southern Coop. Series Bull. 190. Oklahoma State Univ.
- Jones, U.S., J.C. Katyal, C.P. Mamaril, and C.S.Park. (1982). Wetland rice-nutrient deficiencies other than nitrogen. P.327-378 In: Rice research strategies for the future. Int. Rice Res. Inst. Manila, Philippines.
- Knudsen, D., G.A. Peterson, and P.F. Pratt. (1990). Lithium, Sodium, and potassium.P.225-246 In: Page et al (eds.) Methods of soil analysis.Part 2.SSSA. Madison, WI.
- Lancaster, J.D. (1980). Mississippi soil test methods and interpretation. Mississippi Agric. Exp. Stn. Mimeo.
- Lunt, H.A., C.L.W. Swanson, and H.G.M. Jacobson. (1950). The morgan soil testing system. Connecticut Agric. Exp. Stn. Bull. 548.
- Martin, H.W., and D.L. Sparks. (1985). On the behavior of nonexchangeable potassium in soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 16: 133-162.
- Mc Lean, E.O., and M.E. Watson. (1985). Soil measurements of plant-available potassium. P.277-308 In: Munson, R.D. (ed.) Potassium in agriculture. SSSA. Madison, WI.
- Mehlich, A. (1953). Determination of P, K, Na, Ca, Mg, and NH_4 . Soil test Div. Mimeo. North Carolina. dep. Agric. Raleigh.
- Mehlich, A. (1984). Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 15: 1409-1416.

- Mengel, K. (1993). Potassium status of soils, assessment and utilization. P. 21-37 In: Mengel, K. and A. Krauss (eds.) K availability of soils in west Asia and North Africa. Status and perspectives. Proc. Regional sym. held in Tehran, Iran.
- Mengel, K., and L.C.Von Branschweig. (1972). The effect of soil moisture upon the availability of potassium and its influence on the growth of maize plants (*Zea Mays L.*). Soil Sci. 134:142-148.
- Mengel, K., and E.A. Kirkby. (1980). Potassium in crop production. Adv. Agron. 33: 59-110.
- Meyer, D., and A. Jungk. (1993). A new approach to quantify the utilization of non-exchangeable soil potassium by plants. Plant soil. 149: 235-243.
- Mustscher, H. (1995). Measurement and assessment of soil potassium. Int. potash Inst. Res. Topic.4.
- Nath, A.K., and S. Purkaystha. (1988), A study on soil test and crop response in respect of potassium in acid alluvial soils of Assam. J. Indian Soil Sci. Soc. 36(1): 120-124.
- Nemeth, K. (1979). The availability of nutrients in the soil as determined by electro-ultrafiltration (EUF). Adv. Agron. 31: 155-158.
- Nemeth, K. (1985). Recent advances in EUF research (1980-1983). Plant Soil. 83: 1-9.
- Patrick, W.H., and D.S. Mikkelsen. (1971). "Plant behavior in flooded soil". P 187-215 In: Olson, R.A (ed.) fertilizer technology and use. SSSA. Madison, WI. USA.
- Quemener, J., and M. Bosc. (1988). Qouted in Schneider, A. A release and fixation of potassium by a loamy soil as affected by initial water content and potassium status of soil samples. European J. Soil Sci. 1977. 48: 263-271.
- Rahmatullah, S.m., and K. Mengel. (1993). Potassium uptake by plants as affected by soil conditions. P. 167-178 In: Mengel, K. and A. Krauss (eds.) K availability of soils in west Asia and North Africa. Status and perspectives. Proc. Regional sym. held in Tehran, Iran.
- Ramanathan, K.M. (1978). An evaluation of potassium availability indices of some soils of south India. Indian Soc.Soil Sci.26: 128-202.
- Schneider, A. (1997). Release and fixation of potassium by a loamy soil as affected by initial water content and potassium status of soil samples. Europ. J. Soil Sci. 48:263-271.
- Shaviv, A., M. Mohsin, P. F. Pratt, and S. V. Mattigod. (1985). Potassium characteristics of five southern California soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 1105-1109.
- Sparks, D.L. (1980). Chemistry of soil potassium in Atlantic coastal plain soils: A review. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 11: 435-449.
- Sparks, D.L. (1987). Potassium dynamics in soils. Adv. Soil Sci.6: 124-138.
- Sparks, D.L., and P.M. Huang. (1985). Physical chemistry of soil potassium. P. 201-276 In: Munson, R.D. (ed.) Potassium in agriculture. SSSA. Madison, WI.
- Tisdal, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton, and J.L.Halvin. (1993). Soil fertility and fertilizers. Macmillan Pub.634p.
- Van Lierop, W. (1985). Comparison of laboratory methods for evaluating plant-available soil phosphorus. In: the role of soil analysis in resource management. Proc. 9th British Columbia soil workshop. B. C. Ministry of Environment, Vancouver.
- Wanasuria, S., S.K. De Datta, and K. Mengel. (1981). Rice yield in relation to electro ultrafiltration extractable soil potassium. Plant Soil. 59: 23-31.

لیست نشریه‌های موسسه‌ی تحقیقات برنج کشور

شماره‌ی نشریه	عنوان	نویسنده (گان)	سال	قیمت (تومان)
۱	روش‌های آزمایشگاهی اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی دانه‌ی برنج	فاطمه حبیبی	۱۳۹۲	۱۰۰۰
۲	کرم ساقه‌خوار نواری برنج (شناسایی، زیست‌شناسی، خسارت و کنترل)	فرزاد مجیدی	۱۳۹۲	۱۵۰۰
۳	بیماری سوختگی باکتریایی برگ برنج	مریم خشکدامن	۱۳۹۲	۱۰۰۰
۴	مراحل فنولوژی برنج	مجید نحوی و مهرزاد اله‌قلی‌پور	۱۳۹۳	۲۰۰۰
۵	خصوصیات برخی از ارقام محلی برنج در شرایط استان گیلان	مهرزاد اله‌قلی‌پور و محمدصالح محمدصالحی	۱۳۹۳	۱۵۰۰
۶	اصلاح روش اندازه‌گیری میزان آمیلوز در دانه‌ی برنج بر اساس روش ایزو ۶۶۴۷	فاطمه حبیبی و همکاران	۱۳۹۳	۱۵۰۰
۷	بیماری سیاهک دروغی برنج	فریدون پاداشت و سمیه داریوش	۱۳۹۳	۲۰۰۰
۸	معرفی‌نامه‌ی موسسه تحقیقات برنج کشور	فرامرزی علی‌نیا، مهدی جلائیان، آتوسا فرحپور	۱۳۹۳	---
۹	پروانه‌ی تک نقطه‌ای برنج و روش‌های کنترل آن	فرزاد مجیدی	۱۳۹۳	۲۰۰۰
۱۰	راهنمای استفاده از تراکتور دو چرخ و خاک همزن	علیرضا علامه	۱۳۹۳	۲۰۰۰
۱۱	راهنمای ارزیابی مزارع برنج خسارت دیده	ناصر دوات‌گر و شهریار بابازاده	۱۳۹۴	۳۰۰۰
۱۲	زهرابه‌های قارچی در برنج	فریدون پاداشت و همکاران	۱۳۹۴	۳۰۰۰
۱۳	اهمیت تغذیه برگی عناصر کم مصرف در کشت برنج	حسن شکری‌واحد	۱۳۹۴	۳۰۰۰
۱۴	بومی‌سازی توسعه سریع نسل (RGA) در گیاه برنج	محسن قدسی و همکاران	۱۳۹۵	۳۰۰۰
۱۵	تبدیل کاه و کلش برنج به کمپوست و موارد استفاده از آن	تیمور رضوی‌پور و شهریار بابازاده	۱۳۹۵	۳۰۰۰

شماره‌ی نشریه	عنوان	نویسنده (گان)	سال	قیمت (تومان)
۱۶	کلکسیون قارچ‌های برنج ایران	فریدون پاداشت و سمیه داریوش	۱۳۹۵	۳۰۰۰
۱۷	پتاسیم در خاک و روش‌های عصاره‌گیری آن در خاک‌های شالیزاری	مسعود کاوسی	۱۳۹۵	۳۰۰۰

علاقه‌مندان به خرید نشریه می‌توانند به آدرس موسسه‌ی تحقیقات برنج کشور مکاتبه نموده یا با مسئول کتابخانه‌ی موسسه تماس حاصل فرمایند. شماره‌ی تماس: تلفن: ۰۱۳-۳۳۶۹۰۰۵۲ داخلی ۲۲۳؛
دورنگار: ۰۱۳-۳۳۶۹۰۰۵۱