

ارزیابی تعدادی از عصاره‌گیرهای شیمیایی در برآورد فسفر قابل استفاده لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) در تعدادی از خاک‌های آهکی

طاهره رئیسی^{۱*} - علیرضا حسین پور^۲ - فایز رئیسی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۴/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۸

چکیده

هدف این پژوهش ارزیابی چند عصاره‌گیر شیمیایی در برآورد فسفر قابل استفاده لوبیا در خاک‌های آهکی استان چهارمحال و بختیاری بود. بدین منظور فسفر قابل استفاده ۱۰ نمونه خاک با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مختلف توسط عصاره‌گیرهای اولسن، کالول، بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار، بری I، II و مهلیچ I و II تعیین شد. همچنین فسفر آلی و فسفر کل خاک‌ها تعیین شدند. به منظور بررسی ارتباط بین شاخص‌های گیاه لوبیا و فسفر عصاره‌گیری شده کشت گلدانی در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار به مدت ۸ هفته اجرا شد. در پایان دوره کشت، لوبیا برداشت و شاخص‌های گیاهی شامل وزن خشک، غلظت فسفر در گیاه و مقدار جذب فسفر توسط بخش هوایی لوبیا تعیین گردید. نتایج نشان داد که مقدار فسفر استخراج شده توسط عصاره‌گیرها به صورت زیر کاهش یافت: کالول < مهلیچ II < بری II < اولسن < بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای < مهلیچ I < بری I < کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار. افزون بر این، فسفر آلی و کل خاک‌ها و فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های کالول، مهلیچ II و اولسن همبستگی معنی‌داری با شاخص‌های گیاه داشتند. بررسی رگرسیون گام به گام نشان داد که فسفر آلی و روش‌های عصاره‌گیری کالول و اولسن به تنهایی قادرند بخش اعظم تغییرات در شاخص‌های گیاه لوبیا را توضیح دهند. نتایج این تحقیق نشان داد که روش‌های کالول، اولسن و مهلیچ II می‌تواند برای برآورد فسفر قابل استفاده گیاه لوبیا در خاک‌های آهکی مطالعه شده استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی: فسفر قابل استفاده، لوبیا، عصاره‌گیرهای شیمیایی

مقدمه

دهه‌های گذشته مطالعات زیادی در ارتباط با آزمون‌های شیمیایی فسفر انجام شده است (۱، ۲، ۳، ۷، ۸، ۱۶، ۱۷، ۲۲، ۲۵ و ۲۹). بررسی منابع نشان می‌دهد تعداد زیادی از آزمون‌های شیمیایی برای ارزیابی فسفر قابل دسترس گیاه در خاک‌های اسیدی تا خنثی مناسب هستند (۱۳، ۱۴، ۲۲، ۲۳، ۲۵ و ۲۷). تحقیقات نشان می‌دهد که آزمون شیمیایی بری I در خاک‌های خنثی تا اندکی اسیدی آزمون مناسبی است اما در خاک‌های آهکی مقدار فسفر قابل دسترس گیاه را کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند (۲۳). طبق گزارش مالارینو و بلکمر (۲۳) مقدار فسفر استخراج شده در خاکی با pH برابر با ۸/۱ توسط آزمون‌های شیمیایی بری I، مهلیچ III و اولسن به ترتیب ۲، ۳۱ و ۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود. آزمون شیمیایی اولسن در خاک‌های آهکی برآوردی واقع بینانه‌تر از فسفر قابل دسترس گیاه دارد (۱۴ و ۳۲). از طرف دیگر، امروزه به دلیل افزایش تقاضا برای آزمون شیمیایی خاک و همچنین صرفه‌جویی در وقت و هزینه، استفاده از عصاره‌گیرهای چند منظوره مانند روش بی‌کربنات آمونیوم-

فسفر یکی از مهمترین عناصر غذایی است که در غلظت‌های خیلی کم در محلول خاک وجود دارد و جذب آن توسط گیاه منجر به کاهش بیشتر این عنصر در ناحیه نزدیک به ریشه می‌شود (۵). این عنصر نقش کلیدی در تولید دانه و عملکرد محصولات زراعی دارد. به طور کلی تعیین دقیق فسفر قابل استفاده گیاه، امکان‌پذیر نیست اما می‌توان به کمک روش‌های شیمیایی مختلف بخشی از فسفر قابل استفاده خاک را استخراج نمود که با فسفر جذب شده توسط گیاه همبستگی نزدیکی داشته باشند (۳). به همین دلیل تعدادی آزمون آزمایشگاهی توسعه یافته و همبستگی نتایج حاصل از این آزمون‌های آزمایشگاهی با عملکرد گیاه و یا جذب فسفر بررسی شده است. طی

۱، ۲ و ۳ - به ترتیب دانشجوی دکتری و استادان گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

(Email: taraiesi@gmail.com)

*- نویسنده مسئول

ارتباط بین شاخص‌های شیمیایی فسفر قابل استفاده گیاه با شاخص‌های رشد گیاه لوبیا در خاک‌های استان چهارمحال و بختیاری محدود است. بنابراین، این تحقیق با هدف مقایسه عصاره‌گیرهای مختلف در استخراج فسفر و نیز بررسی همبستگی بین فسفر عصاره‌گیری شده با تعدادی از روش‌های شیمیایی با شاخص‌های رشد لوبیا در تعدادی از خاک‌های آهکی استان چهارمحال و بختیاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش ۳۰ نمونه خاک از نقاط مختلف زمین‌های زراعی دشت شهرکرد از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری جمع‌آوری شدند. پس از هوا خشک کردن، نمونه‌های خاک از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. سپس ۱۰ نمونه خاک بر اساس مقادیر درصد رس، کربنات کلسیم معادل و مقدار فسفر عصاره‌گیری شده با روش اولسن انتخاب شدند. pH نمونه‌های خاک در عصاره ۲ به ۱ محلول به خاک (۳۵)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره‌های صاف شده با نسبت ۲ به ۱ محلول به خاک (۳۱)، کربنات کلسیم معادل خاک به روش تیتراسیون برگشتی با اسید کلریدریک یک نرمال (۲۱)، درصد کربن آلی خاک به روش اکسیداسیون تر (۲۸)، بافت خاک به روش هیدرومتر (۱۲)، فسفر کل با روش هضم با اسید نیتریک و اسید پرکلریک (۱۹) و فسفر آلی به روش سوزاندن (۱۹) اندازه‌گیری شد. همچنین فسفر استخراجی با عصاره‌گیرهای اولسن (۱۹)، کالول (۱۱)، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار (۱۹)، بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای (۱۹)، مهلیج I (۱۹)، مهلیج II (۱۸)، بری I و بری II (۹) عصاره‌گیری شد. غلظت فسفر نمونه‌ها به روش رنگ سنجی (۲۶) تعیین شد.

به منظور تعیین شاخص‌های گیاه لوبیا، یک آزمایش گلدانی در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. گلدان‌ها با خاک‌های عبور داده شده از الک ۲ میلی‌متری پر شدند. نظر به اینکه خاک گلدان‌ها نباید از لحاظ سایر عناصر غذایی کمبودی داشته باشند، در ابتدای کشت به هر گلدان ۲۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از منبع اوره، ۱۰۰ میلی‌گرم پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم و ۵ میلی‌گرم آهن به صورت Fe-EDDHA در کیلوگرم خاک و ۲ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک از منبع سولفات روی اضافه شد. برای کشت گیاه، بذره‌های لوبیا قرمز رقم صیاد (*Phaseolus vulgaris*) پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم و تلقیح با باکتری ریزوبیوم به تعداد شش بذر در قسمت مرکزی گلدان‌ها کشت شد. در پایان هفته اول تعداد بذرها در هر گلدان به چهار عدد تقلیل یافت. در طول مدت رشد، مراقبت‌های لازم انجام و سعی شد رطوبت خاک‌ها در حد ظرفیت مزرعه ثابت بماند. بخش هوایی گیاهان ۸ هفته بعد از کاشت برداشت شدند. بخش‌های هوایی گیاهان با آب مقطر شسته شده و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک و وزن خشک اندام

دی‌تی‌پی‌ای و مهلیج رواج یافته است (۱۰ و ۲۰). مولینا و همکاران (۲۵) به ارزیابی روش بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای در تخمین فسفر قابل استفاده چاودار در مقایسه با روش اولسن در خاک‌های اسیدی، قلیایی و اندی‌سول پرداختند. نتایج نشان داد که مقدار فسفر استخراجی در خاک‌های قلیایی و اسیدی توسط روش بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای با فسفر استخراجی به روش اولسن و همچنین با جذب فسفر توسط چاودار همبستگی داشت اما در خاک‌هایی که فسفر عصاره‌گیری شده با روش اولسن کمتر از ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود، روش بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای رابطه ضعیف با فسفر قابل استفاده گیاه داشت. طبق گزارش هالفورد (۱۴) عصاره‌گیر مهلیج I در خاک‌های با pH بیشتر از ۶ مقدار زیادی فسفر از مخازن تقریباً غیرقابل استفاده (غیرلبایل) استخراج می‌کند و بنابراین همبستگی مقدار فسفر استخراج شده توسط این عصاره‌گیر با شاخص‌های گیاه ضعیف است. هانی و همکاران (۱۳) در خاک‌هایی از ۱۰ ایالت آمریکا با دامنه pH ۴/۷ تا ۸/۱ گزارش کردند که فسفر عصاره‌گیری شده با روش مهلیج III، ۵ برابر فسفر عصاره‌گیری شده با روش اولسن بود. نتایج باتز (۶) حاکی از عملکرد بهتر دو عصاره‌گیر قلیایی (اولسن و بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای) نسبت به سه عصاره‌گیر اسیدی (بری I، بری II و مهلیج III) در برآورد فسفر قابل استفاده ذرت در ۸۸ خاک با دامنه pH ۵ تا ۷/۶ بود. ارفانوس (۳۰) به بررسی مقدار فسفر استخراج شده توسط آب‌مقطر و بی‌کربنات آمونیوم در ۵ خاک با دامنه وسیعی از کربنات کلسیم (صفر تا ۷۱ درصد) پرداخت. او گزارش کرد که بی‌کربنات مقدار فسفر بیشتری از آب در خاک‌های شدیداً آهکی و مقدار فسفر کمتری نسبت به آب در خاک‌ها با مقدار ناچیز آهک استخراج می‌کند. بل و همکاران (۴) گزارش کردند که درجه اشباع فسفر، تخمین بهتری از فسفر قابل دسترس گیاه در خاک‌های با ماده مادری بالزی در ایرلند شمالی نسبت به روش اولسن و دیگر روش‌های شناخته شده آزمون شیمیایی فسفر فراهم می‌کند. سالیز و تورنت (۳۳) فسفر موجود در ۲۴ نمونه از خاک‌های آهکی اسپانیا را به روش رزین، اولسن و کالول عصاره‌گیری کردند. آنها در تحقیق خود فسفر استخراج شده به روش رزین را به عنوان فسفر قابل استفاده (لبایل) در نظر گرفتند. نتایج این محققان نشان داد که مقدار فسفر استخراجی با روش اولسن تقریباً یک سوم فسفر قابل استفاده (لبایل) بود اما روش کالول مقدار فسفوری بیشتری نسبت به روش رزین استخراج کرد.

بنابراین، انتخاب عصاره‌گیر مناسب به عوامل متعدد مانند نوع گونه گیاه و شرایط خاک بستگی دارد و از این رو به نظر می‌رسد مکان محور (site-specific) باشد. محصولات اصلی کشت شده در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران عمدتاً گندم، جو، ذرت و لوبیا هستند. از طرف دیگر، کمبود فسفر یکی از محدودیت‌های اصلی برای تولید محصول در این مناطق است. افزون بر این، اطلاعات در مورد

عصاره‌گیری فسفر از خاک از روش‌های حل شدن در اسید، تشکیل کمپلکس با کاتیون‌های در ارتباط با فسفر، رسوب و هیدرولیز کاتیون-های در ارتباط با فسفر استفاده می‌شود (۱۸). روش‌های عصاره‌گیری مورد استفاده در این مطالعه را بر اساس روش استخراج فسفر می‌توان در چهار گروه قرار داد. گروه اول شامل: روش‌های عصاره‌گیری اولسن، کالول و بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای است. گروه دوم شامل: روش‌های عصاره‌گیری مهلیج III، بری I و II می‌باشد. گروه سوم شامل روش مهلیج I است و گروه چهارم عصاره‌گیر کلرید کلسیم رقیق را در بر می‌گیرد. استخراج فسفر در گروه اول بر اساس تشکیل کمپلکس با کاتیون‌های در ارتباط با فسفر و هیدرولیز این کاتیون‌ها می‌باشد. عصاره‌گیرهای موجود در گروه دوم بر اساس تشکیل کمپلکس با کاتیون‌های در ارتباط با فسفر و همچنین حل شدن در اسید، فسفر را استخراج می‌کنند. استخراج فسفر در گروه سوم بر اساس حل شدن در اسید می‌باشد و فسفر عصاره‌گیری شده با کلرید کلسیم رقیق (گروه چهارم)، فسفر محلول می‌باشد.

دامنه تغییر مقدار فسفر استخراجی توسط روش اولسن و بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای به ترتیب از ۱۵/۹ تا ۷۱/۹ و ۲ تا ۲۸/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و بیشترین مقدار فسفر توسط هر دو عصاره‌گیر از خاک شماره ۹ و کمترین آن از خاک شماره ۲ استخراج شد. مقادیر فسفر استخراجی با روش کالول از خاک‌های مطالعه شده در دامنه ۳۳/۹ تا ۱۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. در این روش نیز مشابه روش اولسن و بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای بیشترین مقدار فسفر از خاک شماره ۹ و کمترین مقدار فسفر از خاک شماره ۱ استخراج شد. دامنه تغییر مقدار فسفر استخراجی توسط عصاره‌گیر کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار از ۰/۸ تا ۳/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و بیشترین و کمترین فسفر به ترتیب از خاک ۹ و ۷ استخراج شد.

هوایی تعیین گردید. نمونه‌های خشک شده در آن به روش خاکستر خشک هضم و مقدار فسفر موجود در نمونه‌های هضم شده به روش مورفی و رایلی (۲۶) تعیین شد. در پایان همبستگی بین مقدار فسفر استخراج شده توسط چند روش شیمیایی و همچنین همبستگی بین مقدار فسفر استخراج شده توسط این روش‌های شیمیایی با شاخص-های گیاه لوبیا توسط نرم‌افزار استاتیسکا نسخه ۱۰ (۳۴) بررسی شدند.

نتایج و بحث

خصوصیات خاک

بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مطالعه شده در جدول ۱ آورده شده است. بر اساس نتایج، دامنه مقدار رس در خاک‌های مورد مطالعه از ۱۳۳ تا ۵۵۰ گرم بر کیلوگرم خاک، دامنه کربنات کلسیم معادل از ۱۶۲ تا ۴۷۵ گرم بر کیلوگرم خاک و مقدار کربن آلی از ۳/۱ تا ۱۳/۹ گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد (جدول ۱). خاک‌های مورد مطالعه قلیایی (دامنه pH از ۷/۹ تا ۸/۱) و غیرشور (دامنه قابلیت هدایت الکتریکی از ۰/۲۶ تا ۰/۶۱ دسی‌زیمنس بر متر) بودند. همچنین، دامنه مقدار فسفر آلی و کل در خاک‌های مورد مطالعه به ترتیب از ۳۹/۴ تا ۱۱۱/۹ و ۶۰۵ تا ۱۲۰۱/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. بنابراین، می‌توان گفت خاک‌های بررسی شده دارای دامنه وسیعی از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی می‌باشند.

آزمون‌های شیمیایی فسفر

مقدار فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های مختلف در جدول ۲ آورده شده است. مقدار فسفر استخراج شده توسط روش‌های مختلف در یک خاک متفاوت بود. این امر نشان دهنده استفاده از اجزای مختلف خاک توسط این عصاره‌گیرها می‌باشد. به طور کلی در

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

فسفر کل	فسفر آلی	کربن آلی	کربنات کلسیم معادل			واکنش خاک	رده‌بندی	طول و عرض جغرافیایی	
			رس	شن	معادل			درجه	طول
۶۰۵	۳۹/۴	۳/۱	۳۷۰	۲۷۷	۴۲۱	۸/۰	Typic Haploxerepts	۳۲° ۸'N	۵۰° ۵۸'E
۷۳۶	۶۰/۰	۵/۰	۴۷۶	۱۲۶	۱۶۲	۸/۰	Typic Haploxerepts	۳۲° ۱۹'N	۵۰° ۴۰'E
۸۰۱	۷۰/۰	۴/۳	۲۵۰	۴۱۶	۴۱۰	۸/۰	Typic Haploxerafls	۳۲° ۶'N	۵۰° ۵۹'E
۴۹۴	۴۹/۴	۴/۱	۲۹۴	۱۴۳	۴۷۵	۸/۰	Typic Haploxerepts	۳۲° ۹'N	۵۰° ۵۸'E
۸۰۸	۷۳/۸	۵/۴	۵۲۳	۵۰	۳۸۸	۸/۰	Typic Calcixerpts	۳۲° ۱۵'N	۵۰° ۳۳'E
۶۷۳	۷۳/۱	۸/۴	۵۵۰	۱۴۷	۲۶۷	۷/۹	Typic Haploxerepts	۳۲° ۳۴'N	۵۰° ۴۴'E
۱۲۰۱	۱۱۱/۹	۵/۱	۳۷۱	۱۸۹	۳۲۵	۸/۱	Typic Haploxerepts	۳۲° ۱۷'N	۵۰° ۵۶'E
۸۰۳	۱۰۳/۱	۱۳/۹	۴۹۰	۱۱۷	۲۶۶	۸/۱	Typic Calcixerpts	۳۲° ۱۵'N	۵۰° ۵۱'E
۱۱۵۶	۹۶/۹	۱۰/۴	۳۷۰	۱۶۲	۲۱۰	۸/۰	Typic Calcixerpts	۳۲° ۱۵'N	۵۰° ۵۸'E
۶۷۳	۶۸/۸	۷/۰	۱۳۳	۶۱۷	۱۹۰	۸/۰	Typic Haploxerepts	۳۲° ۲۹'N	۵۰° ۵۵'E

مقدار فسفر استخراجی توسط روش مهلیج II از ۶/۴ (خاک ۱۰) تا ۱۱۲/۵ (خاک ۹) میلی گرم بر کیلوگرم بود. همچنین عصاره گیرهای مهلیج I و بری II بیشترین مقدار فسفر را از خاک ۷ (به ترتیب ۲۵/۶۴ و ۱۰۶/۰۷ میلی گرم بر کیلوگرم) و کمترین مقدار فسفر را از خاک ۴ (به ترتیب ۱/۳۱۲ و ۰/۳۹ میلی گرم بر کیلوگرم) استخراج کردند (جدول ۲). متوسط مقدار فسفر استخراجی توسط روش های عصاره گیری ذکر شده در خاک های مورد مطالعه به صورت زیر کاهش یافت: کالول < مهلیج II < بری II < اولسن < بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای < مهلیج I < بری I < کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار (جدول ۲). نتایج نشان داد با افزایش زمان عصاره گیری فسفر با بی کربنات سدیم از نیم ساعت به ۱۶ ساعت، توانایی این عصاره گیر تقریباً دو برابر شده به طوری که متوسط فسفر استخراجی به روش اولسن و کالول در ۱۰ خاک مورد مطالعه به ترتیب ۲۷/۸۶ و ۵۴/۴۴ بود. بلانچر و کلدول (۷) نیز بیان کردند که مقدار فسفر استخراجی به روش کالول دو برابر اولسن بود و می توان گفت عصاره گیر کالول تقریباً تمام فسفر قابل استفاده را استخراج می کند. مالارینو و اتیا (۲۲) نشان دادند که روش بری II مقدار فسفر بیشتری را نسبت به اولسن در خاک های آهکی استخراج می کند. طبیعت اسیدی عصاره گیر بری II باعث انحلال و آزادسازی فسفر از ترکیبات کلسیم با قابلیت دسترسی متفاوت می گردد. همچنین، آنیون فلوئورید موجود در این عصاره گیر با کلسیم در خاک های آهکی تشکیل کمپلکس داده و منجر به افزایش حلالیت فسفات های کلسیم در این خاک ها می شود. بنابراین روش بری II احتمالاً بخش های از فسفر غیر قابل دسترس را نیز در خاک های آهکی استخراج می کند.

همان طور که در جدول ۲ مشاهده می شود کلرید کلسیم رقیق به دلیل فقط استخراج فسفر محلول، در کل فسفر کمتری نسبت به سایر

روش های عصاره گیری از خاک های مورد مطالعه استخراج می کند. مقادیر کم فسفر استخراجی توسط کلرید کلسیم رقیق در توافق با نتایج قبلی است (۱۷، ۲۰ و ۲۴). به دنبال کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار، کمترین مقدار فسفر توسط مهلیج I و بری I از خاک های مورد مطالعه استخراج شد. اسیدهای رقیق در روش های مهلیج I و بری I قادر نیستند فسفر زیادی از خاک استخراج نمایند زیرا خاک های آهکی تمایل دارند اسید را خنثی نمایند و ظرفیت این عصاره گیرها برای استخراج فسفر کاهش می یابد.

بررسی نتایج بدست آمده توسط روش های مختلف عصاره گیری نشان داد که فسفر استخراجی به روش اولسن و کالول همبستگی معنی داری با همدیگر و با فسفر استخراجی به روش های مهلیج II، بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای و کلرید کلسیم رقیق داشتند. این نتیجه در توافق با پژوهش های قبلی است که بین فسفر استخراجی به روش اولسن و کالول با سایر روش های عصاره گیری همبستگی معنی داری یافتند (۱۵، ۱۷، ۲۰ و ۲۵). بررسی نتایج مولینا و همکاران (۲۵) نشان داد که مقدار فسفر استخراجی در خاک های قلیایی و اسیدی توسط روش بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای با فسفر استخراجی به روش اولسن همبستگی داشت. نتایج بلانچر و کلدول (۷)، سالیز و تورنت (۳۳) و حسین پور و قانع (۱۷) نیز حاکی از وجود همبستگی بالا بین فسفر استخراجی به روش اولسن و کالول بود. همچنین، نتایج نشان می دهد که روش بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای با روش کلرید کلسیم رقیق، اولسن، کالول و مهلیج II همبستگی معنی داری دارد.

جدول ۲- مقادیر فسفر استخراج شده با روش های مختلف شیمیایی

شماره خاک	اولسن	کالول	بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای	کلرید کلسیم	بری I	بری II	مهلیج I	مهلیج II
۱	۲۴/۷	۳۳/۹	۲/۱	۱/۲	۴/۰	۲۴/۱	۱/۸	۲۰/۹
۲	۱۵/۹	۳۷/۳	۲/۰	۱/۳	۴/۷	۲۶/۳	۱/۷	۱۹/۰
۳	۱۷/۵	۳۹/۸	۵/۱	۱/۱	۰/۵	۰/۸	۴/۱	۱۲/۳
۴	۱۹/۱	۳۹/۲	۵/۴	۱/۰	۰/۶	۰/۴	۱/۳	۱۴/۰
۵	۱۸/۱	۴۷/۶	۲/۶	۱/۱	۲/۰	۲۹/۱	۱/۶	۲۱/۹
۶	۲۲/۴	۴۴/۳	۵/۷	۱/۲	۱۸/۱	۷۵/۲	۳/۳	۲۰/۴
۷	۴۰/۱	۸۰/۲	۵/۰	۰/۸	۷/۱	۱۰۶/۱	۲۵/۶	۹۲/۸
۸	۳۲/۰	۷۵/۵	۳/۶	۱/۱	۰/۳	۰/۴	۲/۰	۳۶/۹
۹	۷۱/۹	۱۰۶/۰	۲۸/۲	۳/۶	۱۴/۶	۷۰/۰	۱۰/۸	۱۱۲/۵
۱۰	۱۶/۸	۴۰/۵	۳/۲	۱/۱	۰/۲	۱۴/۵	۱/۶	۶/۴
میانگین	۲۷/۹	۵۴/۴	۶/۳	۱/۳	۵/۲	۳۴/۷	۵/۴	۳۵/۷
دامنه	۱۵/۹-۷۱/۹	۳۳/۹-۱۰۶/۰	۲/۰-۲۸/۲	۰/۸-۳/۶	۰/۲-۱۸/۱	۰/۴-۱۰۶/۱	۱/۳-۲۵/۶	۶/۴-۱۱۲/۵

دی‌تی‌پی‌ای، بری I، بری II و مهلیج III) در ۸۸ خاک با دامنه pH ۵ تا ۷/۶ از همبستگی بالایی با یکدیگر برخوردار بودند (۰/۸۳ تا ۰/۹۷). نتایج نسی و همکاران (۲۹) حاکی از همبستگی معنی‌دار بین فسفر استخراجی به روش‌های اولسن و بری I در ۳۰ خاک مورد مطالعه آنان بود.

بررسی نتایج نشان داد که همه‌ی روش‌های عصاره‌گیری مورد مطالعه به استثناء کلرید کلسیم رقیق، روش بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای و روش بری I همبستگی معنی‌داری با فسفر کل داشتند. همچنین، از بین روش‌های عصاره‌گیری ذکر شده، تنها روش کالول و مهلیج I و II با فسفر آلی همبستگی معنی‌داری داشتند.

همبستگی شاخص‌های گیاه با مقدار فسفر استخراج شده با

روش‌های شیمیایی

وزن خشک، غلظت و فسفر جذب شده توسط بخش هوایی لوبیا در ده خاک مورد مطالعه در جدول ۴ آورده شده است. کمترین بیشترین جذب فسفر توسط لوبیا مربوط به خاک ۳ (۱۵/۱۳ میلی‌گرم در گلدان) و خاک ۹ (۴۹/۸۷ میلی‌گرم در گلدان) بود. بررسی همبستگی بین فسفر استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای شیمیایی با شاخص‌های گیاه لوبیا در جدول ۵ آورده شده است. بررسی نتایج حاکی از وجود همبستگی بالا بین فسفر آلی و کل و کلیه شاخص‌های گیاه لوبیا بود. همچنین، در بین آزمون‌های شیمیایی فسفر همبستگی معنی‌داری بین غلظت فسفر در بخش هوایی لوبیا و فسفر استخراجی به روش کالول؛ وزن خشک لوبیا با فسفر استخراجی به روش کالول، اولسن، مهلیج II و بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای؛ و همچنین فسفر جذب شده توسط بخش هوایی لوبیا با فسفر استخراجی به روش کالول، مهلیج II، و اولسن وجود داشت (جدول ۵).

همبستگی معنی‌دار فسفر عصاره‌گیری شده با روش بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای با فسفر استخراجی توسط سایر روش‌های عصاره‌گیری در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده است (۱۶ و ۲۰). روش کلرید کلسیم رقیق نیز همبستگی معنی‌داری با روش‌های اولسن، کالول و مهلیج II دارد. در تحقیقات زیادی که توسط سایر محققان در سراسر جهان صورت گرفته همبستگی معنی‌دار فسفر استخراجی با روش کلرید کلسیم رقیق با فسفر استخراجی توسط سایر روش‌های عصاره‌گیری گزارش شده است (۸، ۱۷ و ۲۴). همچنین، بررسی نتایج نشان داد که فسفر استخراجی به روش مهلیج II با سایر روش‌های عصاره‌گیری به جزء بری I همبستگی معنی‌داری داشت. علاوه بر این، فسفر استخراجی به روش مهلیج I با فسفر استخراجی به روش‌های مهلیج II و بری II همبستگی معنی‌داری داشت که احتمالاً نشان می‌دهد این عصاره‌گیرها فسفر را از مخازن مشابه استخراج می‌کنند. همچنین فسفر استخراجی با روش بری II با فسفر استخراج شده با روش‌های مهلیج I، II و بری I همبستگی معنی‌داری داشت. فسفر استخراجی به روش بری I فقط با فسفر استخراجی به روش بری II همبستگی معنی‌داری داشت (جدول ۳). هالفورد (۱۵) به بررسی همبستگی بین چهار روش آزمون خاک فسفر (اولسن، کالول، بری I و بری II) پرداخت. او گزارش کرد که همبستگی بالا بین دو آزمون خاک تنها زمانی قابل انتظار بود که آزمون‌ها از درجه حساسیت مشابهی به ظرفیت بافری برخوردار باشند. به عبارت دیگر، وقتی عصاره‌گیرها از مکانیسم‌های مختلف استخراج برخوردار باشند، احتمال اینکه مقادیر فسفر استخراج شده توسط آنها در دامنه وسیعی از خاک‌ها با یکدیگر همبستگی داشته باشد، ضعیف بود. نتایج مالارینو و بلکمر (۲۳) حاکی از وجود همبستگی معنی‌دار بین عصاره‌گیرهای اولسن و مهلیج III در ۲۵ خاک عمدتاً خنثی تا اندکی اسیدی بود. نتایج باتز (۶) نشان داد که مقادیر فسفر استخراجی توسط پنج عصاره‌گیر شیمیایی (اولسن، بی‌کربنات آمونیوم-

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین چند روش آزمون شیمیایی فسفر مورد استفاده در این تحقیق (n= ۱۰)

	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	
۱- اولسن	۰/۷۶*	۰/۶۱	۰/۵۵	۰/۵۴	۰/۹۴**	۰/۵۶	۰/۸۲**	۰/۹۰**	۰/۹۳**	
۲- کالول	۰/۸۵**	۰/۸۴**	۰/۵۳	۰/۴۱	۰/۹۳**	۰/۶۳	۰/۶۷*	۰/۷۷**	-	
۳- بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای	۰/۵۷	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۵۷	۰/۷۵*	۰/۳۱	۰/۹۶**	-		
۴- کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار	۰/۴۹	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۵۴	۰/۶۶*	۰/۱۴	-			
۵- مهلیج I	۰/۸۳**	۰/۶۹*	۰/۸۰**	۰/۳۲	۰/۷۹**	-				
۶- مهلیج II	۰/۹۰**	۰/۷۲*	۰/۷۲*	۰/۵۱	-					
۷- بری I	۰/۳۷	۰/۲۶	۰/۷۷**	-						
۸- بری II	۰/۶۹*	۰/۵۳	-							
۹- فسفر آلی	۰/۸۴**	-								
۱۰- فسفر کل	-									

** و * - به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال $p \leq 0.01$ و $p \leq 0.05$

جدول ۴- وزن خشک بخش هوایی، غلظت و جذب فسفر توسط لوبیا در خاک‌های مورد مطالعه

وزن خشک (g/pot)	غلظت (mg/kg)	جذب (mg/pot)	
۷/۳۶	۲۵۵۳	۱۸/۵۲	۱
۷/۴۷	۲۱۹۴	۱۵/۸۶	۲
۶/۶۱	۲۲۳۳	۱۵/۱۳	۳
۹/۳۷	۲۰۵۶	۱۹/۲۳	۴
۹/۸۲	۲۷۷۲	۲۷/۳۴	۵
۸/۵۵	۳۳۷۵	۲۸/۴۸	۶
۱۱/۴۷	۴۲۸۱	۴۹/۰۹	۷
۱۱/۰۴	۳۹۲۲	۴۳/۳۶	۸
۱۳/۴۱	۳۷۳۳	۴۹/۸۷	۹
۹/۰۷	۳۷۵۶	۳۴/۰۲	۱۰
۱۳/۴۱-۶/۶۱	۴۲۸۱-۲۰۵۶	۴۹/۸۷-۱۵/۱۳	دامنه
۹/۴۲	۳۰۸۸	۳۰/۰۹	میانگین

نتایج نشان داد که در بین روش‌های عصاره‌گیری مورد استفاده، فقط فسفر استخراجی به روش کالول با تمام شاخص‌های گیاه لوبیا (غلظت، وزن خشک و جذب فسفر توسط بخش هوایی گیاه) همبستگی معنی‌داری داشت. همچنین، با توجه به همبستگی معنی‌داری که فسفر استخراجی با روش‌های اولسن و مهلیچ II با شاخص‌های جذب و وزن خشک لوبیا داشتند، به نظر می‌رسد این دو روش به همراه روش کالول می‌توانند در برآورد فسفر قابل استفاده در این خاک‌ها مناسب باشند. علاوه بر این فسفر آلی و کل نیز با کلیه شاخص‌های گیاه لوبیا همبستگی معنی‌داری داشتند. طبق گزارش باتز (۶) ضرایب همبستگی بین فسفر استخراجی توسط ۵ عصاره‌گیر قلیایی و اسیدی با فسفر جذب شده توسط ذرت به صورت زیر کاهش یافت: اولسن \sim بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای < بری II \sim مهلیچ III < بری I. همچنین نتایج مولینا و همکاران (۲۵) نشان دادند که مقدار فسفر استخراجی در خاک‌های قلیایی و اسیدی توسط روش بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای با جذب فسفر توسط چاودار همبستگی دارد. آنان همچنین نشان دادند که در خاک‌هایی که فسفر عصاره‌گیری شده با روش اولسن کمتر از ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود، روش بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای رابطه ضعیفی با فسفر قابل استفاده گیاه داشت. کریمی و همکاران (۱) نیز گزارش کردند که

فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های اولسن، کالول و بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای همبستگی معنی‌داری با شاخص‌های گیاه برنج دارد. نتایج لابستوار و سلطان‌پور (۲۰) حاکی از وجود همبستگی بالا بین فسفر جذب شده توسط یونجه و فسفر استخراجی با روش‌های اولسن، کلرید کلسیم رقیق، بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای و Na₂-EDTA بود. هالفورد (۱۴) به ارزیابی ارتباط بین آزمون‌های شیمیایی اولسن، کالول، مهلیچ I و بری I با جذب گیاه، بازده نسبی، فسفر قابل استفاده و ظرفیت بافری در خاک‌های با دامنه pH ۵/۴ تا ۸/۱ پرداخت. نتایج او حاکی از وجود همبستگی بالا بین فسفر استخراج شده توسط روش اولسن، کالول و شاخص‌های گیاه بود. در میان آزمون‌های ذکر شده روش اولسن به طور صحیح به ظرفیت بافری حساس بود و بنابراین بالاترین همبستگی را با شاخص‌های گیاه داشت. مشایخی و تدین‌نژاد (۲) به ارزیابی چهار روش عصاره‌گیری فسفر (اولسن، مهلیچ III، بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای و آب مقطر) در برآورد فسفر قابل استفاده گندم پرداختند. آنان گزارش کردند در میان عصاره‌گیرهای مورد مطالعه، روش اولسن از بالاترین همبستگی با شاخص‌های گیاهی برخوردار است. همچنین این محققان روش مهلیچ III را به عنوان روشی مناسب برای استخراج فسفر قابل استفاده گیاه در خاک‌های گچی پیشنهاد کردند.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های گیاه لوبیا و فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های شیمیایی (n=۱۰)

فسفر کل	فسفر آلی	مهلیچ II	مهلیچ I	بری II	بری I	کلرید کلسیم	بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای	اولسن	کالول
۰/۶۴*	۰/۸۲**	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۳۳	۰/۲۱	۰/۳۰	۰/۷۱*	۰/۵۶
۰/۶۹*	۰/۷۵*	۰/۸۳**	۰/۵۴	۰/۴۸	۰/۳۳	۰/۵۸	۰/۶۸*	۰/۹۲**	۰/۸۳**
۰/۷۶*	۰/۸۸**	۰/۸۱**	۰/۶۵	۰/۵۸	۰/۳۵	۰/۴۳	۰/۵۴	۰/۹۰**	۰/۷۷*

** و * - به ترتیب معنی دار در سطح احتمال $p \leq 0.01$ و $p \leq 0.05$

لوبیا توسط فسفر آلی قابل توجه است. عصاره‌گیر اولسن به تنهایی قادر است ۳۱ و ۵۹ درصد از تغییرات غلظت فسفر و فسفر جذب شده توسط لوبیا را توضیح دهد. برعکس، روش عصاره‌گیری مهلیج II و فسفر کل نیازمند وارد کردن برخی از خصوصیات خاک در معادله رگرسیون گام به گام جهت بهبود برآورد شاخص‌های گیاه می‌باشند. باتز (۶) گزارش کرد که با وارد کردن pH به عنوان متغیر دوم به رابطه بین فسفر استخراجی توسط عصاره‌گیرهای مختلف و فسفر جذب شده توسط ذرت، ضریب تبیین افزایش یافت.

نتیجه‌گیری

بر اساس ضریب همبستگی ساده از میان هشت روش عصاره‌گیری مطالعه شده، روش عصاره‌گیری کالول، مهلیج II و اولسن همبستگی معنی‌داری با شاخص‌های لوبیا داشتند. بنابراین، می‌توان روش‌های کالول، مهلیج II و اولسن را برای ارزیابی فسفر قابل استفاده لوبیا در این خاک‌های آهکی پیشنهاد کرد و باتوجه به این امر که روش مهلیج II، می‌تواند عناصر ماکرو و میکرو را همزمان استخراج نماید، استفاده از این عصاره‌گیر فقط در صورتی که بعنوان عصاره‌گیر چند منظوره استفاده شود، می‌تواند در خور توجه باشد. علاوه بر این، فسفر آلی و کل نیز همبستگی بالایی با شاخص‌های گیاه لوبیا داشتند.

تجزیه رگرسیون چند گانه گام به گام برای شاخص‌های گیاهی (غلظت فسفر در لوبیا، وزن خشک و فسفر جذب شده توسط لوبیا) بعنوان تابعی از فسفر قابل استخراج توسط عصاره‌گیرهای مختلف و تعدادی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۶ آورده شده است. نتایج همبستگی ساده در بخش قبلی نشان داد که فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های بی‌کربنات آمونیوم-دی‌تی‌پی‌ای، کلرید کلسیم رقیق، بری I و II، مهلیج I همبستگی معنی‌داری با شاخص‌های گیاه لوبیا نداشتند (جدول ۵)، بنابراین در رگرسیون چندگانه این عصاره‌گیرها مطالعه نشده‌اند. همان‌طور که نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد در معادله رگرسیون گام به گام فسفر آلی و فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های کالول و اولسن تنها متغیرهایی بودند که توانایی برآورد شاخص‌های گیاه لوبیا را داشتند. وارد کردن واکنش خاک به عنوان متغیر دوم به همراه فسفر استخراج شده با روش اولسن باعث بهبود برآورد این عصاره‌گیر از وزن خشک شد. علاوه بر این، با وارد کردن کربن آلی به عنوان متغیر دوم در معادله رگرسیون گام به گام، برآورد فسفر استخراج شده با روش مهلیج II و فسفر کل از شاخص‌های گیاه لوبیا بهبود یافت. بنابراین، به‌طور کلی می‌توان گفت فسفر قابل استخراج به روش کالول به تنهایی قادر است ۵۰، ۸۵ و ۸۱ درصد از تغییرات غلظت فسفر در لوبیا، وزن خشک و فسفر جذب شده توسط لوبیا را به ترتیب توضیح دهد. همچنین ۶۷، ۵۶ و ۷۷ درصد از تغییرات غلظت فسفر در لوبیا، وزن خشک و فسفر جذب شده توسط

جدول ۶- رگرسیون گام به گام و ضریب تبیین شاخص‌های گیاه لوبیا و فسفر استخراجی توسط عصاره‌گیرهای شیمیایی مختلف و خصوصیات خاک

روش آزمون خاک	معادله رگرسیون گام به گام	ضریب تبیین	ضریب همبستگی
اولسن	اولسن $\times ۲۶/۳۶ + ۲۳۵۳/۱۴ =$ غلظت	۰/۳۱ ^{ns}	۰/۵۶
	اولسن $\times ۱۴/۳۰ + pH + ۱۰۷/۷۷ + ۰/۰۹ =$ عملکرد	۰/۸۱ ^{**}	۰/۸۳ ^{**}
	اولسن $\times ۱۳/۴۴ + ۰/۶۰ =$ جذب	۰/۵۹ ^{**}	۰/۷۷ [*]
کالول	کالول $\times ۲۳/۹۱ + ۱۷۸۵/۶۷ =$ غلظت	۰/۵۰ [*]	۰/۷۱ [*]
	کالول $\times ۵/۰۶ + ۰/۰۸ =$ عملکرد	۰/۸۵ ^{**}	۰/۹۲ ^{**}
	کالول $\times ۲/۸۸ + ۰/۵۰ =$ جذب	۰/۸۱ ^{**}	۰/۹۰ ^{**}
مهلیج II	مهلیج II $\times ۱۳/۷۴ + ۲۵۹۶/۹۶ =$ غلظت	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۶۱
	مهلیج II $\times ۰/۲۳ + O.C + ۶/۴۳ + ۰/۰۴ =$ عملکرد	۰/۸۱ ^{**}	۰/۸۳ ^{**}
	مهلیج II $\times ۱/۷۷ + O.C + ۹/۶۶ + ۰/۲۴ =$ جذب	۰/۸۲ ^{**}	۰/۸۱ ^{**}
فسفر آلی	فسفر آلی $\times ۲۸/۹۷ + ۹۲۵/۶۷ =$ غلظت	۰/۶۷ ^{**}	۰/۸۲ ^{**}
	فسفر آلی $\times ۴/۳۴ + ۰/۰۷ =$ عملکرد	۰/۵۶ [*]	۰/۷۵ [*]
	فسفر آلی $\times ۷/۸۹ + ۰/۵۱ =$ جذب	۰/۷۷ ^{**}	۰/۸۸ ^{**}
فسفر کل	فسفر کل $\times ۱۱۹/۸۶ + O.C + ۸۵۴/۸۳ + ۱/۸۰ =$ غلظت	۰/۶۳ [*]	۰/۶۴ [*]
	فسفر کل $\times ۰/۲۸ + O.C + ۳/۴۰ + ۰/۰۵ =$ عملکرد	۰/۶۶ ^{**}	۰/۶۹ [*]
	فسفر کل $\times ۱/۹۳ + O.C + ۱۲/۳۸ + ۰/۰۴ =$ جذب	۰/۷۹ ^{**}	۰/۷۶ [*]

*** و ** - به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ $p \leq$ و ۰/۰۵ $p \leq$ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد

بهبود برآورد این متغیرها از فسفر قابل استفاده لوبیا گردید. به طور کلی، روش عصاره‌گیری اولسن با توجه به جنبه اقتصادی، سرعت عصاره‌گیری و ارتباط قابل قبول با شاخص‌های گیاهی جهت تعیین فسفر قابل دسترس توصیه می‌گردد.

همچنین، بررسی نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد که عصاره‌گیر کالول و اولسن و همچنین فسفر آلی به تنهایی قادرند بخش عمده تغییرات در شاخص‌های گیاه لوبیا را توضیح دهند. وارد کردن کربن آلی به عنوان متغیر دوم به رابطه‌ی بین فسفر عصاره‌گیری شده با روش مهلیچ II و همچنین فسفر کل، منجر به

منابع

- ۱- کریمی امیر کیاسر م.، اردلان م.، کاووسی م. و شکری واحد ح. ۱۳۹۰. ارزیابی مزرعه‌ای و آزمایشگاهی چند روش عصاره‌گیری جهت تعیین فسفر قابل جذب در برخی اراضی شالیزاری استان گیلان. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۴): ۸۱۴-۸۲۲.
- ۲- مشایخی پ. و تدین‌نژاد م. ۱۳۹۰. ارزیابی چهار روش عصاره‌گیری مختلف فسفر قابل استفاده گیاه در خاک‌های گچی و غیرگچی استان اصفهان. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۵(۳): ۲۰۷-۲۱۵.
- 3- Abrams M.M., and Jarell W.M. 1992. Bioavailability index for phosphorus using ion exchange resin impregnated membranes. *Soil Science Society of America Journal*, 56: 225-252.
- 4- Bell A.A.W., Bailey J.S., Smith R.V., and Allen M.M. 2005. Development of an alternative to the Olsen bicarbonate-extraction test for determining plant-available phosphorus in basaltic soils. *Soil Use and Management*, 21: 330-336.
- 5- Bhattacharyya P., Datta S.C., and Dureja P. 2003. Interrelationship of pH organic acids and phosphorus concentration in soil solution of rhizosphere and non-rhizosphere of wheat and rice crops. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34: 231-245.
- 6- Bates E. 1990. Prediction of phosphorus availability from 88 Ontario soils using five phosphorus soil tests, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 21: 1009-1023.
- 7- Blanchar R.W., and Caldwell A.C. 1964. Phosphorus uptake by plant and readily extractable phosphorus in soils. *Agronomy Journal*, 56: 218-220.
- 8- Bissani C.A., Tedesco M.J., Camarge F.A., Miola G.L., and Gianello C. 2002. Anion-exchange resins and iron oxide-impregnated filter paper. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33: 1119-1130.
- 9- Bray R.H., and Kurtz L.T. 1945. Determination of total, organic and available phosphorus soil. *Soil Science*. 59:39-45.
- 10- Bortolon L., Gianello C., Welter S., Almeida R.G.O., and Giasson E. 2011. Simultaneous extraction of phosphorus, potassium, calcium and magnesium from soils and potassium recommendations for crops in southern Brazil. *Pedosphere*, 21: 365-372.
- 11- Colwell J.D. 1963. The estimation of the phosphorus fertilizer requirements of wheat in Southern New South Wales. *Australian Journal Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 3:190-197.
- 12- Gee G.H., and Bauder J.W. 1986. Particle size analysis. p. 383-409. In: A. Klute (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 2 physical properties*. SSSA, Madison, WI. .
- 13- Haney R.L., Haney E.B., Hossner L.R., and Arnold J.G. 2006. Development of a new soil extractant for simultaneous phosphorus ammonium and nitrate analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37: 1511-1523.
- 14- Holford C.R. 1980a. Greenhouse evaluation of four phosphorus soil tests in relation to phosphate buffering and labile phosphate in soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44: 555-559.
- 15- Holford C.R. 1980b. Effects of phosphate buffer capacity on critical levels and relationships between soil tests and labile phosphate in wheat-growing soils. *Australian Journal of Soil Research*, 18: 405-414.
- 16- Hosseinpur A.R., and Safari Sinegani A. 2009. Correlation of iron oxide-impregnated paper method with selected soil phosphorus tests and alfalfa indices. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40: 1183-1190.
- 17- Hosseinpur A.R., and Ghanee A.H. 2006. Comparison of iron oxide, impregnated paper strips with other extractants in determining available soil phosphorus. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37: 889-897.
- 18- Fixen P.E., and Grove J.H. 1990. Testing soils for phosphorus. p. 141-180. In: R.L. Westerman (ed) *Soil Testing and Plant Analysis*. 3rd ed. SSSA, Madison, WI. .
- 19- Kuo S. 1996. Phosphorus. p. 869-920. In: D.L. Sparks (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 3 chemical methods*. SSSA, Madison, WI. .
- 20- Labhsetwar V.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 Science Society of America Journal* 49:1437-1440.

- 21- Loeppert R.H., and Sparks D.L. 1996. Carbonate and gypsum. p. 437-474. In: D.L. Sparks (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 3 chemical methods.* SSSA Madison WI. .
- 22- Mallarino A.P., and Atia A.M. 2005. Correlation of a resin membrane soil phosphorus test with corn yield and routine soil tests. *Soil Science and Society of America Journal*, 69:266–272.
- 23- Mallarino A.P., and Blackmer A.M. 1992. Comparison of methods for determining critical concentrations of soil test phosphorus for corn. *Journal of the America Society of Agronomy*, 84: 850-856.
- 24- Menon R.G., and Chien S.H. 1995. Soil testing for available phosphorus in soils where phosphate rock-based fertilizers are used. *Fertilizer Research*, 41: 179-187.
- 25- Molina M., Ortega R., and Escudey M. 2012. Evaluation of the AB-DTPA multiextractant in Chilean soils of different origin with special regard to available phosphorus. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58: 789-803.
- 26- Murphy J., and Riley J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytical Chemical Acta*, 27: 31-36.
- 27- Myers R.G., Thien S.J., and Pierzynski G.M. 2005. Ion-sink phosphorus extraction methods applied on 24 soils from the continental USA. *Soil Science and Society of America Journal*, 69: 511–521.
- 28- Nelson D.W., and Summers L.E. 1996. Total carbon organic carbon and organic matter. p. 961-1011. In: D.L. Sparks (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 3 chemical methods.* SSSA Madison WI.
- 29- Nesse P., Grava J., and Bloom P.R. 1988. Correlation of several tests for phosphorus with resin extractable phosphorus for 30 alkaline soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 19: 675-689.
- 30- Orphanos P.I. 1978. Extraction of phosphorus from the major soils of Cyprus with water or bicarbonate. *Plant and Soil*, 49: 417-420.
- 31- Rhoades J.D. 1996. Salinity Electrical conductivity and total dissolved solids. p. 417-437. In: D.L. Sparks (ed.) *Methods of Soil Analysis;* SSSA: Madison, WI.
- 32- Sharpley A.N., Tiessen H., and Cole C.V. 1987. Soil phosphorus forms extracted by soil tests as a function of pedogenesis. *Soil Science Society of America Journal*, 51:362–365.
- 33- Solis P., and Torrent J. 1989. Phosphate fractions in calcareous Vertisols and Inceptisols of Spain. *Soil Science Society of America Journal*, 53:462-466.
- 34- StatSoft, Inc. 2010. STATISTICA (data analysis software system), Version 10. [www. Statsoft.com](http://www.Statsoft.com).
- 35- Thomas G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. p. 475-491. In: *Methods of Soil Analysis. Part 3 chemical methods.* SSSA Madison WI.

Evaluation of Several Chemical Extractants to Deterministic Phosphorus Availability for Bean (*Phaseolus vulgaris*) in Some Calcareous Soils

T. Raiesi^{1*} - A. Hosseinpur² - F. Raiesi³

Received:16-07-2012

Accepted:27-01-2013

Abstract

The objective of the present study was to evaluate several chemical extractants to estimate available phosphorus (P) for bean growing in calcareous soils from Chaharmahal-Va-Bakhtiari province. The amount of available P was measured by Olsen, Colwell, ammonium bicarbonate-DTPA, 0.01 M calcium chloride, Bray I, II, Mehlich I and II extractants. In addition, soil organic P and total P were determined. A pot experiment consisting of a completely randomized design with three replications was conducted to evaluate the plant performance in association with chemical extractants. After the harvest, dry weight, P concentration and P uptake were determined. The results showed that the amount of extractable P decreased in the following order: Colwell > Mehlich II > Bray II > Olsen > Ammonium bicarbonate -DTPA > Mehlich I > Bray I > 0.01M Chloride calcium. Organic and total P and phosphorus extracted by Colwell, Olsen and Mehlich II methods correlated significantly with plant indices. In addition, the results of stepwise regression analysis showed that the organic P, Colwell and Olsen extractants could explain more variation in the indices of bean plant. The results of this research showed that Colwell, Olsen and MehlichII extractants could be used to estimate plant-available P in the studied calcareous soils.

Keywords: Available phosphorus, Bean plant, Soil chemical extractants

1,2,3- PhD Student and Professors of Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Respectively
(*-Corresponding Author Email: taraiesi@gmail.com)