

تعیین فسفر قابل استفاده با روش نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن و

مقایسه آن با روش‌های شیمیایی

علیرضا حسین پورا^{۱*} و محمد حسن صالحی^۲^۱دانشیار و ^۲استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه شهرکرد

چکیده

روش های گیرنده یون نظیر نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن می تواند به صورت ممتد فسفر را از محلول خاک جذب کند. در این روش مکانیزم عصاره گیری فسفر احتمالا شبیه مکانیزم جذب فسفر به وسیله گیاه است. هدف این پژوهش مقایسه روش نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن با روشهای اولسن، بری ۲، مهلیچ ۲ و بیکرنات - آمونیوم دی تی پی ای در تعیین فسفر قابل استفاده گیاه یونجه بود. فسفر قابل استفاده در ۱۵ نمونه خاک به روشهای ذکر شده تعیین شد. کشت گلدانی در قالب بلوک های کامل تصادفی و به صورت فاکتوریل شامل ۱۵ نمونه خاک و دو سطح صفر و ۲۰۰ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک انجام و گیاهان یونجه (*Medicago sativa*) در سه چین برداشت شدند. نتایج این پژوهش نشان داد مقدار فسفر استخراج شده به روش نوارهای کاغذی با فسفر استخراج شده با سایر روشهای شیمیایی هم بستگی معنی داری ($p < 0.05$) داشت. نتایج مطالعات هم بستگی نشان داد که در چین اول، شاخص جذب با فسفر عصاره گیری شده با روش نوارهای کاغذی و سایر عصاره گیرها هم بستگی معنی داری نداشت. در چین دوم و سوم شاخص جذب و دیگر شاخصهای گیاه با فسفر استخراج شده با روش نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن شبیه چند عصاره گیر دیگر به جز روش بری ۲ هم بستگی معنی داری ($p < 0.05$) داشتند. نتایج این پژوهش نشان داد که روش نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن می تواند شبیه تعدادی از روشهای شیمیایی دیگر جهت تعیین فسفر قابل استفاده گیاه یونجه به کار رود.

واژه‌های کلیدی: نوارهای کاغذی، عصاره گیرهای شیمیایی، فسفر قابل استفاده

مقدمه

لبایل خاک جذب می کنند (Menon et al., 1989a). در مقابل در آزمونهای شیمیایی برای فسفر خاک ممکن است فسفر غیر لبایل که برای گیاه قابل جذب نیست را جذب کند (Malarino, 1997; Ghanbari et al., 1997).

روشهای گیرنده یون برای برآورد فسفر قابل جذب برای خاکهایی با تغییرات زیاد در ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک به صورت رضایت بخشی به کار رفته است (Sharpley et al., 1995; Meyers et al., 1994). در مقابل آزمونهای شیمیایی برای فسفر خاک در تمام خاکها همیشه قابل اعتماد نیست. به عنوان مثال آزمون اولسن برای عصاره گیری فسفر از خاکهای آهکی ایجاد شده است، هرچند روشهای بری و مهلیچ برای خاکهای غیر آهکی که کمپلکسهای آهن و آلومینیوم فسفر غالب هستند ایجاد شده است (Mehlich, 1984).

فسفر استخراج شده به روش رزین با فسفر جذب شده با گیاه در بیشتر خاکها هم بستگی دارد (Buchler et al., 2002)، اما مشکلات تجزیه با روش رزین مانع استفاده آن در بیشتر آزمایشگاههای آزمون خاک شده است (Menon et al., 1989b; Vanderzee et al., 1987).

در چند روش برای برآورد فسفر قابل استفاده در خاکها که آزمونهای گیرنده یون نامیده می شوند، سطح جذب کننده ای را برای گرفتن یون به کار می برند. این گیرنده یون فسفر را از محلول خاک جذب و نگه داری می کند. یکی از این روشها روش رزین تبادل آنیونی است که فسفر را از خاک جذب می کند (Bissani et al., 2002). روش دیگر روش نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن است که مکانیسم جذب آن شبیه رزین می باشد (Fixen and Grove, 1990; Ustialo and Yli-Halla, 1999). در هر دو آزمون محلول خاک با مقداری گیرنده یون تکان داده می شود. این روشهای آزمون خاک برتریهایی نسبت به عصاره گیرهای شیمیایی معمول نظیر بری (Bray and Kurtz, 1945)، اولسن (Watanabe and Olsen 1965)، مهلیچ (Mehlich, 1984) و بی کرنات آمونیوم - دی تی پی ای (Soltanpou and Schwab, 1977) دارد. روشهای گیرنده یون شبیه ریشه های گیاه عمل می کنند و یون را از بخش فسفر

روش نوارهای کاغذی یا آزمون p_i به عنوان عصاره گیر

* پست الکترونیک مکاتبه کننده: hosseinpur_a@agr.sku.ac.ir

صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی انجام شد. هر گلدان که حاوی ۳ کیلو گرم خاک بود با صفر و ۲۰۰ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک تیمار شد. همچنین کودهای نیتروژن، پتاسیم آهن و روی به ترتیب در مقادیر ۱۵۰، ۲۰۰، ۵ و ۵ میلی گرم در کیلوگرم به همه گلدانها اضافه شد. در هر گلدان ۰/۷ گرم بذر یونجه (*Medicago sativa*) کشت و به مدت ۸ ماه مراقبتها لازم انجام شد. گیاهان یونجه ۲، ۵ و ۸ ماه پس از کشت برداشت گردید. تیمارها در سه تکرار انجام شد. گیاهان یونجه برداشت شده در هر چین به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک شدند. نمونه های خشک شده آسیاب و فسفر نمونه های آسیاب شده به روش خاکستر خشک عصاره گیری گردید (Kalra, 1997). غلظت فسفر عصاره ها با روش رنگ سنجی تعیین شد (Murphy and Riley, 1962). در هر چین شاخصهای گیاهی با توجه به فرمولهای زیر محاسبه شدند.

عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در گلدان) × غلظت فسفر (میلی گرم در کیلو گرم) = فسفر جذب شده (میلی گرم در گلدان)
 ۱۰۰ × (عملکرد ماده خشک گیاه در تیمار / عملکرد ماده خشک گیاه در تیمار شاهد) = عملکرد نسبی (درصد)
 عملکرد ماده خشک گیاه در تیمار شاهد - عملکرد ماده خشک گیاه در تیمار = پاسخ گیاه

نتایج و بحث

نتایج تجزیه های فیزیکی و شیمیایی خاکها در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج ارائه شده می توان گفت در خاکهای مورد مطالعه دامنه تغییرات pH ۷/۱-۷/۸، قابلیت هدایت الکتریکی ۰/۵-۰/۳ دسی زمینی بر متر، کربنات کلسیم معادل ۲۷/۱-۲۰/۲ درصد، کربن آلی ۱/۱-۰/۸ درصد و دامنه تغییرات گنجایش تبادل کاتیونی ۱۳/۲-۱۰/۱ سانتی مول بار در کیلوگرم بود. دامنه تغییرات میزان رس، سیلت و شن در این خاکها به ترتیب ۵۵/۲-۳۰/۱، ۵۸/۵-۴۰/۲ و ۳۵/۵-۳۰/۵ درصد بود. بر اساس رده بندی آمریکایی، خاک های مطالعه شده در تحت گروه های Typic calcixerepts، Typic Calcixerepts و Typic xerofluvents haploxerepts قرار دارند.

مقادیر فسفر عصاره گیری شده به وسیله عصاره گیرهای مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. دامنه تغییرات فسفر عصاره گیری شده به روش نوارهای کاغذی ۳۴/۸-۵۲/۱ میانگین ۳۷/۹ میلی گرم در کیلوگرم بود. در این روش بیشترین مقدار فسفر از خاک شماره ۶ و کمترین مقدار فسفر از خاک شماره ۵ عصاره گیری گردید.

فسفر با کاغذهای صافی پوشیده شده با ترکیبات آهن که تمایل بالایی در جذب فسفر دارند پیشنهاد شده است (Menon et al., 1987; Vanderzee et al., 1989a). شبیه به روش رزین تبادل آنیونی آزمون P_i در مدت عصاره گیری با خاک واکنش نمی دهد و آهن موجود در سطح نوار کاغذی با خاک در جذب فسفر محلول رقابت می کند. تمایل نوارهای کاغذی به فسفر بیشتر از تمایل رزین می باشد. مشکلات تجزیه ای با نوارهای کاغذی کمتر از رزین می باشد، زیرا جدا کردن نوارهای کاغذی و خاک آسانتر از جدا کردن رزین و خاک می باشد (Ghane and Hosseinpour, 2004).

اهداف این مطالعه: (۱) ارتباط مقادیر فسفر عصاره گیری شده با روش نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن با مقادیر عصاره گیری شده با روشهای اولسن، بی کربنات آمونیوم-دی تی پی ای، بری ۲ و مهلیچ ۲ (۲) ارزیابی توان آزمون P_i برای پیشگویی فسفر قابل جذب گیاه یونجه بود.

مواد و روشها

برای انجام این تحقیق ۱۵ نمونه خاک سطحی (صفر تا ۳۰ سانتیمتر) از نواحی کشاورزی استان همدان انتخاب شدند. نمونه های جمع آوری شده در هوای آزاد خشک و از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند. تعیین ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاکها با روشهای معمول آزمایشگاهی تعیین شد. بافت خاک با روش هیدرومتر (Bowyoucos, 1962)، پ-هاش خاک در سوسپانسیون آب و خاک با نسبت ۲ به ۱ با استفاده از الکتروود شیشه (Thomas, 1996)، هدایت الکتریکی در عصاره صاف شده با نسبت ۲ به ۱ با استفاده از دستگاه هدایت سنج (Rhoades, 1996)، کربن آلی با روش اکسیداسیون با دی کرومات (Nelson and Sommers, 1982)، گنجایش تبادل کاتیونی با روش استات سدیم با پ-هاش ۷ (Sumner and Miller, 1996)، و کربنات کلسیم معادل با روش تیتراسیون برگشتی (Leopert and Suarez, 1996) انجام شد.

شاخصهای قابلیت جذب فسفر با روشهای اولسن (Watanabe and Olsen, 1965)، بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای (Soltanpor and Schwab, 1977)، مهلیچ ۲ (Fixen and Grove, 1990)، بری ۲ (Fixen and Grove, 1990) و روش نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن با استفاده از کاغذهای صافی واتمن شماره ۵۴۱ و بر اساس روش Chardon et al. (۱۹۹۶) انجام شد. غلظت فسفر در تمام عصاره ها به روش رنگ سنجی تعیین شد (Murphy and Riley, 1962). برای تعیین فسفر قابل جذب یک آزمایش گلدانی به

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای مطالعه شده

شماره خاک	قابلیت هدایت الکتریکی	پ- هاش	گنجایش تبادل کاتیونی	کربن آلی	کربنات کلسیم معادل	رس	سیلت	شن
	dS^{-1}		$cmol_c kg^{-1}$		%			
۱	۰/۶	۷/۷	۲۴/۵	۰/۲۶	۱۳/۰	۴۳/۵	۲۶/۴	۳۰/۱
۲	۰/۹	۷/۷	۱۸/۰	۰/۶۳	۲۴/۰	۴۷/۵	۱۸/۳	۳۴/۲
۳	۱/۰	۷/۸	۱۳/۵	۱/۱۳	۲۲/۰	۳۶/۸	۳۳/۹	۲۹/۳
۴	۱/۱	۷/۷	۱۶/۰	۰/۴۴	۲۶/۷	۴۷/۰	۲۱/۸	۳۱/۲
۵	۱/۰	۷/۷	۲۰/۸	۰/۶۲	۱۸/۵	۴۵/۸	۲۸/۸	۲۵/۴
۶	۰/۹	۷/۶	۱۳/۰	۱/۸۳	۱۸/۰	۳۷/۸	۱۶/۸	۴۵/۴
۷	۰/۹	۷/۷	۲۰/۵	۰/۵۰	۱۹/۰	۴۰/۸	۳۸/۱	۲۱/۱
۸	۰/۸	۷/۷	۱۵/۰	۰/۵۱	۱۱/۳	۴۸/۵	۲۴/۳	۲۷/۲
۹	۱/۱	۷/۷	۲۱/۸	۱/۰۰	۲۱/۰	۵۴/۰	۳۳/۰	۱۳/۰
۱۰	۰/۷	۷/۶	۲۰/۲	۰/۴۹	۳۳/۶	۴۱/۷	۴۲/۱	۱۶/۲
۱۱	۱/۲	۷/۹	۱۹/۲	۰/۴۹	۲۸/۸	۴۶/۵	۴۳/۷	۹/۸
۱۲	۱/۳	۷/۸	۱۵/۰	۰/۷۸	۱۷/۰	۳۴/۳	۲۳/۰	۴۲/۷
۱۳	۰/۹	۷/۷	۱۶/۵	۱/۱۷	۱۷/۸	۲۶/۳	۲۷/۹	۴۵/۸
۱۴	۱/۲	۷/۸	۱۵/۰	۰/۶۴	۲۲/۰	۴۶/۷	۴۶/۷	۶/۶
۱۵	۰/۹	۷/۷	۱۷/۵	۰/۵۱	۱۸/۸	۴۸/۵	۲۰/۵	۳۱/۰

جدول ۲- مقادیر فسفر استخراج شده با روشهای مختلف عصاره گیری (میلی گرم در کیلوگرم)

شماره خاک	نوارهای کاغذی	بیکربنات آمونیوم- دی تی پی ای	اولسن	بری ۲	مهلیج ۲
۱	۳۸/۳	۱/۲	۱۵/۷	۵۹/۴	۶/۳
۲	۳۵/۱	۴/۷	۹/۶	۴/۲	۷/۸
۳	۳۴/۸	۲/۷	۸/۹	۳۸/۰	۵/۹
۴	۳۶/۳	۱/۳	۱۲/۳	۲/۳	۵/۸
۵	۳۶/۱	۴/۰	۱۰/۸	۸/۲	۶/۶
۶	۵۳/۱	۱۳۲/۰	۶۱/۰	۱۱۷/۲	۵۱/۳
۷	۳۷/۹	۱۱/۹	۱۵/۶	۲/۳	۱۱/۳
۸	۳۷/۴	۶/۶	۸/۱	۶۵/۸	۵/۸
۹	۴۰/۴	۲۵/۰	۲۱/۹	۱۱/۳	۱۵/۵
۱۰	۳۷/۶	۱/۷	۱۲/۷	۸/۷	۱۲/۱
۱۱	۳۷/۶	۶/۹	۱۲/۱	۱/۲	۹/۰
۱۲	۳۵/۰	۲/۲	۱۱/۰	۱۹/۵	۱۱/۰
۱۳	۳۷/۲	۵/۶	۱۳/۵	۳۲/۲	۶/۴
۱۴	۳۴/۸	۳/۷	۲۵/۸	۱/۶	۷/۹
۱۵	۳۹/۵	۷/۵	۱۲/۱	۲۳/۵	۱۱/۲

میلی گرم در کیلوگرم بود. گروه دوم محلولهایی که مکانیسم عصاره گیری آنها تشکیل کمپلکس با کاتیون در ارتباط با فسفر می باشد. عصاره گیرهای این گروه شامل بری ۲ و مهلیج ۲ می باشند. دامنه تغییرات فسفر عصاره گیری شده در این روشها ۱۱۷/۲-۱/۲ و ۵۱/۴-۵/۸ میلی گرم در کیلوگرم می باشند. مقایسه مقادیر فسفر عصاره گیری شده توسط یک عصاره

می توان روشهای شیمیایی عصاره گیری فسفر در مطالعه حاضر را در دو گروه قرار داد. گروه اول محلولهای قلیایی بافر شده که بر اساس هیدرولیز کاتیونی فسفر را از خاک استخراج می کنند. این گروه شامل عصاره گیرهای اولسن و بی کربنات آمونیوم-دی تی پی ای می باشند. دامنه تغییرات فسفر عصاره گیری شده در این روشها به ترتیب ۸/۲-۶۱/۱ و ۱۳۲-۱/۲

مختلف عصاره گیری همبستگی معنی داری ندارند. شاخصهای عملکرد نسبی و پاسخ گیاه با فسفر عصاره گیری شده با روش نوار های کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن، بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن و مهلیچ ۲ همبستگی معنی داری دارند(جدول ۴).

نتایج چین دوم یونجه نشان دادند که شاخص عملکرد با فسفر عصاره گیری شده به روشهای مختلف عصاره گیری همبستگی معنی داری ندارد. شاخص های غلظت، جذب، عملکرد نسبی و پاسخ گیاه با فسفر عصاره گیری شده با روشهای نوار های کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن، بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن و روش مهلیچ ۲ همبستگی معنی داری دارند(جدول ۴).

نتایج چین سوم یونجه نتایج نشان دادند که شاخص عملکرد در این چین یونجه نیز مشابه دو چین اول و دوم با فسفر عصاره گیری شده به روش های مختلف عصاره گیری همبستگی معنی داری ندارد.

شاخصهای غلظت، جذب، عملکرد نسبی و پاسخ گیاه با فسفر عصاره گیری شده با روشهای روش نوار های کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن، بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن و مهلیچ ۲ همبستگی معنی داری دارند(جدول ۴).

با توجه به نتایج بدست آمده می توان نتیجه گیری کرد که در چین اول به دلیل عدم هم بستگی بین شاخص جذب و فسفر عصاره گیری شده با روشهای فوق هیچ یک از عصاره گیرها نتوانستند به عنوان عصاره گیر مناسب انتخاب شوند. این نتیجه می تواند به دلیل عدم توسعه ریشه های گیاه باشد. در چین دوم و سوم یونجه روشهای نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن، عصاره گیرهای بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن و مهلیچ ۲ می توانند به عنوان عصاره گیر جهت برآورد فسفر قابل استفاده گیاه یونجه به کار روند.

روش نوار های کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن به عنوان یک روش مناسب برای استخراج فسفر قابل استفاده گیاه معرفی شده است (Sissing 1971). در روش نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن، کاغذها از ترکیب های آهن که تمایل زیادی به جذب فسفر دارند پوشیده می شوند. این روش می تواند به صورت ممتد فسفر را از محلول خاک جذب کند. در این روش مکانیزم عصاره گیری فسفر احتمالا شبیه جذب فسفر به وسیله گیاه می باشد (Meyers et al., 1995). روش نوارهای کاغذی هیچ گونه واکنشی با ترکیب های خاک در طول عصاره گیری نشان نمی دهند، بلکه آهن موجود بر روی کاغذ، در جذب فسفر با خاک رقابت می کند.

گیر در خاکهای مختلف نشان می دهد که فسفر عصاره گیری شده توسط یک روش در خاکهای مختلف متفاوت می باشد. این امر نشان دهنده تفاوت فسفر قابل استفاده در خاکهای مختلف و همچنین تاثیر خصوصیات خاک بر مقدار فسفر عصاره گیری شده می باشد. همچنین مقایسه مقادیر فسفر عصاره گیری شده در یک خاک توسط عصاره گیرهای مختلف نشان می دهد، فسفر عصاره گیری شده در یک خاک توسط روشهای مختلف متفاوت است. این نتیجه نشان دهنده مکانیزم های مختلف این عصاره گیرها در عصاره گیری فسفر قابل جذب و همچنین تفاوت اشکال مختلف فسفر در این خاکها است (Fixen and Grove, 1990). به عبارت دیگر از آنجا که توانایی عصاره گیرهای مختلف در انحلال شکل های مختلف فسفر متفاوت است، این اختلافات دور از انتظار نیست. به علاوه تفاوت در مدت زمان عصاره گیری و نسبت خاک به محلول عصاره گیر بر مقدار فسفر عصاره گیری شده تاثیر دارد (Fixen and Grove, 1990; Bissani et al., 2002).

نتایج مطالعات هم بستگی نشان داد که فسفر عصاره گیری شده به روش نوارهای کاغذی با فسفر عصاره گیری شده با روشهای شیمیایی هم بستگی معنی داری داشت (جدول ۳). این نتیجه در توافق با گزارش مطالعات دیگران می باشد (Menon et al., 1989) که فسفر عصاره گیری شده با روش نوارهای کاغذی با فسفر عصاره گیری شده با روش های شیمیایی هم بستگی معنی داری داشت.

جدول ۳- ضرائب هم بستگی بین مقادیر فسفر استخراجی به روشهای

عصاره گیر	مختلف			
	۵	۴	۳	۲
۱-نوارهای کاغذی	۰/۹۳**	۰/۷۵**	۰/۹۴**	۰/۹۵**
۲-بیکربنات آمونیوم-دی تی پی ای	۰/۹۸***	۰/۷۳**	۰/۹۴**	-
۳- اولسن	۰/۹۳**	۰/۶۴**	-	-
۴- بری ۲	۰/۶۷**	-	-	-
۵- مهلیچ ۲	-	-	-	-

ارتباط دادن مقدار فسفر عصاره گیری شده از خاک به وسیله محلول عصاره گیر با میزان فسفر جذب شده به وسیله گیاه اهمیت زیادی دارد. شاخص های دیگری مانند غلظت فسفر در گیاه ، عملکرد ، عملکرد نسبی ، و پاسخ گیاه نیز می تواند استفاده شود. لازم به تذکر است که اگر خاکهای مورد مطالعه دارای خصوصیات متفاوتی باشند معمولاً ضرائب همبستگی پایین است. در هر حال، با توجه به ضرائب همبستگی بین فسفر عصاره گیری شده و شاخصهای گیاهی، مناسب ترین عصاره گیر انتخاب و توصیه می شود (Fixen and Grove, 1990).

نتایج چین اول یونجه نشان می دهند که شاخصهای عملکرد، جذب و غلظت، با فسفر عصاره گیری شده به روشهای

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که فسفر عصاره گیری شده با روش نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن با فسفر عصاره گیری شده با روشهای شیمیایی اولسن، بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای و مهلیج ۲ هم بستگی معنی داری داشت. همچنین در شرایط این پژوهش برای گیاه یونجه، روش نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن شبیه به روشهای شیمیایی اولسن، بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای و مهلیج ۲ می تواند به عنوان عصاره گیر فسفر قابل استفاده به کار رود. این روش احتمالاً از نظر اقتصادی نسبت به روشهای شیمیایی مقرون به صرفه است. مشکل این روش در حال حاضر وقت گیر بودن تهیه نوارهای کاغذی است که اگر بتوان نوارهای کاغذی را به صورت آماده شده تهیه کرد، نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن روش مناسبی در تعیین فسفر قابل استفاده می باشد. لذا پیشنهاد می شود در این ارتباط مطالعاتی انجام شود.

نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن یا اکسید آهن - آلومینیوم در دامنه گسترده ای از خاکها قابل استفاده است (Lin et al., 1991; Meyers et al., 1997; Meyers et al., 1999; Sharpley et al., 1994; Kuo and Jellum, 1994; Ghane and Hosseinpur در مطالعه (Fengmao et al., 1996) (۲۰۰۴) در خاکهای همدان روش نوارهای کاغذی پوشیده شده با اکسید آهن عصاره گیر مناسبی جهت برآورد فسفر قابل استفاده ذرت بود. Sissing (۱۹۷۱) رابطه خوبی بین فسفر عصاره گیری شده و جذب گیاه نسبت به روشهای دیگر به دست آورد. Kumar et al. (۱۹۹۲) دریافتند که روش نوارهای کاغذی حساسیت کمتری نسبت به عصاره گیر بری ۱ در خاکهای کمی اسیدی دارد ولی در خاکهای اسیدی حساسیت آن بیشتر است. Phiri and Damaseke (۲۰۰۰) دریافتند که روش نوارهای کاغذی عصاره گیر بهتری نسبت به بری ۱ در برآورد فسفر محلول و قابل دسترس می باشد.

جدول ۴- ضرائب هم بستگی بین فسفر استخراج شده به روشهای مختلف با شاخصهای گیاهی در سه چین یونجه

عصاره گیر	عملکرد	غلظت	جذب	عملکرد نسبی	پاسخ گیاه
چین اول					
نوارهای کاغذی	۰/۵۲ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۴۷ ^{ns}	۰/۶۳ [*]	-۰/۵۲ [*]
بیکربنات آمونیوم - دی تی پی ای	۰/۴۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۴۴ ^{ns}	۰/۶۶ [*]	-۰/۵۴ [*]
اولسن	۰/۴۹ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۴۵ ^{ns}	۰/۷۹ [*]	-۰/۶۳ [*]
بری ۲	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۴۱ ^{ns}	۰/۴۱ ^{ns}	۰/۲۷ ^{ns}	-۰/۲۹ ^{ns}
مهلیج ۲	۰/۴۶ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۴۲ ^{ns}	۰/۵۷ ^{**}	-۰/۵۶ [*]
چین دوم					
نوارهای کاغذی	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۵۲ [*]	۰/۶۱ [*]	۰/۶۷ [*]	-۰/۴۶ [*]
بیکربنات آمونیوم - دی تی پی ای	۰/۳۰ ^{ns}	۰/۵۸ [*]	۰/۵۷ [*]	۰/۷۵ ^{**}	-۰/۶۳ [*]
اولسن	۰/۴۷ ^{ns}	۰/۶۷ ^{**}	۰/۷۵ ^{**}	۰/۸۱ ^{**}	-۰/۶۶ [*]
بری ۲	۰/۳۵ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۴۰ ^{ns}	۰/۶۰ ^{**}	-۰/۴۰ ^{ns}
مهلیج ۲	۰/۲۹ ^{ns}	۰/۶۰ [*]	۰/۵۷ [*]	۰/۷۵ ^{**}	-۰/۶۳ [*]
چین سوم					
نوارهای کاغذی	۰/۱۹ ^{ns}	۰/۸۰ [*]	۰/۶۰ ^{**}	۰/۶۲ ^{**}	-۰/۷۵ [*]
بیکربنات آمونیوم - دی تی پی ای	۰/۱۹ ^{ns}	۰/۸۰ [*]	۰/۶۳ [*]	۰/۶۳ ^{**}	-۰/۵۲ [*]
اولسن	۰/۳۶ ^{ns}	۰/۸۲ [*]	۰/۷۰ ^{**}	۰/۷۰ ^{**}	-۰/۵۵ [*]
بری ۲	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۶۴ ^{ns}	۰/۴۰ ^{ns}	۰/۵۰ ^{ns}	-۰/۵۱ [*]
مهلیج ۲	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۷۶ [*]	۰/۶۴ ^{**}	۰/۶۴ ^{**}	-۰/۵۳ [*]

REFERENCES

- Bissani, C.A., Tedesco, M.J., Camarge, F.A., Miola, G. L. and Gianello, C. (2002). Anion-exchange resin and iron oxide-impregnated filter paper. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 33, 1119-1130.
- Bowyocos, G.J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Argonomy Journal*, 56, 464-465.
- Bray, R. H. and Kurtz, I.T. (1945). Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, 59, 39-45.
- Buchler, S., Oberson, A., Rao, I.M., Friesen, D.K. and Frosard, F. (2002). Sequential phosphorus extraction of a ³²P-labeled Oxisol under contrasting agricultural systems. *Soil Science Society of America Journal*, 66, 868-877.
- Chardon, W. J., Menon, R.G. and Chien, S. H. (1996). Iron oxide impregnated filter paper (P test): A erview of its development methodological research. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 46, 41-51.
- Fengmao, G., Russells, Y. and Rollin, C. J. (1996). Evaluating iron-impregnated paper strips for assessing available soil phosphorus. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 27: 2561-2590.

- Fixen, P.E., and Grove, J.H. (1990) Testing soils for phosphorus. In R. L. Westerman (Ed.), *Soil testing and plant analysis*. 3rd ed.(pp.141-181). Madison, Wisconsin, USA.
- Ghanbari, A., Maftoun, M. and Karimian N.A. (1997). Greenhouse and laboratory evaluation of several extractants for determination of available phosphorus for corn in Some calcareous soils of Fars province. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 3, 41-56.(in farsi).
- Ghane, A.H., and A.R. Hosseinpour, 2004. Evaluating iron oxide impregnated paper strips (P_i) used in determining available phosphorus of some soils in Hamadan province. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 8, 95-105. (in farsi)
- Kalra, Y.P. (1997) *Handbook of reference methods for plant analysis*. Soil and plant analysis council, Inc., Athens, Georgia
- Kumar, V., Gilkes, R.J. and Belland, M.D.A. (1992). A comparison of seven soil P test for plant species with different p requirements grown on soils containing rock phosphate and superphosphate residues. *Fertilizer Research*, 33, 35-45.
- Kuo, S. and Jellum, E.J.(1994). The effect of soil phosphorus buffering capacity on phosphorus extraction by iron-oxide coated paper strips in some acid soils. *Soil Science Society of America Journal*, 158, 124-131.
- Lin, T. H., Ho, S. B. and Houng, K. H. (1991). The use of iron oxide impregnated filter paper for the extraction of available phosphorus from Taiwan soils. *Plant and Soil*, 133:219-226.
- Leoppert, R.H., and D.L. Suarez. 1996. Carbonate and Gypsum. In D. L. Sparks, (Ed.), *Methods of soil analysis*, (pp.437-475) SSSA, Madison, Wisconsin, USA..
- Malarino, A. P. (1997). Interpretation of soil phosphorus tests for corn in soils with varying pH and calcium carbonate content. *Journal of Production Agriculture*, 10, 163-167.
- Mehlich, A. (1984). Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 15, 1409-1416.
- Menon, R.G., Chien, S. H. and Hammond, L.L. (1989a). development and evaluation of the P_i soil test for plant available phosphorus. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 21 ,1131-1150.
- Menon, R. G., Hammond, I.I. and Sissingh, H.A. (1989b). Determination of plant available phosphorus by iron hydroxide-impregnated filter paper (P_i) soil test. *Soil Science Society of America Journal*, 53, 110-115.
- Meyers, R.G., Pierzynski, G.M. and Thien, S.J. (1995). Improving the iron oxide sink method for extracting soil phosphorus. *Soil Science Society of America Journal*, 59, 853-857.
- Meyers, R.G., Pierzynski, G.M. and Thien, S.J. (1997). Iron oxide sink method for extracting soil phosphorus: papere preparation and use. *Soil Science Society of America Journal*, 61, 1400-1407.
- Meyers, R.G., Thien, S.J. and Pierzynski, G.M.(1999). Usin an iron sink to extract microbial phosphorus from soil. *Soil Science Society of America Journal*, 63, 1229-1237.
- Murphy, J. and Riley, H.P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analysis Chemical Acta*, 27, 31-36.
- Phiri, L.K. and Damaseke, M. L. (2000). Comparison of phosphorus impregnation and Bray 1 soil test for evaluating plant available phosphorus. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 31, 2811-2819.
- Rhoades, J.D. (1996) Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In D.L. Sparks. (Ed.), *Methods of soil analysis*. Part 3, chemical methods. SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Sharpley, A. N., Indiat, R., Ciavatta, C., Rossi, N. and Sequi, P. (1994). Inter-laboratory comparison iron oxide-impregnated paper to estimate bioavailable phosphorus. *Journal of Environmental Quality*, 23, 14-18.
- Sissing, H.A. (1971). Analytical procedure of the p_i method used for assessment of the phosphate status of arable soils in the Netherlands. *Plant and Soil*, 34, 483-486.
- Soltanpour, P.N. and Schwab, A.P. (1977). A new soil test for simultaneous extraction of macro and micro nutrients in alkaline soils. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 8, 195-207.
- Sumner, M. E., and Miller, W. P. (1996). Cation exchange capacity and exchange coefficients. In D. L. Sparks (Ed.), *Methods of soil analysis*. Part 3. Chemical methods. (pp. 1201-1231) SSSA. Madison, Wisconsin. USA.
- Thomas, G.W. (1996) Soil pH and soil acidity. In D.L. Sparks, (Ed). *Methods of soil analysis*. Part 3, chemical methods. (pp. 475-490). SSSA, Madison, Wisconsin. USA.
- Uustialo, R. and Yli-Halla, M. (1999). Estimating errors associated with extracting phosphorus using iron oxide and resin methods. *Journal of Environmental Quality*, 28, 1891-1897.
- Vanderzee, S.E.A.T.M., Fokkin, L.G.J. and Van Riemsdijk, V. (1987). A new technique for assessment of reversibly absorbed phosphate. *Soil Science Society of America Journal*, 51, 599-604.
- Watanabe, F.S. and Olsen, S. R. (1965). Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO_3 extracts from soil. *Soil Science Society of America Proceeding*, 29, 677-678.