ارزیابی نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن در تعیین فسفر قابل جذب خاک تعدادی از خاک‌های همدان

امیر حسین قانعی و علیرضا حسین پور[۱]

چکیده

روش نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن می‌تواند به صورت ممتد فسفر را از محلول خاک جذب کند. در این روش مکانیزم عصاره‌گیری فسفر احتمالاً شبیه مکانیزم جذب فسفر به وسیله گیاه است. هدف این پژوهش ارزیابی روش نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن در برآورد فسفر قابل جذب خاک در گیاه ذرت رشد کرده در گلخانه، در تعدادی از خاک‌های همدان بود. مقدار فسفر در ۱۶ نمونه از خاک‌های استان همدان با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی متفاوت توسط عصاره‌گیرهای اولسن ، کال‌ول ، مهلیخ ۱ ، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار ، بی کربنات آمونیوم دی تی پی ای، اسید کلریدریک ۰/۱ مولار و دو روش نوارهای کاغذی تعیین شد. دوازده نمونه از این خاک‌ها در یک آزمایش گلخانه‌ای با گیاه ذرت شامل دو سطح فسفر (صفر و ۲۵۰ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک) به کار رفت .

نتایج این پژوهش نشان داد که فسفر عصاره‌گیری شده توسط روش‌های فوق به ترتیب زیرکاهش یافت: اسید کلریدریک ۰/۱ مولار > مهلیخ ۱> کالول > اولسن > روش اول نوارهای کاغذی > بی کربنات آمونیوم دی تی پی ای> روش دوم نوارهای کاغذی > کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار. فسفر استخراجی به روش اول نوارهای کاغذی هم‌بستگی معنی داری با عصاره‌گیرهای شیمیایی داشت، در حالی که بین فسفر استخراجی به روش دوم نوارهای کاغذی و فسفر استخراجی با عصاره‌گیرهای شیمیایی هم‌بستگی معنی داری وجود نداشت. بین فسفر استخراج شده به روش‌های شیمیایی هم‌بستگی معنی داری وجود داشت. نتایج کشت گلدانی نشان داد که فسفر عصاره‌گیری شده به روش اول نوارهای کاغذی هم بستگی معنی داری با شاخص‌های جذب فسفر و عملکرد نسبی داشت. فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های شیمیایی (به جز کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار) هم‌بستگی معنی داری با عملکرد نسبی و پاسخ گیاه داشتند، ولی با شاخص‌های جذب و غلظت فسفر هم‌بستگی معنی داری نداشتند. هم‌چنین نتایج این پژوهش نشان داد که روش اول نوارهای کاغذی می‌تواند به عنوان عصاره‌گیر فسفر قابل جذب استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: *فسفر ، عصاره گیر، ذرت*

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.1.8.4]

مقدمه

محققـان بـه مـنظور ارزیابـی فسـفر قابـل اسـتفاده در خـاک، روش‌هـای بسـیاری پیشـنهاد نموده و موادی گوناگون از جمله اسیدها، بازها و نمک‌های مختلف را مورد آزمایش قرار داده‌اند. بهتـرین آزمـون‌هـای خاک آنهایی هستند که جذب فسفر توسط گـیاه را در گسـتره وسـیعی از گـیاهان به خوبی ارزیابی کنند و هـم‌چنـین به خصوصیات خاک حساس باشند (۶) و نیز با دقت و سرعت مناسبی انجام شوند(۹).

همـه روش‌هـای موجـود یـک یـا تعـداد بیشـتری از ایـن ویژگـی‌هـا را شامل می‌شوند ولی فاقد مشخصات دیگر هستند. بـه‌عـنوان مـثال عصـاره‌گیـرهای شـیمیایی هـر دو قسمت قابل اسـتفاده و غیـر متحرک را در طول عصاره‌گیری خارج می کنند (۱۷). بـرآورد فسـفر توسـط ایـن روش‌هـا مقادیـر فسـفر قابل اسـتفاده گـیاه در بیشـتر خـاک‌ها را برآورد نمی‌کند (۷). به این دلـیل روش رزیـن تـبادل آنیونی (۱)به‌عنوان یک روش مناسب پیشنهاد شد. فسفر برآورد شده توسط رزین با فسفر جذب شده توسط گیاه در اکثر خاک‌ها هم‌بستگی دارد (۱۲)، ولی مشکلات تجـزیه‌ای ایـن روش کاربـرد آن را در آزمایشـگاه‌هـای مختلف محدودمی‌سازد. (۳۳).

روش نـوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن به عنوان یک روش مناسب برای استخراج فسفر قابل استفاده گیاه معرفی شـده اسـت (۳۱). در روش نـوارهای کاغـذی پوشـیده شده با اکسـید آهـن، کاغـذها از تـرکیب‌های آهن، که تمایل زیادی به جـذب فسـفر دارنـد پوشـیده مـی‌شـوند. این روش می‌تواند به صورت ممتد فسفر را از محلول خاک جذب کند. در این روش مکانیزم‌عصاره‌گیرفسفر احتمالا" شبیه جذب فسفر به وسیله گیاه مـی‌باشـد (۲۰). شبیه به روش رزین‌های تبادل آنیونی، نوارهای کاغـذی هـیچ گـونه واکنشـی بـا تـرکیب‌هـای خـاک در طـول عصـاره‌گیـری نشـان نمی‌دهند، بلکه آهن موجود بر روی کاغذ، در جذب فسفر با خاک رقابت می‌کند.

تمایـل نـوارهای کاغـذی برای فسفر بیشتر از رزین بوده و مشـکلات تجـزیه‌ای آن نیـز کمتـر اسـت، زیـرا جدا کردن این نـوارها از خـاک آسـان‌تـر مـی‌باشـد. هـم‌چنین این روش برای ارزیابـی فسـفر قابـل جـذب در خـاک‌هـای کـود داده شـده با تـرکیب‌هـای مختـلف فسـفر قابـل اسـتفاده است (۱۶). منون و همکاران نیز گزارش کردند که در میان خاک‌های مختلف، منابع مخـتلف فسـفر و گیاهان مختلف، روش نوارهای کاغذی رابطه بهتـری بـا جـذب گیاهـی و عملـکـرد (وزن خشک) نسبت به سایر آزمون‌هـا دارد (۱۷).

نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن یا اکسید آهن- آلومینـیوم در دامـنه گسترده‌ای از خاک‌ها قابل استفاده است (۲، ۱۳، ۲۱، ۲۲ و ۲۸). ایـن روش با روش رزین‌های تبادل آنیونی و بـی‌کربنات سدیم برای پیش بینی جذب فسفر و عملکرد ماده خشـک گـندم در خـاک‌های آهکی و اسیدی استفاده شده است (۱۴). مـنون و همکـاران (۱۷) نشـان دادنـد کـه ایـن روش در خـاک‌هایـی کـه بـه آنها سنگ فسفات اضافه شده بر آزمون‌های بـی‌کـربنات سدیم و فلورید آمونیوم برتری دارد. سیسینگ (۳۱) رابطـه خوبی میان فسفر عصاره‌گیری شده و جذب گیاه، نسبت بـه روش‌هـای دیگـر بـه دسـت آورد. کومـر و همکـاران (۱۰) دریافتـند کـه روش نوارهای کاغذی حساسیت کمتری نسبت به عصـاره‌گیـر بـری ۱ در خـاک‌هـای کمـی اسیدی دارد، ولی در خـاک‌هـای اسیدی، حساسیت آن بیشتر است. هم‌چنین فیری و همکاران (۲۵) نشان دادند که روش نوارهای کاغذی عصاره‌گیر بهتـری نسبت به بری ۱ در برآورد فسفر محلول و قابل دسترس مـی‌باشـد. از آنجـا که پژوهش‌ها در سراسر جهان نشان داده‌اند روش‌هـای عصـاره‌گیـری غیـر تخـریب کننده برای اندازه‌گیری فسـفر، بـه دلـیل واکـنش نـدادن با اجزای خاک قادر به تخمین بهتـری از فسـفر قابـل اسـتفاده برای گیاه می‌باشند. در ایران در مـورد روش نـوارهای کاغـذی پوشـیده شـده بـا اکسید آهن به عـنوان عصـاره‌گیـر پژوهشـی انجـام نشـده اسـت. هـدف ایـن پـژوهش ارزیابـی روش نـوارهای کاغـذی پوشـیده شـده بـا اکسـید آهن در تعیین فسفر قابل جذب و مقایسه آن با تعـدادی از عصـاره‌گیـرهای شـیمیایی در تعـدادی از خاک‌های همدان بود.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.1.8.4]

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این پژوهش از بین ۲۵ نمونه اولیه ۱۶ نمونه خاک سطحی (۳۰-۰ سانتی متر) بر اساس درصد رس، کربنات کلسیم معادل و فسفر عصاره‌گیری شده به روش اولسن انتخاب شد. نمونه‌های تهیه شده در هوای آزاد خشک و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها شامل بافت خاک به روش پی پت (۸) قابلیت هدایت الکتریکی، pH، کربن آلی، کربنات کلسیم معادل وگنجایش تبادل کاتیونی، طبق روش‌های معمول آزمایشگاهی تعیین شدند (۱۸). فسفر نمونه‌های خاک توسط روش‌های اولسن (۲۴)، کال‌ول (۵)، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار (۱۴)، اسید کلریدریک ۰/۱ مولار (۲۹)، دی تی پی ای (۳۲) و مهلیخ ۱ (۱۵) در سه تکرار عصاره‌گیری و غلظت فسفر عصاره‌ها به روش رنگ سنجی(۱۹) تعیین شد.

نوارهای کاغذی برای عصاره‌گیری فسفر به دو روش تهیه شدند. در روش اول بر طبق کارهای چاردون و منون (۴) نخست حلقه‌های کاغذهای صافی واتمن ۵۴۱ (با قطر ۱۵ سانتی متر) در محلولی که از ۱۰۰ گرم کلرید آهن به علاوه ۱۰۰ میلی لیتر اسید کلریدریک غلیظ تهیه شده و با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد، به مدت ۵ دقیقه غوطه ور شدند. پس از خشک شدن کاغذهای صافی، از محلول ۲/۷ مولار هیدروکسید آمونیوم عبور و با آب مقطر شستشو شدند. بعد از خشک شدن، آنها را به نوارهای ۱۰×۲ سانتی متر بریده و در میان صفحات پلی اتیلن قرار گرفتند.

در روش دوم بر طبق کارهای مایزر و همکاران (۲۰) حلقه‌های کاغذهای صافی واتمن ۵۴۱ (با قطر۱۵ سانتی متر) در محلول ۰/۶۵ مولار کلرید آهن که در هر لیتر آن ۵۰ میلی لیتر اسید کلریدریک غلیظ می‌باشد، به مدت یک شبانه روز غوطه ور شدند. پس از خشک شدن، آنها را به مدت ۳۰ ثانیه در محلول ۲/۷ مولار هیدروکسید آمونیوم قرارداده و در محلول بالا و پایین بردیم. سپس نوارها را در یک ظرف ۱/۵ لیتری آب مقطر بالا و پایین برده و این کار یک بار دیگر انجام شد. بعد از این کار برای این‌که ذرات اکسید آهن به طور کامل پراکنده شوند نوارها به مدت یک ساعت در یک ظرف آب مقطر قرارداده شدند. بعد از خشک شدن، به نوارهای ۱۰×۲ سانتی متر بریده شده و در بین صفحات پلی اتیلن قرار گرفتند.

پس از تهیه نوارهای کاغذی پوشیده شیده با اکسید آهن، فسفر قابل استفاده خاک استخراج گردید. به این منظور یک گرم از نمونه‌های خاک (در سه تکرار) را به شیشه‌های پیرکس اضافه و در داخل هر شیشه یک نوار کاغذی ۱۰×۲ سانتی متر قرارداده و ۴۰ میلی لیتر کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار در روش اول و ۸۰ میلی لیتر از آن در روش دوم اضافه و به مدت ۱۶ ساعت توسط دستگاه تکان دهنده برقی با ۱۳۰ دور در دقیقه تکان داده شدند. پس از آن کاغذ صافی از شیشه پیرکس خارج شده و به آرامی با آب مقطر شستشو شد. پس از این مرحله کاغذ صافی در ۴۰ میلی لیتر اسید سولفوریک ۰/۱ مولار در روش اول و ۵۰ میلی لیتر اسید سولفوریک ۰/۲ مولار در روش دوم قرار داده شد. سوسپانسیون به مدت یک ساعت توسط دستگاه تکان دهنده برقی تکان و غلظت فسفر به روش رنگ سنجی (۱۹) تعیین گردید.

به منظور تعیین شاخص‌های گیاهی یک آزمایش گلدانی با ۱۲ نمونه خاک (با حذف خاک‌های ۲، ۴، ۸ و ۹) انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملا" تصادفی با دو سطح فسفر (صفر و ۲۵۰ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک از کود منو فسفات کلسیم) با استفاده از سه کیلوگرم خاک در سه تکرار انجام گردید. در ضمن به هر گلدان مقادیر ۲۰۰، ۱۰ و ۵ میلی گرم در کیلوگرم پتاسیم ، روی و آهن (از کودهای سولفات پتاسیم، سولفات روی و سکوسترین ۱۳۸) و نیتروژن به مقدار ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم در دو نوبت به گلدان‌ها اضافه شد. تعداد سه عدد بذر ذرت (*Zea mays*) رقم سینگل کراس ۷۰۴ در عمق ۲ سانتی‌متری در هر گلدان کاشته شد. در پایان هفته دوم تعداد بذرها در هر گلدان به دو عدد کاهش یافت. از گلدان‌ها مراقبت‌های لازم به عمل آمد و در پایان هفته دهم، گیاهان از سطح خاک بریده

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.1.8.4]

شدند. نمونه‌ها پس از شستشو با آب مقطر به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و پس از توزین پودر شدند. به منظور تعیین غلظت فسفر از روش اسید کلریدریک استفاده شد (۸) و غلظت فسفر عصاره‌ها توسط روش رنگ سنجی (۱۹) تعیین گردید.

پاسخ‌های گیاهی شامل جذب فسفر، عملکرد نسبی، افزایش غلظت، پاسخ گیاه و جذب اضافی با توجه به فرمول‌های زیر تعیین گردید.

= جذب فسفر (میلی گرم در گلدان)
[۱](میلی گرم در کیلوگرم)غلظت فسفر در گیاه× وزن خشک گیاه

= عملکرد نسبی (در صد)
[۲] ۱۰۰ ×(عملکرد گیاه تیمار شده/عملکرد گیاه شاهد)

= افزایش غلظت
[۳] غلظت فسفر در گیاه شاهد – غلظت فسفردرگیاه تیمار شده

= جذب اضافی
[٤] جذب فسفر در گیاه شاهد – جذب فسفردرگیاه تیمار شده

[٥] عملکرد گیاه شاهد – عملکرد گیاه تیمار شده= پاسخ گیاه

در پایان هم‌بستگی فسفر عصاره‌گیری شده به روش نوارهای کاغذی با روش‌های شیمیایی و هم‌چنین ارتباط پاسخ‌های گیاهی با فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های فوق بررسی شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های بررسی شده، در جدول ۱ نشان داده شده است. خاک‌های مورد بررسی دارای تنوع گسترده‌ای از خصوصیات خاک می‌باشند. بر اساس نتایج ارائه شده می‌توان گفت این خاک‌ها عموماً" دارای بافت‌های ریز تا متوسط هستند. درصد رس، سیلت و شن به ترتیب ۵۳/۰–۲۴/۴، ۴۸/۴–۱/۳ و ۶۶/۲–۴/۷ است. دامنه تغییرات pH خاک‌ها ۷/۹–۷/۰، قابلیت هدایت الکتریکی ۰/۸۹– ۰/۱۵ دسی زیمنس بر متر، کربن آلی ۱/۷۲–۰/۲۵ و کربنات کلسیم معادل خاک‌ها ۴۰/۵–۱۳/۰ درصد می‌باشد. دامنه تغییرات گنجایش تبادل کاتیونی خاک‌ها ۱۷/۱–۱۱/۴ سانتی مول بر کیلوگرم خاک می‌باشد.

مقادیر فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های مختلف در جدول ۲ و ضرایب هم‌بستگی بین فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های مختلف در جدول ۳ آورده شده است. همان‌طور که نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد، مقدار فسفر عصاره‌گیری شده توسط یک روش در خاک‌های مختلف متفاوت است. این امر نشان دهنده تفاوت فسفر قابل جذب در خاک‌های مختلف و هم‌چنین تأثیر ویژگی‌های خاک بر مقدار فسفر عصاره‌گیری شده می‌باشد. مقادیر فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های مختلف متفاوت است. این نتیجه نشان دهنده مکانیزم‌های مختلف این عصاره‌گیرها در عصاره‌گیری فسفر قابل جذب و هم‌چنین تفاوت اشکال مختلف فسفر در این خاک‌هاست. به عبارت دیگر از آنجا که توانایی عصاره‌گیری‌های مختلف در انحلال و آزاد سازی شکل‌های مختلف فسفر متفاوت است (۳۰) این اختلافات دور از انتظار نیست. به طور کلی میانگین مقادیر فسفر استخراجی توسط روش‌های ۸ گانه به ترتیب زیر مقایسه می‌شوند:

اسید کلریدریک ۰/۱ مولار> کال ول > مهلیخ ۱> اولسن> روش اول نوارهای کاغذی >بی کربنات آمونیوم–دی تی پی ای > روش دوم نوارهای کاغذی> کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار بر اساس میانگین مقادیر فسفر استخراجی توسط عصاره‌گیرهای استفاده شده در این تحقیق می‌توان این عصاره‌گیرها را در سه گروه قرارداد. گروه اول عصاره‌گیرهای نسبتا" ضعیف شامل کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار (۱/۶ میلی گرم در کیلوگرم) روش دوم نوارهای کاغذی (۴/۳ میلی گرم در کیلوگرم) و بی کربنات آمونیوم – دی تی پی ای (۱۰/۹میلی گرم در کیلوگرم)، گروه دوم عصاره‌گیرهای قوی شامل اولسن (۲۱/۹ میلی گرم در کیلوگرم) و روش اول

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.1.8.4]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.1.8.4] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

جدول ۱. تعدادی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مطالعه شده

شماره خاک	pH	قابلیت هدایت الکتریکی	گنجایش تبادل کاتیونی	کربنات کلسیم معادل	کربن آلی	رس	سیلت	شن	کلسیم + منیزیم	
									تبادلی	محلول
		$dS\ m^{-1}$	$cmol_c\ kg^{-1}$			٪			$cmol\ kg^{-1}$	
۱	۷/۶	۰/۲۲	۱۷/۱	۱۶/۵	۱/۰۵	۳۶/۲	۳۴/۵	۲۹/۳	۸/۳	۰/۴۰
۲	۷/۶	۰/۸۹	۱۲/۱	۳۷/۵	۰/۴۹	۴۵/۲	۳۰/۴	۲۴/۴	۵/۵	۰/۵۰
۳	۷/۱	۰/۶۶	۱۲/۵	۱۴/۰	۰/۶۸	۴۴/۴	۱۰/۹	۴/۷	۶/۰	۰/۵۵
۴	۷/۴	۰/۴۱	۱۲/۲	۱۶/۰	۱/۷۲	۴۱/۲	۶/۰	۴۹/۸	۵/۷	۰/۹۰
۵	۷/۰	۰/۴۹	۹/۴	۱۳/۰	۰/۷۸	۳۴/۸	۱/۳	۶۳/۹	۴/۵	۰/۴۵
۶	۷/۷	۰/۱۵	۱۳/۷	۲۴/۰	۰/۸۶	۳۹/۰	۲۴/۳	۳۶/۷	۶/۰	۰/۵۵
۷	۷/۶	۰/۲۵	۱۳/۸	۲۶/۵	۰/۹۵	۳۷/۲	۳۰/۳	۳۲/۵	۶/۵	۰/۳۵
۸	۷/۷	۰/۱۵	۱۶/۰	۱۸/۵	۰/۸۴	۴۱/۰	۲۵/۲	۳۳/۸	۷/۷	۰/۴۵
۹	۷/۷	۰/۲۶	۱۳/۸	۲۳/۵	۰/۵۸	۴۴/۰	۳۱/۰	۲۵/۰	۶/۶	۰/۴۰
۱۰	۷/۸	۰/۲۰	۱۴/۲	۳۳/۰	۰/۷۸	۳۹/۰	۳۱/۰	۴۶/۵	۷/۰	۱/۰۵
۱۱	۷/۴	۰/۲۱	۱۳/۷	۴۰/۵	۰/۲۵	۴۲/۰	۲۴/۶	۳۳/۵	۶/۶	۰/۴۵
۱۲	۷/۶	۰/۱۵	۱۹/۴	۲۲/۵	۱/۲۵	۴۱/۷	۱۰/۳	۴۷/۹	۱۴/۴	۰/۳۰
۱۳	۷/۱	۰/۸۲	۱۱/۷	۱۱/۵	۱/۲۹	۲۴/۴	۹/۴	۶۶/۲	۵/۰	۰/۵۵
۱۴	۷/۹	۰/۳۷	۱۵/۴	۲۳/۰	۰/۶۴	۳۶/۶	۴۸/۴	۱۵/۰	۷/۳	۰/۳۵
۱۵	۷/۱	۰/۵۳	۱۱/۴	۱۲/۵	۰/۷۶	۳۷/۸	۹/۰	۵۳/۲	۵/۳	۰/۴۵
۱۶	۷/۴	۰/۴۹	۱۵/۷	۱۹/۰	۰/۶۸	۵۳/۰	۲۹/۱	۱۷/۹	۷/۵	۰/۴۵

جدول ۲. میانگین فسفر استخراج شده از خاک با روش‌های مختلف عصاره‌گیری (میلی گرم در کیلوگرم)

شماره خاک	نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن		اولسن	کلرید کلسیم (۰/۰۱ مولار)	دی‌تی‌پی‌ای	اسیدکلریدریک (۰/۱ مولار)	مهلیخ ۱	کال‌ول
	روش اول	روش دوم						
۱	۶/۰	۲/۷	۱۵/۹	۱/۲	۵/۳	۴/۳	۱۰/۹	۲۰/۹
۲	۷/۵	۳/۱	۱۸/۰	۱/۳	۸/۹	۲۶/۲	۱۲/۲	۳۷/۳
۳	۱۱/۵	۳/۲	۱۵/۶	۱/۴	۵/۶	۲۶/۳	۶/۵	۱۳/۴
۴	۶۱/۳	۴/۹	۷۳/۸	۴/۵	۲۴/۷	۱۸۸/۴	۹۵/۳	۱۶۲/۷
۵	۵۳/۰	۵/۳	۳۰/۱	۱/۹	۱۵/۴	۲۱۹/۳	۱۰۲/۸	۶۸/۷
۶	۲۰/۹	۴/۵	۷/۲	۱/۱	۲/۳	۱۶/۰	۸/۳	۹/۴
۷	۲۵/۷	۳/۸	۱۴/۱	۰/۷	۳/۵	۲۶/۷	۱۲/۶	۱۴/۹
۸	۲۶/۰	۴/۶	۱۰/۳	۱/۰	۲۵/۸	۱۱/۳	۷/۴	۱۳/۵
۹	۱۶/۴	۴/۷	۱۳/۸	۱/۳	۳/۱	۴/۵	۱/۹	۱۶/۴
۱۰	۱۶/۹	۴/۲	۹/۰	۱/۰	۲/۶	۶/۸	۹/۱	۱۰/۵
۱۱	۷/۴	۵/۱	۱۳/۸	۱/۲	۱/۷	۱/۸	۲/۳	۱۴/۹
۱۲	۷/۱	۴/۵	۲۶/۹	۱/۱	۳/۰	۲۶/۴	۲۲/۴	۳۵/۲
۱۳	۱۵/۴	۴/۹	۴۴/۴	۳/۶	۱۶/۵	۲۰۸/۶	۸۰/۹	۸۶/۶
۱۴	۱۷/۱	۴/۷	۱۲/۶	۱/۰	۴/۴	۳۹/۰	۲۰/۵	۱۹/۴
۱۵	۱۳/۷	۵/۴	۲۶/۲	۲/۱	۱۰/۹	۱۹۰/۲	۷۶/۰	۶۴/۲
۱۶	۸/۲	۴/۰	۱۸/۳	۱/۳	۴۱/۶	۴۱/۶	۱۷/۰	۴۱/۸
میانگین	۱۹/۷	۴/۳	۲۱/۹	۱/۶	۱۰/۹	۶۴/۸	۳۰/۴	۳۹/۴

نوارهای کاغذی (۱۹/۷ میلی گرم در کیلوگرم) و گروه سوم عصاره گیرهای بسیار قوی شامل اسید کلریدریک ۰/۱ مولار (۶۴/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم)، مهلیخ ۱ (۳۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کال ول (۳۹/۴ میلی گرم در کیلوگرم).

همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود، دو روش نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن مقادیر متفاوتی از فسفر را عصاره‌گیری کرده‌اند. میانگین فسفر استخراجی توسط روش اول ۱۹/۷ و توسط روش دوم ۴/۳ است.

نتایج نشان می‌دهند که ضریب هم‌بستگی بین فسفر استخراجی به روش اول نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن با فسفر استخراجی با سایر عصاره‌گیرهای متداول معنی‌دار است. ضریب هم‌بستگی فسفر عصاره‌گیری شده با روش اول با فسفر استخراجی با عصاره‌گیرهای اولسن، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار، بی کربنات آمونیوم دی تی پی ای ، اسید کلریدریک ۰/۱ مولار، مهلیخ ۱ و کال ول به‌ترتیب۰/۷۷، ۰/۷۶، ۰/۷۴، ۰/۶۲، ۰/۷۰ و ۰/۸۱ بود. شارپلی هم‌بستگی زیادی میان فسفر استخراج شده به روش نوارهای کاغذی و فسفر استخراجی به روش اولسن و مهلیخ ۳ در خاک های آمریکا به دست آورده است(۲۸).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.1.8.4]

جدول ۳.ضرایب هم‌بستگی فسفر استخراج شده به وسیله عصاره‌گیرها (۱۶ نمونه خاک)

نام عصاره‌گیر	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱. روش اول نوار های کاغذی	۰/۷۳**	۰/۷۷**	۰/۷۶**	۰/۷۴**	۰/۶۳*	۰/۷*	۰/۸۱**
۲. روش دوم نوار های کاغذی		۰/۵۸ns	۰/۵۸ns	۰/۵ns	۰/۶۱ns	۰/۵ns	۰/۵ns
۳. اولسن			۰/۹۵**	۰/۹۴**	۰/۸۷**	۰/۹۲**	۰/۹۶**
۴. کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار				۰/۹۶**	۰/۹۵**	۰/۹۵**	۰/۹۵**
۵. بیکربنات آمونیوم- دی تی پی ای					۰/۹۱**	۰/۹۲**	۰/۹۸**
۶. اسید کلرید ریک ۰/۱ مولار						۰/۹۶**	۰/۸۸**
۷. مهلیخ ۱							۰/۸۹**
۸. کال ول							-

*: معنی‌دار در سطح ۵ درصد

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد

Ns : در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

فسفر استخراج شده به روش دوم نوارهای کاغذی با فسفر عصاره‌گیری شده با روش اول نوارهای کاغذی هم‌بستگی معنی داری دارد ولی با فسفر استخراج شده با سایر عصاره‌گیرهای شیمیایی هم‌بستگی معنی‌داری ندارد. احتمالاً مکانیزم مشابه عصاره‌گیری در دو روش نوارهای کاغذی دلیل این هم بستگی می‌باشد.

همان‌گونه که جدول ۲ نشان می‌دهد، مقدار فسفر استخراجی توسط روش اولسن با همه عصاره‌گیرها به جز روش دوم نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن هم‌بستگی معنی‌داری دارد. تفاوت در مدت زمان عصاره‌گیری می‌تواند بر مقدار فسفر عصاره‌گیری شده تأثیر بگذارد. به عبارت دیگر در صورتی که زمان عصاره‌گیری فسفر با بی کربنات سدیم از نیم ساعت به ۱۶ ساعت افزایش یابد (روش کال ول)، توانایی این عصاره‌گیر دو برابر شده و تقریبا" تمام فسفر زودگذر Labile phosphorus را از خاک خارج می‌کند (۳). فسفر عصاره‌گیری شده توسط روش کال ول نیز به جز روش دوم نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن با فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های دیگر هم‌بستگی معنی‌داری دارد.

بلانچر و کالدول (۳) میان فسفر عصاره‌گیری شده توسط روش‌های اولسن و کال ول هم‌بستگی معنی‌داری گزارش کرده‌اند.

ضرایب هم‌بستگی بین فسفر عصاره‌گیری شده با روش کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار با فسفر عصاره‌گیری شده با عصاره گیرهای دیگر به جز روش دوم نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن بالا و معنی دار است. در پژوهش‌های مختلف، رابطه خطی و معنی داری میان روش کلرید کلسیم و سایر روش‌ها گزارش شده است (۳، ۱۲ و ۱۴).

فسفر عصاره‌گیری شده به روش بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای نیز هم‌بستگی معنی داری با فسفر عصاره‌گیری شده با عصاره‌گیرهای دیگر به جز روش دوم نوارهای کاغذی دارد. لیستوار و سلطان پور (۱۲) نیز بین این روش و روش بی کربنات سدیم ـ دی تی پی ای هم‌بستگی معنی‌داری گزارش کرده‌اند. هم‌چنین این روش دارای هم‌بستگی خوب با روش اولسن بوده است (۲۶).

روش اسید کلریدریک ۰/۱ مولار و مهلیخ ۱ نیز که عصاره‌گیرهایی با طبیعت اسیدی هستند، مقدار فسفر بیشتری

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.1.8.4]

جدول ۴. هم‌بستگی فسفر استخراجی توسط عصاره‌گیرها و شاخص‌های گیاهی (۱۲ نمونه خاک)

شاخص‌های گیاهی / روش‌ها	غلظت فسفر	عملکرد خشک	جذب فسفر	افزایش غلظت	عملکرد نسبی	جذب اضافی	پاسخ
روش اول نوارهای کاغذی	۰/۲۹ ns	۰/۴۲ ns	۰/۷۷**	۰/۱۴ ns	۰/۷۳**	−۰/۲۹ ns	−۰/۴۲ ns
روش دوم نوارهای کاغذی	−۰/۴۲ ns	۰/۶۴*	۰/۴۲ ns	۰/۴۲ ns	۰/۴۵ ns	−۰/۱۹ ns	−۰/۲۳ ns
اولسن	−۰/۰۴ ns	۰/۲۱ ns	۰/۲۶ ns	۰/۶۳ *	۰/۵۹*	−۰/۲۵ ns	−۰/۵۸*
کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار	−۰/۱۳ ns	۰/۱۲ ns	۰/۰۴ ns	۰/۵۵ ns	۰/۵۴ ns	−۰/۱۹ ns	−۰/۵۶*
بی‌کربنات آمونیوم- دی تی پی ای	−۰/۰۵ ns	۰/۱۵ns	۰/۲۵ ns	۰/۴۶ ns	۰/۷۴**	−۰/۲۵ ns	−۰/۶۰*
اسید کلریدریک ۰/۱ مولار	−۰/۰۶ ns	۰/۳۶ ns	۰/۴۴ ns	۰/۵ ns	۰/۸**	−۰/۳ ns	−۰/۶۴**
مهلیخ ۱	−۰/۰۹ ns	۰/۳۲ ns	۰/۴۶ ns	۰/۴۹ ns	۰/۸۷**	−۰/۳ ns	−۰/۷۳**
کال ول	−۰/۱۰ ns	۰/۲۱ ns	۰/۲۱ ns	۰/۴۲ ns	۰/۶۵	−۰/۲۴ ns	−۰/۵۱ ns

*: معنی‌دار در سطح ۵ درصد
**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد
Ns : در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

نسبت به سایر روش‌ها استخراج کرده‌اند و با فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های دیگر به جز روش دوم نوارهای کاغذی هم‌بستگی معنی‌داری دارند. زیبرال و نمک (۳۴) گزارش کرده‌اند که مقدار فسفر استخراجی توسط روش اولسن و کلرید کلسیم به ترتیب ۴۰ و ۲ در صد میزان فسفر استخراجی توسط روش مهلیخ۱ می‌باشد. کوو و جلم (۱۱) در بررسی خودشان نشان دادند که بین فسفر عصاره‌گیری شده با روش اولسن و روش نوارهای کاغذی هم‌بستگی بالایی وجود داشت.

باتوجه به هم‌بستگی فسفر استخراج شده به روش اول نوارهای کاغذی با فسفر استخراج شده با سایر روش‌ها، نتایج این پژوهش مشخص کرد که روش اول نوارهای کاغذی می‌تواند به عنوان یک عصاره‌گیر فسفر قابل استفاده به کار رود.

ارتباط فسفر استخراج شده به وسیله عصاره‌گیرها و شاخص‌های گیاهی

آزمون‌های فسفر خاک که مقادیر فسفر قابل جذب گیاه را برآورد می‌کنند برای افزایش کارآیی کود به کار رفته برای تولید محصول مورد نیاز هستند. نتایج مطالعات هم‌بستگی بین مقادیر فسفر عصاره‌گیری شده توسط عصاره‌گیرها با شاخص‌های گیاهی در جدول ۴ ارائه شده است. همان گونه که نتایج نشان می‌دهد مقادیر فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های مختلف، با جذب اضافی و غلظت فسفر در گیاه ارتباطی نداشتند. شاخص جذب به جز در مورد روش اول نوارهای کاغذی با فسفر عصاره‌گیری شده با سایر عصاره‌گیرها ارتباط معنی‌دار ندارد. عملکرد خشک نیز تنها با فسفر عصاره‌گیری شده به روش دوم نوارهای کاغذی ارتباط معنی‌دار دارد. عملکرد نسبی با فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های استفاده شده به جز روش دوم نوارهای کاغذی و روش کلرید کلسیم هم‌بستگی معنی‌داری داشت. پاسخ گیاه نیز با فسفر استخراجی توسط روش‌های استفاده شده به جز روش کال ول و نوارهای کاغذی ارتباط معنی‌داری دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان چنین بیان داشت که با توجه به هم‌بستگی فسفر استخراجی توسط روش اول نوارهای کاغذی با شاخص‌های جذب و عملکرد نسبی، روش اول نوارهای کاغذی عصاره‌گیر مناسبی در استخراج فسفر قابل جذب است. هم‌چنین با توجه به هم‌بستگی معنی‌داری که بین فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های اولسن، دی تی پی ای، اسید کلریدریک۰/۱ مولار و مهلیخ ۱ با شاخص‌های عملکرد نسبی و پاسخ گیاه داشتند، این

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.1.8.4]

عصاره‌گیرها نیز می‌توانند در این خاک‌ها به‌عنوان عصاره‌گیر فسفر قابل جذب استفاده شوند.

در مورد ارتباط فسفر استخراج شده به روش‌های مختلف و شاخص‌های گیاهی بررسی‌هایی انجام شده است (۶، ۷، ۹ و ۲۳) . نیسی و گراوا (۲۳) دریافتند که روش دی تی پی ای هم‌بستگی خوبی با جذب فسفر در خاک‌های با مقادیر کم و زیاد کربنات کلسیم دارد. ولی در خاک‌های با مقدار رس زیاد نیازمند بررسی است.

در بررسی‌های انجام شده آزمون مهلیخ ۱ دارای هم‌بستگی بالا با پاسخ‌های گیاهی جذب، غلظت فسفر و عملکرد نسبی بوده است (۲۷،۱۵ و۲۹) فنگمائو و راسل (۶) گزارش کرده‌اند که روش مهلیخ ۱ هم‌بستگی بالایی با فسفر قابل استفاده گیاه ذرت داشته است. سیسینگ (۳۱) رابطه خوبی بین جذب گیاه و نوارهای کاغذی نسبت به روش‌های دیگر به‌دست آورد. سارکار و همکاران (۲۷) هم‌بستگی خوبی بین نوارهای کاغذی و روش مهلیخ ۱ با فسفر محلول و فسفر قابل استفاده خاک به‌دست آوردند و روش نوارهای کاغذی به عنوان یک عصاره‌گیر مناسب برای این خاک ها انتخاب شد.

نتایج این پژوهش نشان داد که روش اول نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن می‌تواند در برآورد فسفر قابل استفاده گیاه استفاده شود. با توجه به این‌که روش نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن در ایران برای نخستین بار در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های بیشتری در مورد این عصاره‌گیر در خاک‌های نواحی دیگر و با گیاهان دیگر انجام شود.

منابع مورد استفاده

1. Amer, F., O. R. Bouldin, C. A. Blach and F. R. Duke. 1955. Characterization of soil phosphorus by anion exchange resin adsorption and ^{32}P-equilibration. Plant Soil 6:391-408
2. Bissani, C. A., M. J. Tedesco, F. A. Camarge, G. L. Miola and C. Gianello. 2002. Anion-exchange ersins and iron oxide-impregnated filter paper . Commun. Soil Sci. Plant Anal. 33:1119-1130.
3. Blanchar, R. W. and A. C. Caldwell. 1964. Phosphorus uptake by plants and readily extractable phosphorus in soils. Agron. J. 56:218-220.
4. Chardon, W. J., R. G. Menon and S. H. Chien. 1996. Iron Oxide imperegnated filter paper (pi test): A Review of it's development and methodological research . Nutr. Cycl. Agroecocyst 46:42-51.
5. Colwell, J. D. 1963. The estimation of the phosphorus fertilizer requirments of wheat in Southern New South Wales by soil Analysis. Aust. J. Exp. Agric. Anim Husb. 3:190-198.
6. Fengmao, G., T. Russells and C. J. Rollin. 1996. Evaluating iron-impreganted paper strips for assessing available soil phosphorus. Commun . Soil Sci. Plant Anal. 27:2561-2590.
7. Fixen, P. E. and I. H. Grove. 1990. Testing soil for phosphorus. *In*: R. L. Westerman (Ed.), Soil Testing and Plant Analysis. 3rd ed. SSSA. Madison,WI.
8. Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis. *In*: A. Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis. part2. Physical properties. SSSA. Madsion,WI.
9. Kamparth, E. J. and M. E. Watson. 1980. Conventional soil and tissue tests for saaessing the phosphorus status of soils. *In*: F. E. Khasawneh et al. (Ed.), The Roe of Phosphorus in Agriculture. ASA, CSSA, SSSA, Madison,WI.
10. Kumar, V., R. J. Gilkes and M. D. A. Belland. 1992. A Comparision of seven soil P test for plant species with different P requirements grown on soils containing rock phosphate and superphosphate residues. Fert. Res. 33:35-45.
11. Kuo, S. and E. J. Jellum. 1994. The efect of soil phosphorus buffering capacity on phophorous extraction by iron-oxide coated paper strips in some acid soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 158:124-131.
12. Labhsetwar, W. K. and P. N. Soltanpour. 1985. A Comparison of NH_4HCO_3-DTPA, $NaHCO_3$, $CaCl_2$ and Na_2-EDTA soil tests for phosphorus. Soil Sci. Soc. Am. J. 49:1437-1440.
13. Lin, T. H., S. B. Ho and K. H. Houng. 1991. The use of iron oxide impregnated filter paper for the extraction of available phosphorus from Taiwan soils. Plant Soil 133:219-226.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.1.8.4]

14. Luscombe, P. C., K. K. Syers and P. E. H. Gregg. 1979. Water extraction as a soil testing procedure for phosphate. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 10:1361-1369.
15. Mehlich, A. 1978. New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, calcium, sodium, manganese, and zinc. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 9:477-492.
16. Menon, R. G., S. H. Chien, L. L. Hammend and J. Henao. 1989. Modified techniques for preparing paper strips for the new p_i soil test for phosphorus. Fert. Res. 19:85-91.
17. Menon, R. G., S. H. Chien and L. L. Hammond. 1990. Development and evaluation of the p_i Soil test for plant–available phosphorus. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 21:1131-1150.
18. Miller, R. H. and D. R. Keeney. 1982. Methods of soil Analysis. Part2. chemical and microbiological properties. SSSA. Madison, WI.
19. Murphy, J. and J. P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chem. Acta 27:31-36.
20. Myers, R. G., G. M. pierzynski and S. J. Thien. 1995. Improving the iron oxide sink method for extrarcting soil phosphorus. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:853-857.
21. Myers, R. G., G. M. Pierzynski and S. J. Thien. 1997. Iron oxide sink method for extracting soil phosphorus: paper preparation and use. Soil Sci. Soc. Am. J. 61:1400-1407.
22. Myers, R. G., S. J. Thien and G. M. pierzynski. 1999. Using an iron sink to extract microbial phosphorus from soil. Soil. Sci. Soc. Am. J. 63:1229-1237.
23. Nesse, P. and J. Grava and P. R. Bloom. 1988. Correlation of several test for phosphorus with resin extractable phosphorus for 30 alkaline soil. Commun Soil Sci. Plant Anal. 19:675-689.
24. Olsen, S. R., C. V. Cole, F. S. Watanabe and C. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Agric. Cir. 939.
25. Phiri, L. K. and M. L. Damaseke. 2000. Comparison of phosphorus impregantion and Bray1 soil test for evaluating plant Available phosphorus. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 31:2811-2819.
26. Pierzynski, G. M. 2000. Methods of phosphorus analysis for soils, sediments, residuals, and wtaer . Southern cooperative series Bolletine No. 396. Kansas State University.
27. Sarkar, D., G. A. O'Connor. 2001. Using p_i Soil test to estimate available phosphorus in bio solids-amended soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 32:2049-2063.
28. Sharpley, A. N. 1991. Soil phosphorus extracted by iron-aluminum oxide impregnated filter paper. Soil Sci. Soc. Am. J. 55:1083-1041.
29. Simard, R. R., T. Sentran and J. Zizka. 1991. Stransium chloride - citric acid extraction evalute as a soil testing procedure for phosphorus. Soil. Sci. Soc. Am. J. 55:414-241.
30. Singh, B., R. Aroa and K. N. Sharma. 1996. Evaluation of p_i soil test for extraction of available phosphorus in soils for maize. Indian Soc. Soil. Sci. J. 44:156-167.
31. Sissingh, H. A. 1971. Analytical procedure of the p_w-method used for the assessment of the phosphate status of arable soils in the Netherlands. Plant Soil 34:483-486.
32. Soltanpour, P. N. and A. P. Schwab. 1977. A new soil test for simulaneous extraction of macro and micro nutrients in alkaline soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 8:195-207.
33. Van der Zee, S. E. A. T. M., L. B. J. Fokkink and V. H. Van Riemsdijk. 1987. A new technique for assessment of reversibly adsorbed phosphate. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:559-604.
34. Zibral, J. and P. Nemec. 2002. Comparison of Mehlich 2, Mehlich 3, Colwell, Enger, Olsen and $CaCl_2$. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 33:3405-3417.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1383.8.1.8.4]