مقایسه روشهای عصاره‌گیری پتاسیم خاک برای تعیین سطح بحرانی پتاسیم برای برنج در تعدادی از خاکهای شالیزاری استان گیلان

مسعود کاوسی* و محمود کلباسی**

چکیده

استان گیلان از عمده‌ترین مناطق تولید برنج در سطح کشور است که استفاده از ارقام پر محصول برنج در آن هر روز رونق بیشتری می‌یابد. با این وجود مطالعات اندکی در مورد وضعیت پتاسیم در مزارع برنج آن صورت گرفته و حتی تاکنون عصاره گیر مناسبی برای استخراج پتاسیم قابل جذب معرفی نگردیده است. لذا این تحقیق با هدف ارزیابی ۱۵ روش عصاره‌گیری به منظور تعیین عصاره گیر یا عصاره‌گیرهای مناسب جهت تعیین پتاسیم قابل دسترسی خاک و سطح بحرانی پتاسیم برای برنج رقم سپیدرود در تعدادی از خاکهای استان گیلان به اجرا درآمد. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت فاکتوریل شامل ۲۳ نمونه خاک و دو سطح صفر و ۳۰۰ میلیگرم پتاسیم در کیلوگرم خاک انجام گرفت.

نتایج نشان داد که استفاده از کود پتاسیم در اکثر خاکها باعث افزایش عملکرد دانه، کاه و غلظت پتاسیم در گیاه و نیز افزایش جذب پتاسیم توسط گیاه شده است. بررسی روابط همبستگی گویای این حقیقت بود که روشهای عصاره‌گیری با استات منیزیوم، اسید سولفوریک، مورگان و کلرید کلسیم یک صدم مولار همبستگی بالایی با غلظت پتاسیم در کاه (به ترتیب ۰/۸۳، ۰/۷۸، ۰/۸ و ۰/۷۸) و غلظت پتاسیم در کل گیاه (به ترتیب ۰/۷۹، ۰/۷۶، ۰/۷۵ و ۰/۷۳) داشته است. همچنین ضریب همبستگی بین روشهای مذکور و مقدار جذب پتاسیم توسط کاه برنج (به ترتیب ۰/۸۳، ۰/۸۲، ۰/۷۸ و ۰/۷۶) و پتاسیم جذب شده توسط کل گیاه (به ترتیب ۰/۷۹، ۰/۸۳، ۰/۷۴ و ۰/۷۱) نیز بالا بوده که نشان می‌دهد این روشها مناسب می‌باشند. سطح بحرانی پتاسیم در روشهای مختلف عصاره‌گیری متفاوت بود. سطح بحرانی پتاسیم برای ۹۰ درصد عملکرد نسبی دانه با روش استات منیزیوم ۳۸، روش مورگان ۷۴، روش کلووانا ۷۲، روش تگزاس ۱۶۰، اسید سولفوریک ۱۱۱، روش کلرید کلسیم یک صدم مولار ۳۶، روش استات آمونیوم بدون غرقاب ۱۱۲ و رش استات آمونیوم پس از دو هفته غرقاب ۱۰۰ میلیگرم در کیلوگرم خاک بود. تقریباً ۷۵ درصد خاکها از نظر پتاسیم قابل استفاده برای گیاه پایین‌تر از سطح بحرانی بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی - *پتاسیم قابل دسترسی، روشهای عصاره‌گیری پتاسیم، برنج رقم سپید رود، سطح بحرانی پتاسیم*

*- دانشجوی دکترای خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

**- استاد خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.4.6.3]

مقدمه

امروزه با معرفی ارقام جدید و پر محصول، فرصت مناسبی برای افزایش تولید برنج، با استفاده از مقادیر مناسب کودهای معدنی به وجود آمده است. یکی از کودهای معدنی که نقش بسزایی در رشد، عملکرد و ارتقای کیفیت برنج ایفا می‌کند، کودهای پتاسیمی است. به منظور ارائه توصیه کودی مناسب برای هر عنصر غذایی از جمله پتاسیم، انجام برنامه آزمون خاک امری ضروری است. در برنامه آزمون خاک برای یک عنصر غذایی، انتخاب عصاره گیر و آزمایشهای تعیین همبستگی بین مقدار عنصر غذایی عصاره‌گیری شده از خاک و مقدار جذب شده توسط گیاه از اولویت ویژه‌ای برخوردار است (۵).

استان گیلان از عمده‌ترین استانهای تولید کننده برنج در سطح کشور است که استفاده از ارقام پرمحصول برنج در آن هر روز رونق بیشتری می‌یابد. اما تاکنون مطالعات اندکی در باره وضعیت پتاسیم در اراضی این استان صورت گرفته و تاکنون عصاره گیر مناسبی برای استخراج پتاسیم قابل استفاده در این اراضی معرفی نگردیده است و توصیه کودی مناسبی هم برای این عنصر در اراضی مذکور وجود ندارد.

طیف گسترده‌ای از عصاره گیرها برای تعیین پتاسیم قابل استفاده گیاه به کار رفته که احتمالاً از همه متداول‌تر روش استات آمونیوم مولار خنثی است (۱۱ و ۱۶). در این روش مجموع پتاسیم تبادلی و محلول و مقداری از پتاسیم غیر تبادلی استخراج می‌شود (۲۱). بعضی از محققین رابطه خوبی بین پتاسیم قابل استخراج به وسیله استات آمونیوم و جذب آن توسط گیاه به دست آورده‌اند (۱۸). برای خاکهایی که حاوی مقادیر زیادی رسهای اسمکتیت، کائولینیت و مواد آلی هستند و در عین حال مقدار ایلیت یا دیگر کانیهای میکایی در آنها کم است، رابطه ذکر شده قوی‌تر می‌باشد (۱۸).

یکی از سریع‌ترین روشها جهت مطالعه دینامیک آزاد سازی پتاسیم غیر تبادلی خاک، استفاده از اسید نیتریک مولار جوشان است (۲۹). مقدار پتاسیم عصاره‌گیری شده با این روش با مقدار پتاسیم به کندی قابل استفاده در ارتباط می‌باشد (۱۳) و همبستگیهای خوبی نیز بین آن و جذب پتاسیم توسط گیاه مشاهده شده (۳)، در عین حال همبستگیهای ضعیف نیز گزارش گردیده است (۲۷).

سدیم تترافنیل بران از عصاره گیرهایی است که برای استخراج پتاسیم بین لایه‌ای به کار می‌رود (۲۴). این نمک پتاسیم محلول را به صورت پتاسیم تترافنیل بران رسوب می‌دهد. در نتیجه فعالیت پتاسیم محلول کاهش یافته، تعادل پتاسیم محلول با پتاسیم جذب سطحی شده و پتاسیم بین لایه‌ای به هم می‌خورد. پیامد این وضعیت آزاد شدن سریع‌تر پتاسیم از مکانهای تبادلی و بین لایه‌ای بوده و تعادل به سمت پتاسیم محلول پیش می‌رود. بدین ترتیب پتاسیم بین لایه‌ای استخراج می‌شود. از معایب این روش نیاز به مواد شیمیایی و صرف وقت زیاد است (۲۴).

استفاده از کلرید کلسیم یک صدم مولار، روشهای مورگان، مهلیخ یک و سه، تگزاس، کلووانا[1]، اسید کلریدریک، اسید سولفوریک و غیره نیز از دیگر روشهایی است که برای عصاره‌گیری اشکال مختلف پتاسیم و برآورد قابلیت جذب این عنصر کاربرد دارد.

نتایج تحقیقات در نقاط مختلف دنیا برای تعیین عصاره گیر مناسب برای پتاسیم بسیار متفاوت بوده است. تامهن و سوبیا (۳۲) استفاده از اسید استیک، استات سدیم مورگان، استات آمونیوم، اسید نیتریک نرمال و درصد اشباع پتاسیم را برای تعیین پتاسیم قابل جذب برای برنج، در آزمایشهای گلدانی و مزرعه‌ای به کار بردند و اعلام نمودند که پتاسیم عصاره‌گیری شده با این روشها و پاسخ گیاه برنج از همبستگی خوبی برخوردار نیست. نتایج مشابهی در هندوستان گزارش شده است (۶). در آزمایش دیگری که در هندوستان و با استفاده از ۱۱ عصاره گیر انجام گرفت استات آمونیوم بالاترین همبستگی را با عملکرد نسبی نشان داد و سطح بحرانی با این عصاره گیر ۱۶۰ میلیگرم در کیلوگرم برآورد گردید (۲).

1. Kelowana

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.4.6.3]

نتایج آزمایشهای انجام شده در آسام هندوستان نشان داد که پتاسیم عصاره‌گیری شده با کلرید کلسیم یک صدم مولار، استات آمونیوم مولار خنثی، کلرید کلسیم ۰/۰۲۵ مولار و اسید کلریدریک نیم نرمال، با عملکرد دانه، وزن خشک گیاه و پتاسیم جذب شده به وسیله برنج همبستگی معنی داری داشته است (۲۵). در آزمایشهایی که از سال ۱۹۶۰ تا ۱۹۶۸ در تایوان انجام گرفت روشهای مهلیخ یک و استات آمونیوم مولار خنثی برای بعضی از خاکهای شالیزاری همبستگی خوبی نشان داده‌اند (۳).

در تحقیقاتی که در فیلیپین صورت گرفت، ضرایب همبستگی پتاسیم عصاره‌گیری شده به وسیله محلولهای استات آمونیوم، استات سدیم، اسید سولفوریک سرد و اسید سولفوریک داغ با پاسخ برنج به پتاسیم خاک به ترتیب ۰/۰۳۹، ۰/۲۲۱، ۰/۳۱۷ و ۰/۵۰۲ بوده، که نشان می‌دهد پتاسیم غیر تبادلی شاخص بهتری برای توصیه کودی در این شالیزارها بوده است (۴).

این تحقیق با انگیزه تعیین عصاره گیر مناسب برای ارزیابی پتاسیم قابل استفاده خاک و نیز برآورد سطح بحرانی پتاسیم برای برنج رقم سپید رود در خاکهای اراضی گیلان، در یک آزمایش گلدانی به اجرا درآمد.

مواد و روشها

به منظور تعیین عصاره‌گیر یا عصاره‌گیرهای مناسب برای پتاسیم قابل جذب و نیز سطح بحرانی پتاسیم برای برنج رقم سپیدرود، یک آزمایش گلدانی با ۲۳ نمونه خاک از شالیزارهای مختلف استان گیلان که از نظر درصد رس، مواد آلی و پتاسیم قابل عصاره‌گیری با استات آمونیوم یک مولار خنثی متفاوت بودند، در موسسه تحقیقات برنج کشور صورت گرفت.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در ۲۳ نمونه خاک با دو سطح پتاسیم (صفر و ۳۰۰ میلیگرم پتاسیم در کیلوگرم خاک به صورت کلرید پتاسیم) و در سه تکرار در مزرعه انجام گردید.

مقادیر کافی خاک از شالیزارهای مذکور تهیه و پس از هوا خشک و الک شدن، ۱۱ کیلوگرم از آن به گلدانهای پلاستیکی با قطر دهانه ۳۰ و عمق ۳۷ سانتیمتر و گنجایش حدود ۱۷ کیلوگرم خاک، ریخته شد. ضمناً مقدار کافی خاک از هر نمونه جهت تجزیه‌های شیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از گلخراب نمودن خاک گلدانها و قرار دادن کف گلدانها در عمق ۳۰ سانتیمتری خاک شالیزار، نیتروژن به صورت اوره و فسفر به صورت سوپر فسفات تریبل به مقدار مورد نیاز برای هر خاک تعیین و همراه پتاسیم با خاک گلدانها به خوبی مخلوط شد. مقدار این عناصر برای هر خاک براساس اندازه‌گیری آنها در خاک و غلظتهای بحرانی پیشنهاد شده برای منطقه و با در نظر گرفتن بازده ۵۰ درصد برای اوره و ۲۰ درصد برای سوپر فسفات تریبل معین گردید. سپس تعداد ۳ نخ نشای برنج رقم سپید رود در مرکز هر گلدان کاشته شد و قسمت باقی مانده مزرعه نیز به طور همزمان با رقم مذکور نشاکاری گردید. کلیه عملیات داشت طبق روشهای مرسوم در موسسه تحقیقات برنج کشور و به صورت یکنواخت برروی تمام گلدانها اعمال و عمق آب ایستایی در گلدانها تا ۱۰ روز قبل از برداشت بین ۵-۲ سانتیمتری سطح خاک کنترل گردید.

در زمان رسیدن، بوته‌ها از اولین گره بالای سطح خاک برداشت و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک گردیدند. سپس وزن خشک دانه و کاه و کلش به طور جداگانه تعیین شد. دانه و کاه و کلش هر گلدان پس از آسیاب و الک شدن جهت تعیین غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم مورد تجزیه قرار گرفتند.

عصاره‌گیری از نمونه‌های خاک با روشهای زیر صورت گرفت: استات آمونیوم مولار خنثی برروی ۵گرم خاک خشک و با نسبت ۱:۱۰ (۱۶)،استات آمونیوم مولار خنثی پس از دو هفته غرقاب نمودن خاک، اسید نیتریک مولار جوشان برروی ۱۰ گرم خاک با نسبت ۱:۲/۵ و قرار دادن در دمای ۱۱۳ درجه سانتیگراد به مدت ۲۵ دقیقه (۱۶)، عصاره‌گیری با سدیم ترا فنیل بران ۰/۰۲ مولار برروی یک گرم خاک با نسبت ۱:۲ و انحلال پتاسیم تترافنیل بران با استفاده از کلرید جیوه و کلرید

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.4.6.3]

آمونیوم (۲۴)، مهلیخ یک برروی ۱۰ گرم خاک خشک با نسبت ۱:۵ و ۵ دقیقه تکان دادن (۲۲)، مهلیخ سه برروی ۱۰ گرم خاک با نسبت ۱:۱۰ در pH = ۵ و ۵ دقیقه تکان دادن (۲۳)، اسید کلریدریک ۰/۰۵ مولار برروی ۲۰ گرم خاک با نسبت ۱:۱ و ۱۰ دقیقه تکان دادن (۱۹)، اسید سولفوریک برروی ۱۰ گرم خاک و یک سانتیمتر مکعب اسید سولفوریک غلیظ و شستشو با اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال (۱۶)، کلرید کلسیم یک صدم مولار برروی ۱۰ گرم خاک با نسبت ۱:۱۰ و دو ساعت تکان دادن (۱۲)، مورگان با استفاده از اسید استیک ۰/۵۲ مولار و استات سدیم ۰/۷۳ مولار در pH = ۴/۸۲ برروی ۱۰ گرم خاک با نسبت ۱:۵ و ۳۰ دقیقه تکان دادن (۲۰)، روش تگزاس با استفاده از استات آمونیوم ۱/۴ مولار + اسیدکلریدریک مولار + EDTA ۰/۰۲۵ مولار در pH = ۴/۲ برروی ۵ گرم خاک با نسبت ۱:۲۰ و یک ساعت تکان دادن (۱۴)، روش کلووانا با استفاده از اسید استیک ۰/۲۵ مولار و آمونیوم فلوراید ۰/۰۱۵ مولار در pH = ۳/۲ برروی ۵ گرم خاک با نسبت ۱:۱۰ و ۵ دقیقه تکان دادن (۳۴)، عصاره‌گیری با آب با نسبت ۱:۲۵ و یک ساعت تکان دادن و ۱۶ ساعت قرار دادن در دمای ۲۷ درجه سانتیگراد و سپس ۱۵ دقیقه تکان دادن و بعد سانتریفوژ نمودن و تعیین غلظت پتاسیم (۲۸)، عصاره‌گیری با آب طبق روش بالا ولی برروی نمونه هایی که دو هفته به حالت غرقاب در دمای ثابت نگهداشته شده‌اند. سپس همبستگی پتاسیم عصاره‌گیری شده با روشهای مذکور و غلظت پتاسیم در دانه، کاه و کلش و کل گیاه، مقدار پتاسیم جذب شده به وسیله گیاه، دانه و کاه و کلش و نیز عملکرد نسبی دانه و همچنین همبستگی بین روشهای مختلف عصاره‌گیری با استفاده از نرم‌افزار MSTAT.C تعیین گردید. غلظت بحرانی پتاسیم با روش کیت-نلسون برای عصاره گیرهای انتخاب شده تعیین شد.

نتایج و بحث

جدول ۱ برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای مورد بررسی را نشان می‌دهد. واکنش خاکها از اسیدی شدید تا کمی قلیایی (بین ۵/۱ تا ۷/۸، با میانگین ۶/۷)، بافت خاکها از شنی تا رسی (با درصد رس بین ۸ تا ۴۸ و میانگین ۲۵ درصد) و کربن آلی کم (۰/۸۸) تا خیلی زیاد (۶/۷۳ درصد) تغییر می‌کند. خاکها از نظر ظرفیت تبادل کاتیونی و پتاسیم استخراج شده با استات آمونیوم یک مولار و اسید نیتریک جوشان یک مولار نیز دارای طیف گسترده‌ای می‌باشند (به ترتیب از ۸تا ۴۸ و میانگین ۲۷ میلی اکی والان درصد گرم خاک، ۶۰ تا ۲۴۰ و میانگین ۱۰۵ میلیگرم درکیلوگرم خاک و ۲۹۸ تا ۷۹۱ میلیگرم درکیلوگرم خاک).

جدول ۲ تاثیر پتاسیم بر عملکرد برنج، غلظت و جذب کل پتاسیم به وسیله برنج را نشان می‌دهد. اثر کاربرد پتاسیم بر عملکرد دانه و کاه و کلش در ۱۲ خاک از ۲۳ خاک معنی‌دار بوده است. همچنین کاربرد پتاسیم در اکثر خاکها باعث افزایش همزمان عملکرد دانه و کاه و کلش شده است. میانگین افزایش عملکرد دانه ۳۹/۶ درصد بود. در آزمایش مشابهی که در موسسه بین المللی تحقیقات برنج[1] انجام گرفت میانگین افزایش عملکرد ناشی از کاربرد پتاسیم ۸/۵ درصد بوده است (۸).

کاربرد پتاسیم در ۲۱ خاک باعث افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم در کاه و کلش و کل گیاه شد و تنها در خاکهای شماره ۷ و ۲۰ این تاثیر غیر معنی‌دار بود (جدول ۲). غلظت پتاسیم دانه در تیمار بدون پتاسیم ۰/۲۹ تا ۰/۴۹ و با میانگین ۰/۳۷ درصد و در تیمار با کاربرد پتاسیم بین ۰/۳۱ تا ۰/۴۹ و با میانگین ۰/۳۹ درصد بود، که نشان می‌دهد مصرف پتاسیم تاثیر معنی داری در افزایش غلظت پتاسیم دانه نداشته است (داده‌ها ارائه نشده‌اند). عدم تاثیر پتاسیم بر افزایش غلظت پتاسیم دانه توسط دابرمن و همکاران (۸) نیز گزارش شده است.

کاربرد پتاسیم باعث افزایش معنی‌دار جذب کل پتاسیم به وسیله کاه و کلش و جذب پتاسیم به وسیله گیاه در ۲۱ خاک شده است. افزایش غلظت و مقدار جذب پتاسیم در اثر کاربرد پتاسیم نشان می‌دهد که افزودن این عنصر علاوه بر تاثیری که بر مقدار جذب پتاسیم از طریق افزایش رشد گیاه دارد، مستقیماً

1. IRRI

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.4.6.3]

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای مورد استفاده

شماره خاک	pH	کربن آلی	رس	سیلت	ظرفیت تبادل کاتیونی	پتاسیم استخراج شده با استات آمونیوم مولار	پتاسیم استخراج شده با اسید نیتریک
		%	%	%	(سانتی مول در کیلوگرم)	(میلیگرم در کیلوگرم)	(میلیگرم‌درکیلوگرم‌خاک)
۱	۷/۸	۰/۸۸	۲۲	۵۶	۲۲	۱۸۰	۵۸۷
۲	۵/۱	۲/۴۸	۲۴	۵۲	۱۶	۷۵	۶۶۳
۳	۶/۴	۲/۹۶	۳۰	۵۰	۲۴	۸۵	۴۰۸
۴	۶/۶	۴/۳۲	۳۲	۵۰	۴۴	۱۱۰	۴۵۹
۵	۵/۲	۲/۴۱	۲۲	۵۴	۱۴	۶۰	۳۶۶
۶	۵/۵	۱/۷۶	۱۸	۴۲	۱۵	۷۵	۷۹۱
۷	۷/۲	۱/۵۰	۲۲	۴۰	۲۰	۱۲۰	۴۸۵
۸	۶/۴	۳/۰۶	۳۲	۳۸	۳۰	۱۰۰	۴۵۹
۹	۵/۳	۴/۸۳	۱۰	۴۶	۲۵	۸۵	۷۹۱
۱۰	۶/۴	۳/۸۴	۲۶	۳۶	۳۹	۱۰۰	۴۰۸
۱۱	۷/۱	۲/۲۱	۲۲	۲۰	۲۶	۱۳۰	۵۵۳
۱۲	۷/۷	۱/۰۵	۸	۴	۸	۶۰	۵۰۲
۱۳	۷/۰	۱/۵۳	۴۲	۴۴	۲۹	۱۴۵	۳۷۴
۱۴	۶/۸	۱/۷۰	۱۶	۲۲	۳۸	۱۱۰	۴۶۸
۱۵	۷/۲	۱/۸۴	۱۲	۲۸	۴۴	۸۰	۲۹۸
۱۶	۵/۹	۲/۵۲	۲۲	۲۶	۲۰	۶۵	۴۸۵
۱۷	۷/۴	۱/۸۷	۳۰	۵۰	۳۹	۹۵	۳۰۶
۱۸	۷/۲	۲/۲۱	۲۰	۴۰	۲۲	۸۵	۵۵۳
۱۹	۶/۶	۲/۴۸	۳۶	۵۰	۲۳	۸۵	۳۹۱
۲۰	۷/۳	۶/۷۳	۲۶	۲۸	۳۸	۱۸۰	۶۱۲
۲۱	۶/۰	۱/۸۰	۳۲	۳۸	۲۶	۸۵	۴۶۸
۲۲	۷/۳	۱/۸۷	۲۶	۴۶	۳۲	۶۵	۳۰۶
۲۳	۷/۷	۱/۱۲	۴۸	۴۰	۲۸	۲۴۰	۷۹۱
دامنه	۰/۱ تا ۷/۸	۰/۸۸ تا ۶/۷۳	۸ تا ۴۸	۴ تا ۵۶	۸ تا ۴۴	۶۰ تا ۲۴۰	۲۹۸ تا ۷۹۱
میانگین	۶/۶۶	۲/۴۷	۲۵/۱۳	۳۹/۱۳	۲۷	۱۰۵	۵۰۰/۷۶

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.4.6.3]

جدول ۲- اثر پتاسیم بر عملکرد برنج و غلظت و جذب پتاسیم به وسیله گیاه

شماره	عملکرد (گرم در گلدان)				غلظت پتاسیم (%)				جذب پتاسیم (گرم در گلدان)			
	دانه		کاه و کلش		کل گیاه		کاه و کلش		کاه و کلش		کل گیاه	
خاک	K_0	K_1	K_0	K_1	K_0	K_1	K_0	K_1	K_0	K_1	K_0	K_1
۱	۸۲/۱	۸۸/۳^{ns}	۸۴/۸	۱۰۰/۳^{ns}	۰/۸۴	۱/۱۸**	۱/۴	۱/۹*	۱/۲	۱/۹*	۱/۴	۲/۲*
۲	۶۷/۵	۱۱۷/۱**	۷۸/۸	۱۰۶/۱*	۰/۵۴	۱/۲**	۰/۶۳	۲/۲**	۰/۵	۲/۳**	۰/۸	۲/۷**
۳	۷۲/۳	۱۱۰/۲*	۸۳/۷	۱۳۶/۵**	۰/۴۸	۱/۲**	۰/۵۸	۱/۸**	۰/۴۸	۲/۴**	۰/۷۵	۲/۸**
۴	۵۶/۴	۱۰۷/۶**	۷۲	۱۱۹/۷**	۰/۶	۱/۲**	۰/۸	۲ **	۰/۵۸	۲/۴**	۰/۷۷	۲/۷**
۵	۵۷/۸	۹۱/۶**	۵۷	۱۱۵/۲**	۰/۳۷	۱/۲**	۰/۴	۱/۸**	۰/۲۳	۲/۱**	۰/۴۲	۲/۵**
۶	۸۳/۲	۱۰۰/۴^{ns}	۹۳/۹	۱۰۲/۸^{ns}	۰/۶	۱/۱۶**	۰/۷۸	۲/۲**	۰/۷۴	۲/۱**	۱/۱	۲/۵**
۷	۷۲/۷	۶۴/۷^{ns}	۹۴/۲	۱۱۵/۱^{ns}	۰/۹۸	۱/۲^{ns}	۱/۴	۱/۶^{ns}	۱/۴	۱/۹^{ns}	۱/۶	۲/۱^{ns}
۸	۷۵/۳	۱۱۹/۹**	۸۹/۸	۱۱۳ *	۰/۷۴	۱/۴**	۱	۲/۵**	۰/۹۳	۲/۸**	۱/۲	۳/۲**
۹	۱۱۰/۳	۱۱۴/۲^{ns}	۱۰۵/۲	۱۱۹/۲^{ns}	۰/۹۴	۱/۴**	۱/۴	۲/۳**	۱/۴	۲/۷**	۲	۳/۲**
۱۰	۱۱۳/۸	۱۳۶/۵^{ns}	۱۰۹/۷	۱۳۵/۱*	۰/۷۸	۱/۴**	۱/۲	۲/۴**	۱/۳	۳/۲**	۱/۷	۳/۷**
۱۱	۱۲۴/۸	۱۰۹/۱^{ns}	۱۱۳/۱	۱۴۳/۲*	۰/۹۳	۱/۴**	۱/۶	۲/۲*	۱/۸	۳/۲**	۲/۲	۳/۶**
۱۲	۲۸	۸۲/۹**	۵۲/۱	۹۴/۲**	۰/۸۳	۱/۴**	۱/۱	۲/۳**	۰/۵۸	۲/۲**	۰/۶۷	۲/۵**
۱۳	۱۱۱/۱	۸۴/۸*	۹۹/۷	۱۰۸/۸^{ns}	۰/۸۳	۱/۲**	۱/۲	۱/۹*	۱/۲	۲/۳**	۱/۸	۲/۴^{ns}
۱۴	۵۶/۱	۹۷/۹**	۸۲/۶	۸۰/۴^{ns}	۰/۹۷	۱/۲*	۱/۴	۲/۳**	۱/۱	۱/۸*	۱/۳	۲/۲*
۱۵	۹۱/۴	۱۲۳ *	۸۱/۹	۱۲۳/۹**	۰/۶۹	۱/۳**	۱	۲/۲**	۰/۸۳	۲/۸**	۱/۲	۳/۲**
۱۶	۴۸	۱۱۶/۷**	۶۲/۲	۱۱۳/۸**	۰/۵۸	۱/۴**	۰/۷۵	۲/۴**	۰/۴۷	۲/۷**	۰/۶۳	۳/۲**
۱۷	۷۱/۶	۹۰/۳^{ns}	۶۴/۲	۹۰/۶*	۰/۵۷	۱/۳۴**	۰/۷۵	۲/۴**	۰/۴۸	۲/۱**	۰/۷۷	۲/۴**
۱۸	۸۶/۱	۱۱۰/۴*	۸۹/۶	۱۱۱/۶^{ns}	۰/۶۸	۱/۴**	۰/۹۵	۲/۳**	۰/۸۶	۲/۶**	۱/۲	۳/۱**
۱۹	۶۵/۸	۹۱/۹*	۷۲/۹	۱۲۴/۵**	۰/۴۷	۱/۱۸*	۰/۵۸	۱/۸**	۰/۴۲	۲/۲**	۰/۶۵	۲/۶**
۲۰	۱۱۷/۴	۱۱۶/۱^{ns}	۱۲۰/۱	۱۳۶/۶^{ns}	۱	۰/۹۴^{ns}	۱/۵	۱/۶^{ns}	۱/۸	۲/۱^{ns}	۲/۴	۲/۴^{ns}
۲۱	۸۰	۹۱/۷^{ns}	۶۵/۲	۸۲/۲^{ns}	۰/۴۸	۱/۳۵**	۰/۴۹	۲/۴**	۰/۹۳	۱/۹**	۰/۶۹	۲/۴**
۲۲	۷۴/۲	۸۱ ^{ns}	۷۲	۸۴/۹۶^{ns}	۰/۵۳	۱/۳۳**	۰/۶۳	۲/۲**	۰/۴۵	۱/۹**	۰/۷۸	۲/۲**
۲۳	۱۰۲/۶	۱۱۰/۹^{ns}	۹۹/۴	۱۱۵/۸^{ns}	۰/۹۱	۱/۳۵**	۱/۴	۲/۲**	۱/۴	۲/۵**	۱/۸	۳/۱**
دامنه	۲۸	۶۵	۵۲	۸۰	۰/۳۷	۰/۹۴	۰/۴	۱/۶	۰/۲۳	۱/۸	۰/۴۲	۲/۱
	تا ۱۲۵	تا ۱۳۷	تا ۱۲۰	تا ۱۳۷	تا ۱	تا ۱/۶	تا ۱/۶	تا ۲/۵	تا ۱/۸	تا ۳/۲	تا ۲/۴	تا ۳/۷
میانگین	۸۰/۳۷	۱۰۲/۱۵	۸۴/۵۳	۱۱۱/۹	۰/۷۱	۱/۲۸	۱	۲/۱۳	۰/۹۲	۲/۳۵	۱/۲۱	۲/۷۳

K_0 - بدون پتاسیم K_1 - ۳۰۰ میلیگرم پتاسیم در کیلوگرم خاک

* و ** - به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد ns- غیر معنی دار

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.4.6.3]

جدول ۳- ضرایب همبستگی روشهای مختلف عصاره‌گیری با عملکرد، غلظت و جذب پتاسیم در گیاه برنج

متغیر وابسته / روش عصاره گیری	عملکرد		غلظت پتاسیم		جذب کل پتاسیم	
	عملکرد دانه	عملکرد نسبی	کل گیاه	کاه و کلش	کل گیاه	کاه و کلش
استات منیزیم	۰/۵۴**	۰/۵۳**	۰/۷۹****	۰/۸۳****	۰/۸****	۰/۸۳****
مورگان	۰/۴۹*	۰/۴۹*	۰/۷۵****	۰/۸****	۰/۷۴****	۰/۷۸****
کلووانا	۰/۴۸*	۰/۴۶*	۰/۶۲**	۰/۶۷****	۰/۶۶**	۰/۶۹****
تگزاس	۰/۵۵**	۰/۵۰*	۰/۶۲**	۰/۶۷**	۰/۷****	۰/۷۱****
اسید نیتریک جوشان	۰/۲۸ns	۰/۱۲ns	۰/۴۰ns	۰/۴۰ns	۰/۴۳*	۰/۴۳*
اسید سولفوریک	۰/۶۷***	۰/۶۲**	۰/۷۶****	۰/۷۸****	۰/۸۳****	۰/۸۲****
استات آمونیوم ۱	۰/۵۳**	۰/۴۹*	۰/۶۲**	۰/۶۷****	۰/۶۸****	۰/۶۹****
استات آمونیوم ۲	۰/۵۲**	۰/۵۱*	۰/۶۱**	۰/۶۵****	۰/۶۸**	۰/۶۸****
اسید کلریدریک	۰/۲۶ns	۰/۲۲ns	۰/۴۷*	۰/۴۵*	۰/۴۶*	۰/۴۸*
کلرید کلسیم یک صدم مولار	۰/۴۵*	۰/۴۶*	۰/۷۳****	۰/۷۸****	۰/۷۱****	۰/۷۶****
سدیم تترافنیل بران	۰/۲۹ns	۰/۲۰ns	۰/۲۶ns	۰/۲۸ns	۰/۳۵ns	۰/۳۳ns
مهلیخ ۱	۰/۴۲*	۰/۶**	۰/۵۵**	۰/۵۸**	۰/۵۸**	۰/۶۰**
مهلیخ ۳	۰/۴۹*	۰/۴۸*	۰/۵۷**	۰/۶۱**	۰/۶۲**	۰/۶۳***
آب ۱	۰/۳۰ns	۰/۳۶ns	۰/۷۱****	۰/۷۳****	۰/۶۳***	۰/۶۹****
آب ۲	۰/۴۴*	۰/۳۵ns	۰/۵۹**	۰/۶۴****	۰/۶۲**	۰/۶۲***

استات آمونیوم ۱- بدون غرقاب
استات آمونیوم ۲- عصاره‌گیری با استات آمونیوم پس از دو هفته غرقاب نمودن نمونه خاک
آب ۱- بدون غرقاب
آب ۲- عصاره‌گیری با آب پس از دو هفته غرقاب نمودن نمونه خاک
* - معنی‌دار در سطح ۵ درصد
** - معنی‌دار در سطح یک درصد
*** - معنی‌دار در سطح ۰/۱ درصد
**** - معنی‌دار در سطح کمتر از ۰/۱ درصد

می‌تواند به علت تامین پتاسیم بیشتر، غلظت پتاسیم و در نتیجه جذب کل آن را در گیاه افزایش دهد. تاثیر کاربرد پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد و نیز غلظت پتاسیم در گیاه برنج به وسیله پژوهشگران مختلفی گزارش شده است (۱، ۱۰، ۱۷ و ۲۳). جدول ۲ به خوبی نشان می‌دهد که به رغم افزایش غلظت و مقدار جذب پتاسیم توسط برنج، همیشه این افزایش باعث افزایش عملکرد (اعم از عملکرد دانه یا کاه و کلش) نگردیده است، که احتمالاً این پدیده معلول مصرف لوکس (تجملی) پتاسیم به وسیله برنج می‌باشد.

جدول ۳ ضرایب همبستگی خطی بین عصاره گیرهای مختلف با عملکرد، غلظت و جذب پتاسیم توسط گیاه را نشان می‌دهد. همبستگی عصاره گیرهای اسید سولفوریک، استات منیزیوم، تگزاس، استات آمونیوم و مورگان با عملکرد دانه قوی‌تر از سایر روشهای عصاره‌گیری می‌باشد. این همبستگی برای عصاره گیرهایی مانند سدیم تترافنیل بران و اسید نیتریک جوشان که بخشی از پتاسیم غیر تبادلی را نیز استخراج می‌کنند، بسیار ضعیف است، که نشان دهنده نامناسب بودن شاخصهای پتاسیم غیر تبادلی در پیش بینی جذب پتاسیم و عملکرد گیاه برنج می‌باشد. همبستگی روشهای عصاره‌گیری با عملکرد نسبی نیز مشابه با عملکرد دانه است.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.4.6.3]

همبستگی عصاره‌گیرهای مختلف با غلظت پتاسیم در کاه و کلش و کل گیاه بسیار معنی‌دار و قوی می‌باشد (جدول ۳). این همبستگی برای استات منیزیم، مورگان، اسید سولفوریک، کلرید کلسیم یک صدم مولار و آب به مراتب قوی‌تر از سایر روشها و برای اسید نیتریک جوشان، سدیم تترافنیل بران و اسید کلریدریک ضعیف‌تر از سایر عصاره‌گیرها است. به نظر می‌رسد روشهایی که ارتباط تنگاتنگی با پتاسیم به سهولت قابل استفاده دارند در مقایسه با سایر روشها همبستگی بهتری با غلظت پتاسیم در برنج نشان می‌دهند. در این ارتباط روشهای عصاره‌گیری با آب و کلرید کلسیم یک صدم مولار با توجه به سادگی و ارزان بودن می‌توانند مورد توجه بیشتری قرار گیرند. همبستگی عصاره‌گیرهای مختلف با جذب کل پتاسیم توسط کل گیاه و یا کاه و کلش مشابه با همبستگی این روشها با غلظت پتاسیم در گیاه است. عصاره‌گیرهای اسید سولفوریک، استات منیزیوم، مورگان و کلرید کلسیم یک صدم مولار با توجه به همبستگی بالا و سادگی روش توصیه می‌شوند. نتایج تحقیقات انجام شده در نقاط مختلف دنیا در مورد تعیین همبستگی روشهای عصاره‌گیری مناسب برای پتاسیم در برنج بسیار متفاوت بوده است. در برخی از این مطالعات استات آمونیوم مولار (۳۰ و ۳۱)، در بعضی کلرید کلسیم یک صدم مولار (۲۵) و در عده‌ای عصاره‌گیرهایی که پتاسیم غیر تبادلی را استخراج می‌کنند (۴) مناسب‌ترین عصاره‌گیر تشخیص داده شد. در برخی از آزمایشها به طور کلی هیچ عصاره‌گیری مناسب تشخیص داده نشده است (۶).

جدول ۴ بیانگر ضرایب همبستگی خطی پتاسیم استخراج شده به وسیله عصاره‌گیرهای مختلف است. این جدول نشان می‌دهد همبستگی استات منیزیم با روشهایی که پتاسیم به سهولت قابل استفاده (روش مهلیخ ۱ و آب) و یا بخشی از پتاسیم غیر تبادلی (اسید نیتریک جوشان، سدیم تترافنیل بران و اسید کلریدریک) را استخراج می‌کنند بسیار ضعیف‌تر از روشهایی است که عمدتاً پتاسیم تبادلی را خارج می‌کنند. اما همبستگی روشهایی که پتاسیم تبادلی را استخراج می‌کنند با روش استات منیزیوم یکسان نیست. روشهایی مثل استات آمونیوم و مهلیخ ۳، که در آنها غلظت آمونیوم زیاد است، نسبت به روشهایی که فاقد آمونیوم یا دارای غلظت کمی از آمونیوم هستند، همبستگی کمتری با روش استات منیزیم دارند. با توجه به ضرایب همبستگی کمتر روشهای دارای مقدار زیاد آمونیوم با غلظت پتاسیم در گیاه (جدول ۳)، می‌توان نتیجه گرفت که یون آمونیوم بخشی از پتاسیم غیر تبادلی خاک را نیز عصاره‌گیری می‌کند.

روش مورگان نیز وضعیتی مشابه با روش استات منیزیوم دارد ولی همبستگی آن با روش کلرید کلسیم کمی بیشتر از استات منیزیوم است. روش تگزاس که در آن غلظت آمونیوم مانند روشهای استات آمونیوم یک مولار و روش مهلیخ ۳ زیاد است، همبستگی بالایی با روشهای مذکور نشان داد (r^2 به‌ترتیب ۰/۹۹ و ۰/۹۸).

روش اسید سولفوریک بالاترین همبستگی را با استات آمونیوم نشان داد. اما در برخی از خاکها مقادیر متفاوتی از پتاسیم خاک را نسبت به روش استات آمونیوم مولار استخراج می‌کند، که ظاهراً با توجه به همبستگی بالاتر پتاسیم عصاره‌گیری شده توسط این روش با غلظت پتاسیم و جذب کل پتاسیم توسط گیاه، نسبت به روش استات آمونیوم، شاخص بهتری از پتاسیم قابل استفاده خاک محسوب می‌شود.

اشکال ۱ تا ۸ سطح بحرانی پتاسیم برای عملکرد نسبی دانه برنج را با روش کیت - نلسون و برای عصاره‌گیرهای مختلف نشان می‌دهد. بررسی شکلها گویای این حقیقت است که سطح بحرانی پتاسیم با استات منیزیوم، مورگان، کلووانا، تگزاس، اسید سولفوریک، استات آمونیوم بدون غرقاب، کلرید کلسیم یک صدم مولار و روش استات آمونیوم پس از دو هفته غرقاب به ترتیب ۳۸، ۷۴، ۷۲، ۱۶۰، ۱۱۱، ۱۱۲، ۳۶ و ۱۰۵ میلیگرم در کیلوگرم خاک می‌باشد. سطح بحرانی پتاسیم برای عملکرد دانه با روشهای فوق الذکر تقریباً مشابه اعداد بالا است (داده‌ها نشان داده نشده‌اند).

مقایسه داده‌های بالا نشان می‌دهد که روش تگزاس، استات آمونیوم بدون غرقاب و روش اسید سولفوریک، پتاسیم

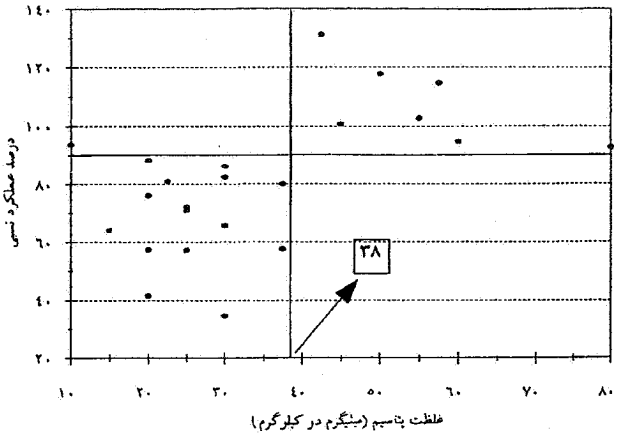
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.4.6.3]

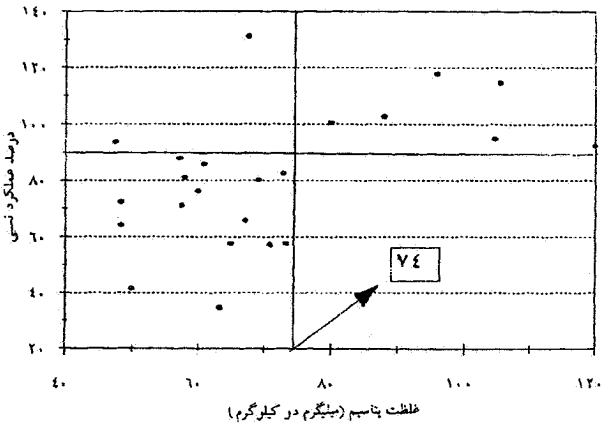
[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.4.6.3] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

جدول ۴- ضرایب همبستگی خطی بین پتاسیم استخراج شده به وسیله روشهای مختلف عصاره‌گیری

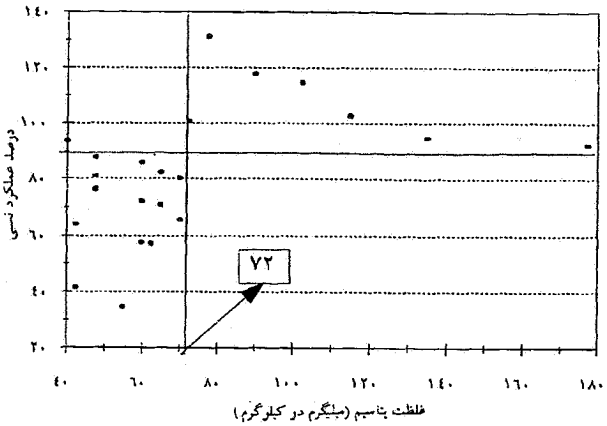
روش عصاره گیری	اسید کلریدریک	سدیم ترا فنیل بران	اسید نیتریک	مهلیخ ۳	مهلیخ ۱	آب ۲	آب ۱	کلرید کلسیم	استات آمونیوم ۲	استات آمونیوم ۱	اسید سولفوریک	تگزاس	کلووانا	مورگان	استات منیزیم
استات منیزیم	۰/۶۳	۰/۶۴	۰/۶	۰/۹	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۶۵	۰/۹۱	۰/۸۸	۰/۹	۰/۸۳	۰/۹۲	۰/۹۵	۰/۹۵	۱
مورگان	۰/۶۵	۰/۶۲	۰/۶۳	۰/۸۹	۰/۶	۰/۵۸	۰/۶۴	۰/۹۷	۰/۸۳	۰/۸۶	۰/۷۷	۰/۸۸	۰/۹۲	۱	
کلووانا	۰/۶۱	۰/۷۶	۰/۵۸	۰/۹۶	۰/۴۵	۰/۴۹	۰/۵۹	۰/۸۷	۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۷۹	۰/۹۷	۱		
تگزاس	۰/۵۲	۰/۷۸	۰/۴۹	۰/۹۸	۰/۴۵	۰/۳۳	۰/۴۸	۰/۸۱	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۸۵	۱			
اسید سولفوریک	۰/۳۴	۰/۵	۰/۳۲	۰/۷۸	۰/۳۵	۰/۲	۰/۲۷	۰/۶۹	۰/۸۷	۰/۸۳	۱				
استات آمونیوم ۱	۰/۴۴	۰/۷۶	۰/۴۲	۰/۹۷	۰/۴	۰/۳۵	۰/۴۸	۰/۷۸	۰/۹۸	۱					
استات آمونیوم ۲	۰/۴۲	۰/۷۲	۰/۳۸	۰/۹۵	۰/۳۷	۰/۳	۰/۴۲	۰/۷۶	۱						
کلرید کلسیم	۰/۷۲	۰/۵۲	۰/۶۶	۰/۸۲	۰/۶۳	۰/۶۷	۰/۷۱	۱							
آب ۱	۰/۷۲	۰/۵۲	۰/۶۶	۰/۸۲	۰/۶۳	۰/۷۹	۱								
آب ۲	۰/۵۷	۰/۲	۰/۷۴	۰/۳۸	۰/۳۷	۱									
مهلیخ ۱	۰/۴۴	۰/۲۴	۰/۴۷	۰/۴۸	۱										
مهلیخ ۳	۰/۴۸	۰/۸۲	۰/۴۹	۱											
اسید نیتریک	۰/۹	۰/۵۱	۱												
سدیم ترافنیل بران	۰/۴۸	۱													
اسید کلریدریک	۱														



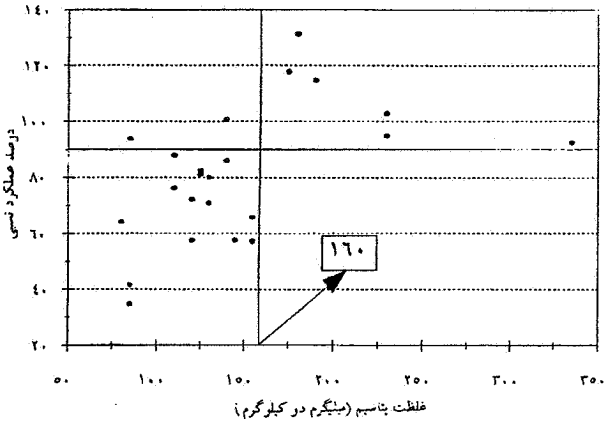
شکل ۱- غلظت بحرانی پتاسیم برای روش استات منیزیم



شکل ۲- غلظت بحرانی پتاسیم برای روش مورگان



شکل ۳- غلظت بحرانی پتاسیم برای روش کلووانا



شکل ۴- غلظت بحرانی پتاسیم برای روش تگزاس

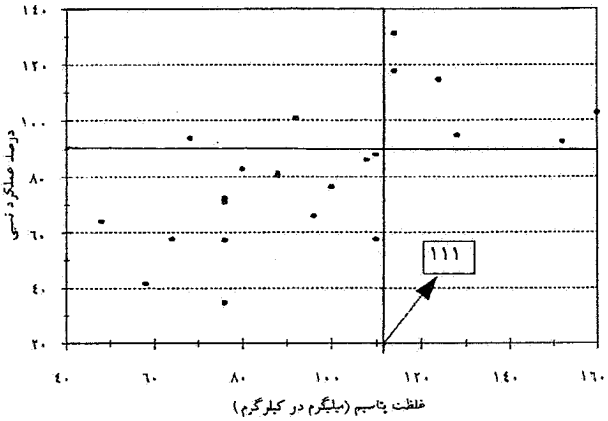
بیشتری از خاک استخراج نموده و سطح بحرانی آنها بالاتر از عصاره‌گیرهای دیگر است. روشهای مورگان و کلووانا از این نظر حد واسط هستند واستات منیزیم و کلرید کلسیم یک صدم مولار، که احتمالاً پتاسیم به سهولت قابل جذب گیاه را برآورد می‌نمایند، پتاسیم کمتری استخراج کرده و سطح بحرانی آنها پایین‌تر از عصاره گیرهای دیگر است. سطح بحرانی پتاسیم می‌تواند تحت تاثیر ویژگیهای خاک، نوع رقم و مدیریت کاشت و داشت گیاه قرار گیرد. به عنوان مثال سطح بحرانی پتاسیم برای گیاه برنج با استفاده از استات آمونیوم مولار در ارقام و خاکهای مختلف از حدود ۳۱ تا ۱۶۰ میلیگرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است (۹). در کشور هندوستان این اعداد از ۵۱ تا ۱۶۰ میلیگرم در کیلوگرم خاک متغیر بوده است (۲، ۷، ۱۵ و ۲۶).

نتیجه گیری

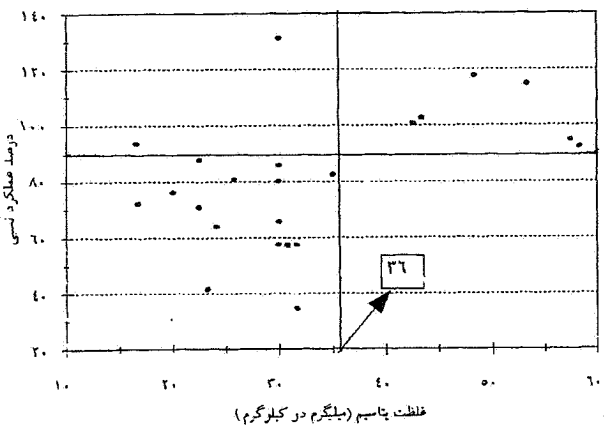
نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که کاربرد پتاسیم در اکثر خاکهای شالیزاری گیلان باعث افزایش تولید ماده خشک، عملکرد دانه و کاه و کلش برنج شده است. بررسی ضرایب همبستگی پتاسیم استخراج شده با عصاره گیرهای مختلف و غلظت پتاسیم دانه، کاه و کلش و کل گیاه نشان دهنده همبستگی بسیار ضعیف این روشها با غلظت پتاسیم دانه و همبستگی بسیار قوی با غلظت پتاسیم در کاه و کلش و کل گیاه می‌باشد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

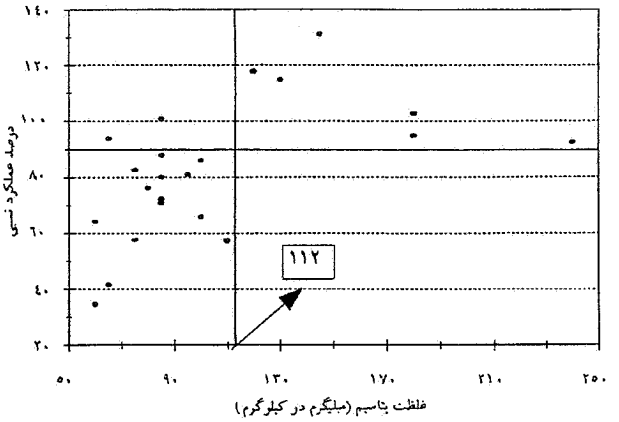
[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.4.6.3]



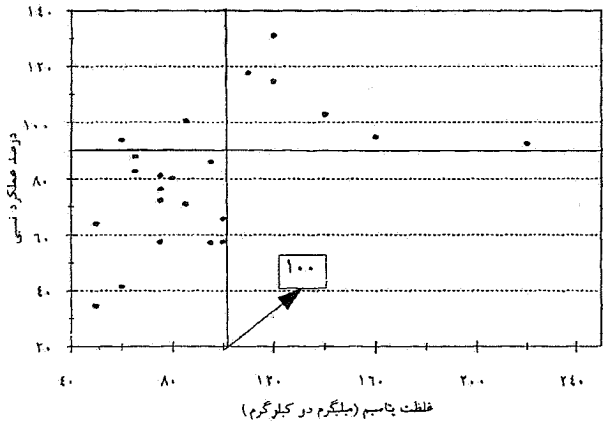
شکل ۵- غلظت بحرانی پتاسیم برای روش اسیدسولفوریک



شکل ۶- غلظت بحرانی پتاسیم برای روش کلرید کلسیم یک‌صدم مولار



شکل ۷- غلظت بحرانی پتاسیم برای روش استات آمونیوم بدون‌غرقاب



شکل ۸- غلظت بحرانی پتاسیم برای روش استات آمونیوم پس از دو هفته غرقاب

براساس این همبستگیها، استات منیزیوم، اسید سولفوریک، مورگان و کلرید کلسیم یک صدم مولار و آب با توجه به همبستگیهای بالا و سهولت عصاره‌گیری، به عنوان عصاره گیرهای مناسب پیشنهاد می‌شوند. با توجه به سطوح بحرانی به‌دست آمده برای عصاره گیرهای مختلف می‌توان نتیجه گرفت که تقریباً ۷۵ درصد خاکهای مطالعه شده از نظر پتاسیم قابل جذب پایین‌تر از حد بحرانی می‌باشند. اگر به رغم همبستگی نسبتاً پایین استات آمونیوم یک مولار با عملکرد نسبی دانه برنج، در استفاده از این روش اصرار باشد، سطح بحرانی پتاسیم با این روش ۱۱۲ میلیگرم پتاسیم در کیلوگرم خاک می‌باشد، که به مراتب کمتر از ۲۵۰ میلیگرم در کیلوگرم خاک است که توسط موسسه تحقیقات خاک و آب اعلام گردیده است. نتیجه‌گیری کلی تحقیق این است که اصولاً عصاره گیرهایی که بخشی از پتاسیم غیر تبادلی بین لایه‌ای را برآورد می‌نمایند، برای خاکهای مورد استفاده در این تحقیق مناسب نمی‌باشند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.4.6.3]

منابع مورد استفاده

1. Bajwa, M. J. 1986. Differential response of flooded rice to potassium chloride on two clay mineralogically different soils. Rice Abst. 9: 3: (114). IRRI.
2. Bansal, K. N., U. P. S. Bhadoria and J. N. Dube. 1985. Effect of applied potassium on nutrient contents of rice grown in three soils. Plant Soil 84(2):275-278.
3. Boruha, H. C. 1990. Potassium release characteristics of three major soil orders of Assam. J. Potassium Res. 6: 139-143.
4. Chang, S. C., G. B. Querigero and B.V. Frais. 1967. A study on the correlation between availability index of soil phosphorus and potassium and response to fertilizers of lowland rice in the Philippines. A working paper of UNDP/SF Soil Fertility Survey and Research Project in the Philippines.
5. Corey, R. B. 1987. Soil test procedures. Soil testing: Sampling, correlation, calibration, and interpretation. P 15-12. SSSA. Special Publication Number 21.
6. Datta, N. P. and A. R. Kalbande. 1967. Correlation of response in paddy with soil test for potassium in different Indian soils. J. Indian Soc. Soil Sci. 15: 1-6.
7. De Datta, S. K. and D. S. Mikkelsen. 1985. Potassium nutrition of rice. *In*: R. D. Munson (Ed.), Potassium in Agriculture, pp. 665-669, CSSA, SSSA Madison, WI, ASA.
8. Dobermann, A., P. C. Sta Cruz and K. G. Cassman. 1996. Fertilizer inputs, nutrient balance, and K balance. Nutrient Cycling in Agroecosystems 46: 1-10.
9. Dobermann, A., K. G. Cassman, P. C. Sta Cruz, M. A. Adviento and M. F. Pampolino. 1996. Fertilizer inputs, nutrient balance, and soil nutrient-supplying power in intensive irrigated rice systems. II: Effective soil K-supplying capacity. Nutrient Cycling in Agroecosystems 46: 11-21.
10. Guo, L., A. Lin and F. Q. Tang. 1986. Effect of K fertilizer on rice yield increase and their application. Rice Abstr. 9: 3: (113). IRRI.
11. Haby, V. A., M. P. Russelle and E.O. Skogley. 1990. Testing soils for potassium, calcium, and magnesium. *In*: Soil Testing and Plant Analysis. pp. 181-228, SSSA. Madison, WI.
12. Houba, V. J. G., I. Novazamasky, A. W. M. Hubregts 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 Soil 96: 433-437.
13. Hsu, W. W. etal. 1979. Potassium release by some Delware-soils. Commu. Soil Sci. Plant Anal. 10: 1037-1056.
14. Johnson, G. V., R.A. Isaac, S. J. Donohue, M. R. Tucker and J. Woodraff. 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.
15. Kemmler, G. 1980. Potassium deficiency in soils of the tropics as a constraint to food production in the tropics, pp. 253-275. IRRI.
16. Knudsen, D., G. A. Peterson and P. F. Pratt. 1990. Lithium, sodium, and potassium. *In*: A. L. Page (Ed.), Methods of Soil Analysis. 3rd ed., pp. 225-246. Part 2, Agron. Monogr. 9, ASA, Madison, WI.
17. Kolar, J. S. and H. S. Grewal. 1989. Response of rice to potassium. International Rice Res. Newsleter.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.4.6.3]

14(3): 330.

18. Kumari, P. P. and R. S. Aiyer. 1993. Soil test and crop response studies for potassium in laterite/red loam soils of Kerala. J. Potassium Res. 9: 62-65.
19. Lancaster, J. D. 1980. Missisippi soil test methods and interpretation. Missisippi Agric. Exp. Stn., Mimeo.
20. Lunt, H. A., C. L. W. Swanson and H. G. M. Jacobson. 1950. The Morgan soil testing system. Connecticut Agric. Exp. Stn. Bull. 541.
21. Mc Lean, E. O. and M. E. Watson. 1985. Soil measurements of plant-available potassium. *In*: R. D. Munson (Ed.), Potassium in Agriculture. pp. 277-308. SSA. Madison, WI.
22. Mehlich, A. 1953. Determination of P, K, Na, Ca, Mg, and NH_4. Soil Test Div., Mimeo, North Carolina, Dep. Agric., Raleigh NC.
23. Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 15: 1409-1416.
24. Mustscher, H. 1995. Measurement and assessment of soil potassium. IPI. Research Topic No. 4.
25. 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 Soc. Soil Sci. 36(1): 120-124.
26. Panda, M. and S. K. Panda. 1993. Evaluation of some potassium tests for rice in Fluventic Ustochrept. J. Indian Soc. Soil Sci. 41: 188-189.
27. Salomon, M. and J. B. Smith. 1957. A comparison of methods for determining extractable soil potassium in fertilizer test plots. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21: 222-225.
28. 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.
29. Sparks, D. L. 1987. Potassium dynamics in soils. Adv. Soil Sci. Vol. 6. Springer Verlag.
30. Su, N. R. 1972. The fertility status of Taiwan soils. ASPAC Food and Fertilizer Center Tech. Bull. 8.
31. Subba Rao, A., N. S. Bhonsle, M. Singh and M. K. Mishra. 1993. Optimum and high rate of fertilizer and farmyard manure application on wheat and sorghum (fodder) yields and dynamics of potassium in an alluvial soil. J. Potassium Res. 9(1): 217-234.
32. Tamhane, R. V. and B. C. Subbiah. 1962. Correlation of soil tests with pot and field trials in the evaluation of soil fertility. Soil Sci. Plant Nutr. 8(3): 5-14.
33. Thakur, R. B. 1992. Potassium fertilization in transplanted rice. J. Potassium Res. 8(2): 158-161.
34. 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 Soils Workshop, B. C. Ministry of Environ., Vancouver, Canada.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1378.3.4.6.3]