



## به زراعی کشاورزی

دوره ۱۸ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۵  
صفحه‌های ۹۴۷-۹۳۵

# ارزیابی عصاره‌گیرهای شیمیایی در تعیین پتاسیم قابل استفاده پسته در خاک‌های آهکی رفسنجان

سمانه زاده‌پاریزی<sup>۱</sup>، احمد تاج‌آبادی‌پور<sup>۲\*</sup> و عیسی اسفندیارپور بروجنی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
۲. دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
۳. دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۱۶

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۲۰

### چکیده

پتاسیم یکی از عناصر پرمصرف ضروری برای رشد گیاهان می‌باشد که نه تنها از نظر مقدار بلکه از لحاظ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نیز از مهم‌ترین کاتیون‌ها در گیاهان محسوب می‌شود. لذا آگاهی از وضعیت پتاسیم خاک‌ها در استفاده بهتر از کودهای پتاسیمی لازم است. این تحقیق به منظور ارزیابی ۱۰ عصاره‌گیر جهت استخراج پتاسیم قابل استفاده پسته در ۲۸ نمونه از خاک‌های آهکی رفسنجان در قالب طرح کاملاً تصادفی، در ۳ تکرار در گلخانه دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، در سال ۱۳۹۳ انجام شد. پتاسیم خاک با عصاره‌گیرهای استات آمونیوم مولار، کلریدکلسیم ۰/۰۱ مولار، کلریدسدیم ۲ مولار، اسید نیتریک ۰/۱ مولار، اسید نیتریک مولار جوشان، آب مقطر، استات سدیم مولار، مهلیچ ۱، مهلیچ ۳ و دی‌تی‌پی‌ای بی‌کربنات آمونیوم استخراج شد. استخراج پتاسیم توسط عصاره‌گیرها به صورت زیر کاهش یافت: اسید نیتریک مولار جوشان < کلریدسدیم ۲ مولار < استات سدیم ۱ مولار < مهلیچ ۳ < استات آمونیوم ۱ مولار < اسید نیتریک ۰/۱ مولار < دی‌تی‌پی‌ای بی‌کربنات آمونیوم < مهلیچ ۱ < کلریدکلسیم ۰/۰۱ مولار < آب مقطر. براساس نتایج ضرایب همبستگی، عصاره‌گیر استات سدیم مولار به دلیل داشتن بالاترین ضریب همبستگی با غلظت پتاسیم برگ و اندام هوایی جهت ارزیابی قابلیت استفاده پتاسیم برای پسته مناسب‌ترین عصاره‌گیر تشخیص داده شد. استفاده از معادلات رگرسیونی چندمتغیره نشان داد که مقدار پتاسیم استخراج شده از خاک توسط عصاره‌گیرهای مختلف به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله درصد رس و ظرفیت تبادل کاتیونی بستگی داشت.

کلیدواژه‌ها: استات آمونیوم، جذب، رشد، غلظت، مهلیچ، ویژگی‌های خاک

## ۱. مقدمه

پسته به‌عنوان محصولی اقتصادی جایگاه خاصی بین تولیدات کشاورزی دارد، به‌طوری‌که پس از میعانات گازی و آهن‌آلات سومین و مهم‌ترین قلم صادراتی غیرنفتی کشور به‌شمار می‌رود [۲]. به‌علت نقش مهم پسته در صادرات و جایگاه آن به‌عنوان یکی از منابع تأمین ارز، برداشتن قدم‌های مؤثر جهت افزایش بازده تولید و کیفیت این محصول ضروری به نظر می‌رسد. تغذیه مناسب گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کمی و کیفی پسته به‌شمار می‌رود. پتاسیم نه تنها از نظر مقدار موجود در بافت‌های گیاهی، بلکه از نظر وظایف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نیز مهم‌ترین کاتیون محسوب می‌شود و بعد از نیتروژن، پرمصرف‌ترین عنصر موردنیاز گیاه شناخته شده است. بسته به اندام گیاه، مرحله رشد، رقم، غلظت پتاسیم در خاک و شرایط اقلیمی ۱ تا ۱۰ درصد وزن خشک گیاه را تشکیل می‌دهد [۱۲].

پتاسیم در خاک به شکل‌های محلول، تبادل‌ی، غیرتبادل‌ی و ساختمانی وجود دارد [۳۱]. در نتیجه کشت مداوم و بی‌توجهی به کودهای پتاسیمی، بعضی از خاک‌های کشور دارای روند نزولی پتاسیم قابل استفاده هستند و باید وضعیت پتاسیم قابل استفاده در خاک‌های کشور مورد بررسی قرار گیرد. آزمون خاک می‌تواند به‌عنوان معیار ارزیابی پتاسیم خاک‌ها مورد استفاده قرار گیرد [۱]. در آزمون خاک برای ارزیابی مقدار یک عنصر غذایی، انتخاب عصاره‌گیر مناسب و تعیین همبستگی بین مقدار عنصر غذایی و پاسخ‌های گیاهی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۱۱]. جهت تعیین پتاسیم قابل استفاده گیاه، روش‌های عصاره‌گیری با استفاده از کاتیون‌های جانشین شونده به‌کار می‌رود که متداول‌ترین آن‌ها بهره‌گیری از استات آمونیوم مولار است [۲۳]. تحقیقات انجام شده طی دهه‌های اخیر بیانگر آن است که هیچ یک از روش‌های

عصاره‌گیری پتاسیم برای شرایط متغیر مناسب نیستند، زیرا پتاسیم جذب شده از خاک طی دوران رشد گیاه توسط تعدادی از عوامل فیزیکی، فیزیولوژیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کنترل می‌شود [۲۱]. پژوهشگران بسته به محل تحقیق، عصاره‌گیرهایی را برای استخراج پتاسیم قابل استفاده گیاه پیشنهاد کرده‌اند. بررسی عصاره‌گیرها در تعیین مقدار قابل استفاده پتاسیم برای گیاه سویا در خاک‌های شرق آمریکا نشان داد که روش عصاره‌گیری مهلیچ ۳ بهترین روش عصاره‌گیری پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه بود [۲۹]. ارزیابی عصاره‌گیرها برای تعیین پتاسیم قابل استفاده ذرت در خاک‌های آهکی کردستان نشان داد که عصاره‌گیر استات آمونیوم مولار به دلیل همبستگی با جذب و غلظت پتاسیم، همچنین عملکرد خشک گیاه مناسب‌ترین عصاره‌گیر است [۶]. در خاک‌های آهکی استان فارس پتاسیم عصاره‌گیری شده با اسید نیتریک ۰/۱ مولار، کلرید سدیم ۲ مولار و استات سدیم مولار همبستگی بالایی با جذب پتاسیم گیاه گندم نشان دادند [۱۹].

پسته مهم‌ترین محصول باغی شهرستان رفسنجان می‌باشد. توصیه کودی برای این گیاه براساس روش استات آمونیوم استوار است. بررسی‌های اندکی درباره وضعیت پتاسیم این منطقه صورت گرفته و عصاره‌گیر مناسبی برای استخراج پتاسیم قابل استفاده در این اراضی معرفی نگردیده است. هدف از انجام پژوهش حاضر، تعیین عصاره‌گیر مناسب برای ارزیابی پتاسیم قابل استفاده پسته و ارزیابی رابطه بین پتاسیم قابل استفاده و مقدار پتاسیم جذب شده توسط نهال‌های پسته در خاک‌های رفسنجان می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

به منظور اجرای تحقیق حاضر و انتخاب خاک‌های مناسب، در فروردین ماه سال ۱۳۹۳ از ۱۰۰ منطقه پسته‌کاری

ظرف دربسته خیسانده شدند. سپس، به مدت ۱۰ دقیقه در وایتکس ۱۰ درصد قرار داده شدند و پس از شست‌وشو با آب مقطر به مدت ۳۰ دقیقه با سم بنومیل با غلظت ۲ گرم در لیتر علیه قارچ ضدعفونی شده و تا مرحله جوانه زنی به مدت چند روز میان پارچه‌های متقال مرطوب در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند. پس از جوانه زدن بذرها، ۸ بذر در عمق ۳ سانتی‌متری کشت گردید. آبیاری گلدان‌ها تا پایان آزمایش به وسیله آب مقطر تا رسیدن به حدود ظرفیت مزرعه صورت گرفت. حدود ۱ ماه پس از کشت، تعداد نهال‌ها در هر گلدان به ۵ بوته کاهش داده شد. بعد از ۲۸ هفته، گیاهان از محل طوقه قطع و برگ و ساقه آن‌ها جدا گردید. سپس، هر کدام به صورت جداگانه، پس از شست‌وشو با آب معمولی و آب مقطر در دمای ۶۵ درجه سلسیوس خشک شدند تا وزن آن‌ها به حد ثابتی برسد. به منظور تهیه عصاره، ۰/۵ گرم از نمونه‌های پودر شده ساقه، برگ و مخلوط ساقه و برگ (اندام هوایی) در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به روش خشک‌سوزانی خاکستر شده و با استفاده از اسید کلریدریک دو نرمال به صورت محلول درآورده شدند. در عصاره به دست آمده، غلظت پتاسیم توسط دستگاه فلیم فتومتر تعیین گردید. از حاصل ضرب غلظت پتاسیم ساقه، برگ و اندام هوایی در وزن خشک این اندام‌ها، میزان جذب پتاسیم ساقه، برگ و اندام هوایی محاسبه گردید.

در پایان آزمایش، خاک گلدان‌ها پس از هوا خشک شدن، الک شده و پتاسیم موجود در خاک با استفاده از عصاره‌گیرهای مختلف استخراج و غلظت پتاسیم به وسیله دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد (جدول ۱). در خاتمه نتایج و داده‌های به دست آمده از تجزیه گیاه و خاک با استفاده نرم‌افزار آماری SPSS تحلیل آماری شد.

شهرستان‌های رفسنجان و انار نمونه‌برداری خاک در ناحیه سایه‌انداز درخت از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری صورت گرفت. در نمونه‌های جمع‌آوری شده خصوصیات ماند بافت، آهک و پتاسیم قابل استفاده تعیین گردید و در نهایت ۲۸ نوع خاک که دارای دامنه وسیعی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بودند، انتخاب شدند. در نمونه‌های خاک، بعد از هوا خشک نمودن، برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی از جمله pH در خمیر اشباع توسط الکتروود شیشه‌ای [۲۶]، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع، بافت به روش هیدرومتر [۹]، کربن آلی [۱۷]، کربنات کلسیم معادل [۷]، ظرفیت تبادل کاتیونی [۱۰]، غلظت روی، آهن، مس و منگنز عصاره‌گیری شده به وسیله [۲۲DTPA]، با استفاده از دستگاه جذب اتمی و غلظت پتاسیم به روش استات آمونیوم [۱۳] با دستگاه فلیم فتومتر تعیین گردید.

پس از اندازه‌گیری پارامترهای فوق، پژوهش با ۲۸ نوع خاک و سه تکرار، در مجموع ۸۴ گلدان در شرایط گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. برای تأمین احتیاجات کودی گیاه، عناصر غذایی نیتروژن از منبع نترات آمونیوم به مقدار ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به تمامی خاک‌ها و فسفر از منبع منوکلسیم فسفات به مقدار ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به خاک‌هایی که مقدار فسفر قابل استفاده آن‌ها کمتر از ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود، اضافه شد. پس از اضافه کردن عناصر غذایی فوق به خاک و رساندن رطوبت آن به حد ظرفیت مزرعه، خاک موجود در هر پلاستیک (۴ کیلوگرم) را به خوبی هم زده تا کاملاً مخلوط و یکنواخت گردد. سپس، خاک‌ها به داخل گلدان‌های پلاستیکی ۴ کیلوگرمی منتقل گردید. بذرهای پسته (رقم بادامی ریز زرنند) پس از جداسازی پوست سخت، به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر استریل، در یک

جدول ۱. عصاره‌گیرهای شیمیایی مورد استفاده برای استخراج پتاسیم قابل استفاده خاک

شماره	عصاره‌گیر	نسبت خاک به عصاره‌گیر	زمان تکان دادن (min)	منبع
۱	دی‌تی‌پی‌ای بی‌کربنات آمونیوم	۱:۲	۱۵	[۳۰]
۲	اسید نیتریک مولار جوشان	۱:۲/۵	۳۰	[۸]
۳	کلرید سدیم ۲ مولار	۱:۲۰	۶۰	[۲۳]
۴	کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار	۱:۱۰	۶۰	[۲۸]
۵	مهلیج <sup>*۱</sup>	۱:۴	۵	[۲۴]
۶	مهلیج <sup>**۳</sup>	۳:۲۵	۵	[۲۵]
۷	آب مقطر	۱:۵	۳۰	[۲۷]
۸	اسید نیتریک ۰/۱ مولار	۱:۲۰	۳۰	[۱۸]
۹	استات سدیم مولار خشتی	۱:۲۰	۲۰	[۲۰]
۱۰	استات آمونیوم مولار خشتی	۱:۲۰	۳۰	[۱۳]

\* اسید کلریدریک ۰/۰۰۵ مولار و اسید سولفوریک ۰/۰۲۵ مولار

\*\* آمونیوم فلوراید ۰/۰۱۵ مولار، اسید استیک ۰/۲ مولار، نترات آمونیوم ۰/۲۵ مولار، اسید نیتریک ۰/۰۱۳ مولار و EDTA ۰/۰۰۱ مولار

## نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده است. خاک‌ها از تنوع وسیعی در ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی برخوردارند. به‌عنوان مثال، دامنه تغییرات رس در این خاک‌ها از ۲/۵ تا ۲۲/۸ درصد است. همه خاک‌ها قلیایی بوده و میزان ماده آلی آن‌ها نسبتاً پایین است. این خاک‌ها آهکی بوده و مقدار کربنات کلسیم معادل خاک‌ها بین ۱۸ تا ۳۳ درصد متغیر است. میزان پتاسیم استخراج شده توسط عصاره‌گیرها در جدول ۳ ارائه شده است. اختلاف زیادی در میزان پتاسیم استخراج شده وجود دارد که ناشی از اختلاف خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها و توانایی عصاره‌گیرها است.

ترتیب توانایی عصاره‌گیرها در استخراج پتاسیم به صورت زیر است: اسید نیتریک مولار جوشان < کلرید سدیم ۲ مولار < استات سدیم مولار < مهلیج < استات آمونیوم مولار < اسید نیتریک ۰/۱ مولار < دی‌تی‌پی‌ای

بی‌کربنات آمونیوم < مهلیج < یک < کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار < آب مقطر.

بیشترین میزان پتاسیم استخراج شده توسط عصاره‌گیر اسید نیتریک مولار جوشان با میانگین ۸۰۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک مشاهده گردید. کمترین میزان استخراج پتاسیم توسط عصاره‌گیر آب مقطر با میانگین ۱۳/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به دست آمد. استخراج زیاد پتاسیم با روش اسید نیتریک مولار جوشان به علت تخریب ساختمان کانی‌های اولیه و ثانویه و استخراج مقادیر زیادی از پتاسیم غیرتبادلی و تثبیت شده موجود در بین لایه‌های رسی می‌باشد. به عبارت دیگر، اسید نیتریک مولار جوشان به علت خاصیت اسیدی بالا، قادر به تخریب کردن کانی‌هاست. در حضور اسید نیتریک مولار جوشان pH سیستم به شدت کاهش می‌یابد که باعث حل شدن کانی‌ها می‌شود [۱۴]. در مورد استخراج کمتر پتاسیم توسط عصاره‌گیر آب مقطر می‌توان گفت که این عصاره‌گیر تنها پتاسیم محلول در آب را اندازه‌گیری می‌کند.

ارزیابی عصاره‌گیرهای شیمیایی در تعیین پتاسیم قابل استفاده پسته در خاک‌های آهکی رفسنجان

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

میانگین	دامنه تغییرات	خصوصیات خاک
۷/۹	۲/۵-۲۲/۸	رس (%)
۱۱/۱	۳/۵-۲۶/۳	سیلت (%)
۸۱	۵۷/۲-۹۱/۲	شن (%)
۱/۵	۰/۷-۳/۹	ماده آلی (%)
۱۲/۵	۱۸/۰-۳۳/۰	آهک (%)
۴/۲	۰/۹-۹/۲	قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)
۷/۹	۷/۴-۸/۵	pH گل اشباع
۹/۹	۳/۹-۱۶/۹	ظرفیت تبادل کاتیونی (Cmol (+)/kg soil) Cmol(+)/kgsoil
۲۴۹	۶۷-۵۱۰	پتاسیم (mg/Kg)
۵/۷	۱/۱-۳۴/۳	منگنز (mg/Kg)
۱/۸	۰/۴-۶/۷	روی (mg/Kg)
۱/۷	۰/۷-۸/۲	مس (mg/Kg)
۹/۴	۴/۹-۱۴/۷	آهن (mg/Kg)

جدول ۳. محدوده و میانگین مقدار پتاسیم عصاره‌گیری شده (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) توسط عصاره‌گیرها

میانگین	حداکثر	حداقل	عصاره‌گیر
۲۸۱	۶۴۸	۷۴	کلرید سدیم ۲ مولار
۱۹۲	۵۱۳	۱۰۰	اسید نیتریک ۰/۱ مولار
۲۴۹	۵۱۰	۶۷	استات آمونیوم مولار
۱۳/۷	۵۱/۵	۳/۱	آب مقطر
۸۰۲	۱۲۶۸	۴۷۷	اسید نیتریک مولار جوشان
۸۲	۳۱۵	۱۱	کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار
۲۶۵	۶۰۵	۱۱۴	استات سدیم مولار
۱۹۳	۴۵۵	۹۱	دی‌تی‌پی‌ای بی‌کربنات آمونیوم
۹۵	۲۶۷	۳۵	مهلیج ۱
۲۵۰	۶۰۰	۱۰۵	مهلیج ۳

به‌زراعی کشاورزی

دوره ۱۸ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۵

سمانه زاده پاریزی و همکاران

جدول ۴. ضریب همبستگی بین پتاسیم استخراج شده از خاک توسط عصاره‌گیرهای مختلف و پارامترهای گیاهی

		عصاره‌گیرها					پارامترهای گیاهی			
اسید نیتریک	آب	استات آمونیم	اسید نیتریک	کلرید سدیم	کلرید سدیم	مهیج ۱	دی‌تی‌بی‌ای	استات سدیم	کلرید کلسیم	
مولار جوشان	مولار	مولار	مولار	مولار	مولار	مهیج ۳	بی‌کربنات آمونیم	مولار	مولار	
۰/۴۹۲ <sup>**</sup>	۰/۳۷۴*	۰/۴۶۳*	۰/۵۰۱ <sup>**</sup>	۰/۵۳۴ <sup>**</sup>	۰/۵۰۸ <sup>**</sup>	۰/۵۲۲ <sup>**</sup>	۰/۵۲۳ <sup>**</sup>	۰/۵۵۴ <sup>**</sup>	۰/۴۷۴*	غلظت پتاسیم برگ
۰/۲۵۹ <sup>ns</sup>	۰/۴۹۶ <sup>ns</sup>	۰/۲۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۲۵۶ <sup>ns</sup>	۰/۲۶۰ <sup>ns</sup>	۰/۲۷۷ <sup>ns</sup>	۰/۲۳۴ <sup>ns</sup>	۰/۲۹۴ <sup>ns</sup>	۰/۲۳۰ <sup>ns</sup>	۰/۱۹۰ <sup>ns</sup>	غلظت پتاسیم ساقه
۰/۴۵۷*	۰/۳۷۹*	۰/۴۰۱*	۰/۴۵۳*	۰/۴۹۱ <sup>**</sup>	۰/۴۶۸*	۰/۴۶۱*	۰/۴۷۳*	۰/۴۹۸ <sup>**</sup>	۰/۳۱۱*	غلظت پتاسیم اندام هوایی
۰/۴۲۱*	۰/۶۵۵ <sup>ns</sup>	۰/۳۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۳۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۳۷۲ <sup>ns</sup>	۰/۳۴۶ <sup>ns</sup>	۰/۲۸۳ <sup>ns</sup>	۰/۲۹۱ <sup>ns</sup>	۰/۳۹۵*	۰/۲۸۸ <sup>ns</sup>	جذب پتاسیم برگ
۰/۴۴۰*	۰/۳۳۹ <sup>ns</sup>	۰/۱۶۱ <sup>ns</sup>	۰/۳۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۳۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۳۷۰ <sup>ns</sup>	۰/۲۷۸ <sup>ns</sup>	۰/۲۹۵ <sup>ns</sup>	۰/۳۴۲ <sup>ns</sup>	۰/۳۱۸ <sup>ns</sup>	جذب پتاسیم ساقه
۰/۴۳۵*	۰/۱۴۹ <sup>ns</sup>	۰/۲۴۰ <sup>ns</sup>	۰/۳۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۳۶۰ <sup>ns</sup>	۰/۳۶۴ <sup>ns</sup>	۰/۲۸۷ <sup>ns</sup>	۰/۲۹۲ <sup>ns</sup>	۰/۳۸۶*	۰/۳۰۹ <sup>ns</sup>	جذب پتاسیم اندام هوایی

\* و \*\* - بدترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد آزمون پیروسون معنی‌دار می‌باشد و ns - از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد.

استات سدیم مولار با غلظت پتاسیم برگ و غلظت پتاسیم اندام هوایی نشان داد (جدول ۴).

بنابراین، می‌توان عصاره‌گیر استات سدیم مولار را به عنوان بهترین روش عصاره‌گیری به منظور ارزیابی وضعیت پتاسیم در خاک‌های آهکی منطقه معرفی کرد. همچنین، عصاره‌گیر کلرید سدیم ۲ مولار همبستگی بالایی با میزان غلظت پتاسیم برگ و اندام هوایی گیاه نشان داد که بعد از عصاره‌گیر استات سدیم می‌تواند عصاره‌گیر مناسبی برای ارزیابی وضعیت پتاسیم در خاک‌های آهکی منطقه باشد. کاربرد عصاره‌گیرهای مختلف برای ارزیابی مقدار پتاسیم قابل استفاده گندم در استان کهگیلویه و بویراحمد، نشان داد که در بین عصاره‌گیرها، عصاره‌گیرهای استات آمونیوم مولار، استات سدیم مولار و کلرید باریم مولار به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۶۹، ۰/۶۵ و ۰/۶۵ بیشترین همبستگی را با جذب پتاسیم گیاه نشان دادند [۵]. ارزیابی مقدار پتاسیم قابل استفاده در خاک‌های آهکی همدان، بالاترین ضریب همبستگی را بین پتاسیم استخراج شده به وسیله عصاره‌گیرهای کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و کلرید سدیم مولار و پتاسیم جذب شده در گیاه نشان داد [۳۲]. ارزیابی پتاسیم قابل استفاده ذرت در خاک‌های همدان نشان داد که عصاره‌گیرهای استات سدیم، استات آمونیوم، کلرید باریم، مهلیج ۱، کلرید کلسیم و اسید کلریدریک همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد نسبی گیاه، جذب و پاسخ گیاهی داشتند [۱۵].

### تعیین ضرایب همبستگی و معادلات رگرسیونی خطی چندمتغیره بین خصوصیات خاک و میزان پتاسیم استخراج شده توسط عصاره‌گیرها

نتایج به‌دست آمده از تجزیه‌های آماری و معادلات رگرسیونی چندمتغیره نشان داد که بین برخی از ویژگی‌های خاک و عصاره‌گیر همبستگی معنی‌داری وجود دارد (جدول‌های ۵ و ۶).

مقدار پتاسیم عصاره‌گیری شده از خاک توسط عصاره‌گیرها به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها و نیز به ترکیبات موجود در عصاره‌گیر بستگی دارد. در مطالعات انجام گرفته در خاک‌های کرمانشاه برای گیاه گندم، عصاره‌گیر اسید نیتریک مولار جوشان در استخراج پتاسیم بهتر عمل کرد و مقدار پتاسیم بیشتری را از خاک استخراج نمود [۴]. اسید نیتریک مولار جوشان بیشترین و آب مقطر کمترین میزان پتاسیم را استخراج کردند. همچنین، عصاره‌گیر اسید نیتریک مولار جوشان به علت خاصیت اسیدی بالا قادر به استخراج پتاسیم محلول، تبدالی و بخش عمده‌ای از پتاسیم غیرتبدالی می‌باشد [۱۶].

### همبستگی پتاسیم قابل استخراج با عصاره‌گیرها و پاسخ‌های گیاهی

غلظت پتاسیم برگ و غلظت پتاسیم اندام هوایی با تمامی عصاره‌گیرها همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند (جدول ۴). در مورد جذب پتاسیم، تجزیه‌های آماری حاکی از وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین جذب پتاسیم برگ ( $r = 0/421$ )، ساقه ( $r = 0/440$ ) و نیز اندام هوایی ( $r = 0/435$ ) با عصاره‌گیر اسید نیتریک مولار جوشان می‌باشد. همچنین، بین عصاره‌گیر استات سدیم و جذب پتاسیم برگ ( $r = 0/395$ ) و جذب پتاسیم اندام هوایی ( $r = 0/386$ ) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. در بین روشهای عصاره‌گیری، کمترین همبستگی ( $r = 0/374$ ) بین غلظت پتاسیم برگ و عصاره‌گیر آب وجود دارد. بالاترین همبستگی را عصاره‌گیر استات سدیم مولار ( $r = 0/554$ ) با غلظت پتاسیم برگ نشان داد.

انتخاب یک عصاره‌گیر مناسب خاک منوط به قدرت آن در استخراج عناصر غذایی است، به‌طوری‌که بتواند با پاسخ‌های گیاه همبستگی بالایی برقرار کند. در بین روش‌های عصاره‌گیری، بالاترین همبستگی را عصاره‌گیر

جدول ۵. همبستگی بین خصوصیات خاک و پتاسیم استخراج شده توسط عصاره گیرها

EC (dS m <sup>-1</sup> )	CEC (cmol+ kg <sup>-1</sup> )	pH	Clay (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	OM (%)	عصاره گیرهای مختلف
۰/۱۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۷۲۰ <sup>**</sup>	۰/۳۳۱ <sup>ns</sup>	۰/۸۱۲ <sup>**</sup>	-۰/۰۳۴ <sup>ns</sup>	۰/۳۱۵ <sup>ns</sup>	کلرید سدیم ۲ مولار
۰/۱۷۲ <sup>ns</sup>	۰/۶۶۸ <sup>**</sup>	۰/۲۷۵ <sup>ns</sup>	۰/۷۸۱ <sup>**</sup>	-۰/۰۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۳۱۱ <sup>ns</sup>	اسید نیتریک ۰/۱ مولار
۰/۰۳۶ <sup>ns</sup>	۰/۶۱۲ <sup>**</sup>	۰/۲۸۳ <sup>ns</sup>	۰/۶۶۱ <sup>**</sup>	۰/۰۳۵ <sup>ns</sup>	۰/۳۸۶ <sup>ns</sup>	استات آمونیوم مولار
۰/۴۳۵ <sup>*</sup>	۰/۴۷۸ <sup>*</sup>	۰/۰۳۶ <sup>ns</sup>	۰/۵۷۵ <sup>**</sup>	۰/۲۴۷ <sup>ns</sup>	۰/۳۵۰ <sup>ns</sup>	آب
۰/۱۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۷۸۴ <sup>**</sup>	۰/۲۵۴ <sup>ns</sup>	۰/۸۹۹ <sup>**</sup>	۰/۰۵۷ <sup>ns</sup>	۰/۳۷۵ <sup>*</sup>	اسید نیتریک مولار جوشان
۰/۲۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۵۳۲ <sup>**</sup>	۰/۱۸۴ <sup>ns</sup>	۰/۷۱۶ <sup>**</sup>	۰/۰۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۲۰۳ <sup>ns</sup>	کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار
۰/۱۶۶ <sup>ns</sup>	۰/۶۷۸ <sup>**</sup>	۰/۲۷۸ <sup>ns</sup>	۰/۷۸۷ <sup>**</sup>	-۰/۰۴۱ <sup>ns</sup>	۰/۲۹۷ <sup>ns</sup>	استات سدیم مولار
۰/۱۹۴ <sup>ns</sup>	۰/۶۶۹ <sup>**</sup>	۰/۲۵۸ <sup>ns</sup>	۰/۷۴۹ <sup>**</sup>	۰/۰۹۴ <sup>ns</sup>	۰/۲۹۰ <sup>ns</sup>	دی تی پی ای بی کربنات آمونیوم
۰/۲۴۴ <sup>ns</sup>	۰/۵۵۸ <sup>**</sup>	۰/۲۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۶۸۹ <sup>**</sup>	۰/۰۴۳ <sup>ns</sup>	۰/۲۳۵ <sup>ns</sup>	مهلیچ ۱

\* و \*\* - در سطح پنج و یک درصد آزمون آماری پیرسون معنی دار می باشد و ns - از لحاظ آماری معنی دار نیست.

جدول ۶. معادله رگرسیونی بین پتاسیم عصاره گیری شده با عصاره گیرهای شیمیایی و خصوصیات خاک

معادله رگرسیونی	ضریب تبیین *	روش عصاره گیری
K- NaCl = -۴۶/۳۷۶ + ۱۶/۶۵۱ Clay	۷۳۵/۰	کلرید سدیم ۲ مولار
K- 0.1 M HNO <sub>3</sub> = ۴۵/۸۲۷ + ۱۱/۰۶۳ Clay	۶۹۵/۰	اسید نیتریک ۰/۱ مولار
K- NH <sub>4</sub> OAc = -۲۲۶/۶۴۹ + ۱۲/۷۶۰ Clay	۵۵۱/۰	استات آمونیوم مولار
K- Water = -۷/۰۳۲ + ۱/۴۷۳ EC + ۱/۰۲۲ Clay	۵۹۴/۰	آب
K-HNO <sub>3</sub> Boiling = ۱۰۶۳/۷۵۸ + ۱۰۷/۱۲۰ OM + ۳۳/۸۵۹ Clay	۹۰۰/۰	اسید نیتریک مولار جوشان
K- CaCl <sub>2</sub> = ۵۳/۷۹۷ + ۸/۶۲۹ Clay	۵۷۵/۰	کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار
K- NaOAc = ۱۵۳/۰۸۶ + ۱۳/۳۳۷ Clay	۷۰۲/۰	استات سدیم مولار
K- DTPA-NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub> = -۲۰/۷۰۹ + ۸/۲۶۷ Clay	۶۳۱/۰	دی تی پی ای بی کربنات آمونیوم
K- Mehlich <sub>1</sub> = ۴/۵۶۱ + ۵/۳۶۴ Clay	۵۵۰/۰	مهلیچ ۱
K- Mehlich <sub>3</sub> = ۱۷۰/۳۰۰ + ۵۰/۰۳۶ OM + ۱۵/۰۷۴ Clay	۷۵۶/۰	مهلیچ ۳

\* - ضریب تبیین تمامی معادلات در سطح ۵ درصد آزمون پیرسون معنی دار می باشد.



خاک را استخراج نموده‌اند، ولی همبستگی زیادی بین آن‌ها وجود دارد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان داد که بین میزان پتاسیم استخراج شده توسط روش‌های عصاره‌گیر در سطح یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد. بالاترین ضریب همبستگی بین عصاره‌گیرهای مهلیچ ۱ و کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار ( $r = 0/991$ ) و کمترین ضریب همبستگی بین عصاره‌گیر استات آمونیوم مولار خنثی و آب ( $r = 0/613$ ) مشاهده گردید.

براساس نتایج به‌دست آمده، عصاره‌گیرهای استات سدیم مولار و کلرید سدیم می‌توانند پتاسیم قابل استفاده پسته را در خاک‌های آهکی رفسنجان برآورد کنند و پس از آن عصاره‌گیرهای مهلیچ ۳ و اسید نیتریک ۰/۱ مولار به‌دلیل داشتن بالاترین ضرایب همبستگی با عصاره‌گیرهای استات سدیم مولار خنثی و کلرید سدیم در تحقیق حاضر به‌عنوان بهترین عصاره‌گیر معرفی می‌شوند. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عصاره‌گیرها نشان‌دهنده توانایی عصاره‌گیرها در استخراج شکل‌های مشابه پتاسیم خاک‌ها می‌باشد. بیشترین همبستگی برای گیاه ذرت در خاک‌های آهکی کردستان بین ۲ عصاره‌گیر استات آمونیوم و کلرید باریم ( $r = 0/92^{**}$ ) گزارش شد [۶]. همچنین در خاک‌های تحت کشت ذرت در اصفهان گزارش شده است که بین پتاسیم استخراج شده توسط عصاره‌گیرها در سطح ۱ درصد رابطه معنی‌دار وجود دارد [۳].

### نتیجه‌گیری

براساس نتایج پژوهش حاضر می‌توان اعلام کرد که عصاره‌گیر استات سدیم مولار و سپس کلرید سدیم ۲ مولار به‌دلیل داشتن بالاترین ضریب همبستگی با غلظت پتاسیم برگ و اندام هوایی جهت ارزیابی قابلیت استفاده پتاسیم برای پسته مناسب‌ترین عصاره‌گیر است.

بین تمامی عصاره‌گیرهای شیمیایی با درصد رس و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. این امر بیانگر این است که عصاره‌گیرهای مورد استفاده توانایی استخراج پتاسیم نگهداری شده توسط سطوح رس را دارند. ظرفیت تبادل کاتیونی با میزان رس موجود در خاک ارتباط دارد. هر قدر میزان رس خاک بیشتر باشد، ظرفیت تبادل کاتیونی افزایش می‌یابد. ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر، عناصر را به صورت قابل تبادل نگه داشته و در اختیار گیاه قرار می‌دهد. بالاترین میزان همبستگی بین پتاسیم استخراج شده توسط عصاره‌گیر اسید نیتریک مولار جوشان با درصد رس وجود دارد. پتاسیم استخراج شده توسط عصاره‌گیر اسید نیتریک مولار جوشان همبستگی مثبت و معنی‌داری ( $r = 0/375$ ) با مقدار ماده آلی درصد نشان داد. قابلیت هدایت الکتریکی نیز تنها با عصاره‌گیر آب مقطر همبستگی معنی‌داری نشان داد ( $r = +0/435^*$ ). این همبستگی نشان‌دهنده کارایی این عصاره‌گیر در استخراج پتاسیم موجود در محلول خاک است.

در بررسی ضرایب همبستگی و معادلات رگرسیونی خطی بین خصوصیات خاک و پتاسیم عصاره‌گیری شده توسط عصاره‌گیرها مشاهده شد که درصد رس بیشترین تأثیر را بر پتاسیم عصاره‌گیری شده داشته است و می‌توان رس را به عنوان محل ذخیره عناصر غذایی از جمله پتاسیم دانست (جدول ۶). به‌عبارت دیگر، رس‌ها به دلیل سطح ویژه بالا، همچنین به دلیل داشتن بار منفی قادر به جذب کاتیون‌های بیشتری در سطح خود می‌باشند [۲۰].

### همبستگی بین عصاره‌گیرها

ضرایب همبستگی بین میزان پتاسیم عصاره‌گیری شده توسط عصاره‌گیرها در جدول ۷ ارائه شده است. با وجود اینکه روش‌های عصاره‌گیری مقادیر متفاوتی از پتاسیم

سمانه زاده پاریزی و همکاران

جدول ۷. همبستگی بین عصاره گیرهای مختلف

اسید نیتریک مولار جوشان	آب	استات آمونیم مولار	اسید نیتریک مولار ۰/۱	اسید سدیم مولار ۲	کلرید سدیم مهلچ ۳	مهلچ ۱	دی تی بی ای بی کریبات آمونیم	مولار	استات سدیم مولار	کلرید کلسیم مولار ۰/۱	عصاره گیرهای مختلف
۱	۰/۸۱۰**	۰/۸۱۴**	۰/۹۱۳**	۰/۹۳۷**	۰/۹۲۸**	۰/۸۳۲**	۰/۸۸۳**	۰/۹۲۳**	۰/۸۴۰**	۰/۸۴۰**	اسید نیتریک مولار جوشان
	۱	۰/۶۱۳**	۰/۷۴۸**	۰/۸۵۹**	۰/۹۰۳**	۰/۸۸۷**	۰/۸۱۷**	۰/۸۹۱**	۰/۸۹۱**	۰/۸۹۱**	آب
		۱	۰/۹۰۷**	۰/۸۴۳**	۰/۸۱۰**	۰/۸۱۰**	۰/۸۷۴**	۰/۸۷۴**	۰/۷۹۹**	۰/۷۹۹**	استات آمونیم مولار
			۱	۰/۹۶۶**	۰/۹۲۱**	۰/۹۶۶**	۰/۹۸۱**	۰/۹۸۱**	۰/۹۶۰**	۰/۹۶۰**	اسید نیتریک ۰/۱ مولار
				۱	۰/۹۵۸**	۰/۹۲۱**	۰/۹۴۰**	۰/۹۸۲**	۰/۹۱۴**	۰/۹۱۴**	کلرید سدیم ۲ مولار
					۱	۰/۹۷۶**	۰/۹۲۱**	۰/۹۸۳**	۰/۹۵۵**	۰/۹۵۵**	مهلچ ۳
						۱	۰/۹۸۳**	۰/۹۶۳**	۰/۹۹۱**	۰/۹۹۱**	مهلچ ۱
							۱	۰/۹۶۹**	۰/۹۶۸**	۰/۹۶۸**	دی تی بی ای بی کریبات آمونیم
								۱	۰/۹۵۶**	۰/۹۵۶**	استات سدیم مولار
									۱	۱	کلرید کلسیم ۰/۱ مولار

\*\* - در سطح ۵ و ۱ درصد آزمون پیرسون معنی دار می باشد.

۶. فتحی س، صمدی ع، داوری م و اسدی کپورچال ص (۱۳۸۴) ارزیابی عصاره‌گیرهای مختلف برای تعیین پتاسیم قابل استفاده ذرت در خاک‌های آهکی استان کردستان. تحقیقات غلات. ۴: ۲۶۶-۲۵۳.
7. Alison LE and Moodie CD (1965) Carbonate. In: CA Black *et. al.* (Eds.), Methods of soil analysis. Part II, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. pp. 1379-1396.
8. Al-Kanani T, Mackenzi AF and Ross GJ (1984) Potassium status of some Quebec soils: K release by nitric acid and sodium tetraphenyl boron as related to particle size and mineralogy. Canadian Journal of Soil Science. 64: 99-106.
9. Bouyoucos GJ (1951) A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soil. Agronomy Journal. 43: 434-438.
10. Chapman HD (1965) Cation exchange capacity. In: CA Black *et. al.* (Eds.), Methods of soil analysis. Part II, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. pp. 891-900.
11. Corey RB (1987) Soil testing procedures: Correlation. In: JR Brown *et. al.* (Eds.), Soil testing: Sampling, Correlation, Calibration and Interpretation. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. pp. 15-22
12. Epstein E and Bloom AJ (2005) Mineral nutrition of plants: Principles and Perspectives. 2<sup>th</sup> Ed. Sinauer Associates Inc., Sunderland Mass.
13. Helmek PA and Sparks DL (1996) Lithium, sodium potassium, rubidium and cesium. In: Sparks DL. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3, chemical methods. Soil Science Society of American, Madison, Wisconsin. pp. 551-575.
- پس از آن عصاره‌گیرهای مهلیچ ۳ و اسید نیتریک ۰/۱ مولار به دلیل داشتن بالاترین ضرایب همبستگی با عصاره‌گیرهای استات سدیم مولار خثی و کلرید سدیم در تحقیق حاضر به عنوان بهترین عصاره‌گیر معرفی می‌شوند. همچنین، می‌توان بیان کرد که از بین عوامل خاکی، درصد رس و ظرفیت تبادل کاتیونی از منابع اصلی نگه‌دارنده پتاسیم قابل استفاده می‌باشند و نقش مهمی در عرضه و تأمین پتاسیم قابل استفاده گیاه دارند.

### منابع

۱. تفرجی س ح و حق‌پرست‌تنها م ر (۱۳۸۴) مطالعه وضعیت پتاسیم در خاک‌های استان گیلان و تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر آن. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران. صص. ۴۶۷-۴۶۵.
۲. جیحونی م (۱۳۸۸) مدیریت تغذیه درختان پسته با محصولات کدا اسپانیا. نشریه فنی شماره اول، ۲۴ ص.
۳. شریفی م و کلباسی م (۱۳۸۰) انتخاب عصاره‌گیر مناسب برای استخراج پتاسیم قابل جذب ذرت در خاک‌های منطقه مرکزی استان اصفهان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک). ۱۵(۱): ۹۲-۷۷.
۴. شکاری پ، فخری ر، فاتحی ش و احمدی دوآبی ش (۱۳۹۰) مقایسه چند عصاره‌گیر به منظور انتخاب بهترین عصاره‌گیر پتاسیم قابل جذب گندم در برخی خاک‌های استان کرمانشاه. مجموعه مقالات دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران.
۵. صادقی‌بانیانی ش (۱۳۹۳) ارزیابی چند عصاره‌گیر برای استخراج پتاسیم قابل استفاده گیاه گندم در برخی خاک‌های انتخابی استان کهگیلویه و بویراحمد. دانشگاه یاسوج. یاسوج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

14. Hosseinpour AR, Motaghian HR and Salehi MH (2012) Potassium release kinetics and its correlation with pinto bean (*Phaseolus vulgaris*) plant indices. Plant, Soil and Environment. 58: 328-333.
15. Hosseinpour AR and Samavati M (2008) Evaluation of chemical extractants for the determination of available potassium. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 39: 1559-1570.
16. Hosseinpour AR and Zarenia M (2012) Evaluating chemical extractants to estimate available potassium for pinto beans (*Phaseolus vulgaris*) in some calcareous soils. Plant, Soil and Environment. 58(1): 42-48.
17. Jackson ML (1975) Soil chemical analysis, Advanced Course. University of Wisconsin, College of Agriculture, Department of Soil Science, Madison, Wisconsin, U.S.A.
18. Jalali M (2005) Release kinetics of non-exchangeable potassium in calcareous soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 36: 1903-1917.
19. Jalali M (2006) Kinetics of nonexchangeable potassium release and availability in some calcareous soils of Western Iran. Geoderma. 135: 63-71.
20. Knudsen D, Peterson GA and Pratt PF (1982) Lithium, sodium and potassium. In: A. L. page (Ed.), Methods of Soil Analysis, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. Pp. 225-246.
21. Kumari PP and Aiyer RS (1993) Soil test and crop response studies for potassium in Laterite/red loam soils of Kerala. Journal of Potassium Research. 9: 62-65.
22. Lindsay WL and Norvell WA (1978) Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal. 42: 421-428.
23. Liu L and Bates TE (1990) Evaluation of soil extractants for prediction of plant available potassium in Ontario soils. Canadian Journal of Soil Science. 70: 607-615.
24. Mehlich A (1954) Determination of phosphorus, calcium, magnesium, potassium, sodium and ammonium. North Carolina soil test division Mineo, Raleigh, North Carolina.
25. Mehlich A (1984) Mehlich<sub>3</sub> soil test extractant: A modification of Mehlich<sub>2</sub> extractant. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 15: 1409-1416.
26. Richards LA (1954) Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S.D.A. Handbook, 60. Washington, D.C., U.S.A.
27. Rowell DL (1994) Soil Science: Methods and Applications. Longman Scientific and Technical, UK.
28. Salmon E (1998) Extraction of soil potassium with 0.01 M calcium chloride compared to official Swedish methods. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 29: 2841-2854.
29. Slaton NA, Golden BR, DeLong RE and Mozaffari M (1965) Correlation and calibration of soil potassium availability with soybean yield and trifoliolate potassium. Soil Science Society of America Journal. 45(5): 1642-1651.
30. Soltanpour PN and Schwab AP (1977) A new soil test for simultaneous extraction of macro and micro nutrients in alkaline soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 8: 195-207.
31. Sparks DL and Huang PM (1985) Physical chemistry of soil potassium. In: Munson RD (Ed.) Potassium in agriculture. American

- Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. Pp. 201-276.
32. Zarrabi M and Jalali M (2008) Evaluation of extractants and quantity – intensity relationship for estimation of available potassium in some calcareous soils of Western Iran. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 39: 2663-2677.