

## آزمون خاک فسفر: ۱- ارزیابی چند عصاره‌گیر جهت تعیین فسفر قابل استفاده در گیاه یونجه

علیرضا حسین پور<sup>۱</sup> و حسین شریعتمداری<sup>۲</sup>

### چکیده

استان همدان از عمده ترین مناطق تولید یونجه در سطح کشور است. با این وجود مطالعات اندکی در مورد وضعیت فسفر خاک‌های این منطقه صورت گرفته و تاکنون عصاره‌گیر مناسبی برای استخراج فسفر قابل استفاده این خاک‌ها معرفی نگردیده است. بنابراین این پژوهش با هدف ارزیابی ۹ روش عصاره‌گیری به منظور تعیین عصاره‌گیر یا عصاره‌گیرهای مناسب جهت تعیین فسفر قابل استفاده در تعدادی از خاک‌های استان همدان اجرا شد. این پژوهش در قالب بلوک‌های 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 در سه چین برداشت شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار فسفر عصاره‌گیری شده توسط روش‌های استفاده شده به ترتیب زیر بود: کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار > مهلیچ ۲ > مهلیچ ۱ > دی تی پی ای > اولسن > بری ۱ > اسید کلریدریک > بری ۲ > نوارهای کاغذی > کالول. مقدار فسفر استخراج شده با کلیه روش‌ها به جز کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار هم بستگی معنی داری داشتند. نتایج مطالعات هم بستگی نشان داد که در چین اول روش کالول، در چین دوم روش‌های بی کربنات آمونیوم- دی تی پی ای، کالول، بری ۱ و مهلیچ ۲ و در چین سوم بی کربنات آمونیوم- دی تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۱، و مهلیچ ۲ می‌توانند جهت تعیین فسفر قابل استفاده به کار روند.

واژه‌های کلیدی: عصاره‌گیر، فسفر قابل استفاده، یونجه

### مقدمه

مختلف اجزایی از فسفر خاک را استخراج نمود که با فسفر جذب شده هم‌بستگی مناسبی داشته باشد. این شاخص‌ها، شاخص‌های شیمیایی قابلیت جذب فسفر نامیده می‌شوند (۷). محققان به منظور ارزیابی فسفر قابل استفاده در خاک از عصاره‌گیرهای مختلفی استفاده کرده‌اند (۱، ۲، ۳، ۵، ۹، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۷، ۱۸، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵ و ۲۸). به عنوان

فسفر قابل استفاده عبارت است از مقدار فسفوری که در خلال دوره رشد گیاه وارد محلول خاک شده و جذب می‌گردد. مقدار فسفر قابل استفاده گیاه به وسیله خصوصیات خاک و گیاه تعیین می‌شود. استخراج و اندازه‌گیری دقیق مقادیر فسفوری که گیاه جذب می‌کند امکان‌پذیر نیست، اما می‌توان به روش‌های

۱. دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۲. استادیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تعیین عصاره‌گیر مناسب برای برآورد فسفر قابل استفاده یونجه در تعدادی از خاک‌های همدان بود.

### مواد و روش‌ها

به منظور انجام این تحقیق از بین ۲۵ نمونه اولیه تعداد ۱۵ نمونه بر اساس فسفر عصاره‌گیری شده به روش اولسن طوری انتخاب گردید که فسفر قابل جذب در دامنه کم تا زیاد باشد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها به روش‌های معمول آزمایشگاهی تعیین گردید. بافت خاک به روش هیدرومتر (۴)، PH در سوسپانسیون خاک و آب (۲۷) و قابلیت هدایت الکتریکی (۱۹) در عصاره ۲ به ۱ آب به خاک تعیین شد. کربن آلی به روش اکسایش تر (۱۶)، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی با اسید (۱۰) و گنجایش تبادل کاتیونی با روش استات سدیم در  $pH=7$  (۲۵) تعیین شد.

جهت عصاره‌گیری فسفر از نمونه‌های خاک از ۹ روش عصاره‌گیری شامل: روش اولسن (۱۸)، روش کالول (۲۶)، روش مهلیچ ۱ (۱۴) روش مهلیچ ۲ (۱۵)، روش بری ۱ (۲۶)، روش بری ۲ (۲۶)، روش بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای (۲۶)، روش کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار (۲۶) و روش اسید کلریدریک ۰/۱ (۲۳) مولار استفاده شد. در پایان ارتباط فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های مختلف مطالعه شد.

آزمایش گلخانه‌ای در قالب آزمایش فاکتوریل دو فاکتوره با طرح کاملاً تصادفی (درسه تکرار) و با استفاده از ۱۵ نمونه خاک انجام شد. فاکتور اول نوع خاک و فاکتور دوم تیمار فسفر در نظر گرفته شد. گیاه مورد استفاده یونجه رقم همدانی بوده و از گلدان‌های پلاستیکی (قطر دهنه ۲۵ و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر) استفاده گردید. برای ایجاد شرایط مناسب از نظر زه‌کشی و تهویه، در زیر هر گلدان ۴ سوراخ به قطر تقریبی یک سانتی‌متر تعبیه و در کف آنها ۴۰۰ گرم ذرات سنگریزه با قطر ۱۰-۶ میلی متر ریخته شد. برای هر گلدان ۳ کیلوگرم خاک که از الک ۱۰ میلی متری گذرانده شده بود در نظر گرفته شد.

فسفر در دو سطح صفر و ۲۰۰ ملی گرم فسفر در کیلوگرم

نمونه در مطالعه انجام شده به وسیله مالارینو (۱۲) فسفر استخراج شده به روش اولسن، با فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های بری ۱ و مهلیچ ۲ هم بستگی معنی‌داری داشت، ولی با فسفر عصاره‌گیری شده با آب هم بستگی معنی‌داری نداشت. در مطالعه انجام شده به وسیله سیمونیس و ستاتو (۲۴) هم بستگی معنی‌داری بین فسفر عصاره‌گیری شده به روش اولسن و فسفر عصاره‌گیری شده به روش کلرید کلسیم وجود داشت. در مطالعه انجام شده به وسیله نسی و همکاران (۱۷) فسفر عصاره‌گیری شده با روش اولسن با فسفر عصاره‌گیری شده با روش بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای هم بستگی معنی‌داری داشت، ولی با فسفر عصاره‌گیری شده با روش بری ۱ هم بستگی معنی‌داری نداشت.

در مورد ارتباط فسفر استخراج شده به وسیله عصاره‌گیرهای مختلف و شاخص‌های گیاهی مطالعاتی انجام شده است (۱، ۵، ۲۲، ۲۳ و ۲۴). به عنوان نمونه در مطالعه انجام شده در ایران قنبری و همکاران (۱) هم بستگی بالایی بین فسفر عصاره‌گیری شده با روش کالول و عملکرد گیاه ذرت به دست آوردند. در مطالعه انجام شده به وسیله سیمونیس و ستاتو (۲۴) فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های اولسن، کلرید کلسیم و آب مقطر با عملکرد و فسفر جذب شده توسط یولاف هم بستگی معنی‌داری وجود داشت. در مطالعه انجام شده به وسیله شینو و هو آنگ (۲۲) فسفر جذب شده به وسیله کلزا هم بستگی معنی‌داری با فسفر عصاره‌گیری شده با آب مقطر و روش اولسن داشت.

پاسخ مختلف گونه‌های گیاهی در خاک‌های مشابه به آزمون خاک فسفر مشاهده شده است. بنابراین یک روش آزمون خاک ممکن است قادر به پیش‌گویی پاسخ محصول و نیاز کودی برای تمام خاک‌ها و محصولات نباشد. استان همدان از تولیدکنندگان عمده یونجه در ایران می‌باشد، ولی با این وجود مطالعه‌ای در مورد تعیین فسفر قابل جذب در خاک‌های تحت کشت یونجه انجام نشده است. هدف این تحقیق بر آورد فسفر قابل استفاده به کمک روش‌های معمول آزمون خاک فسفر و

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج ارائه شده می‌توان گفت در خاک‌های مورد مطالعه دامنه تغییرات pH ۷/۸-۷/۱، قابلیت هدایت الکتریکی ۰/۵-۰/۳ دسی زیمنس 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، ۴۰/۲-۵۸/۵ و ۳۵/۵-۳۰/۵ درصد بود.

## عصاره‌گیری نمونه های خاک با روش های عصاره گیری مختلف

از بین روش‌های مختلف استخراج فسفر قابل دسترس گیاه ۹ روش عصاره‌گیری استفاده شد. مقادیر فسفر عصاره‌گیری شده به وسیله عصاره‌گیرهای مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است.

با توجه مکانیسم عصاره‌گیرها در عصاره‌گیری فسفر، عصاره‌گیرهای استفاده شده در این پژوهش در ۴ گروه قرار گرفتند. گروه اول شامل عصاره‌گیرهای اولسن، کالول و بی‌کربنات آمونیوم - دی تی پی ای که مکانیسم عصاره‌گیری هیدرولیز کاتیونی می‌باشد. دامنه تغییرات فسفر عصاره‌گیری شده در این عصاره‌گیرها به ترتیب ۶۱/۱-۸/۲، ۸۳/۱-۲۶/۸ و ۱۳۲-۱/۲ میلی گرم در کیلوگرم بود. گروه دوم شامل عصاره‌گیرهای مهلیج ۱ و اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال که بر اساس مکانیسم انحلال در اسید فسفر را از خاک استخراج می‌کنند. دامنه تغییرات فسفر عصاره‌گیری شده در این دو عصاره‌گیر به ترتیب ۶۲/۳-۱/۱ و ۱۰۷/۶-۴/۴ میلی گرم در کیلوگرم بود. گروه سوم شامل عصاره‌گیرهای بری ۱، بری ۲ و مهلیج ۲ که مکانیسم عصاره‌گیری تشکیل کمپلکس با کاتیون‌های در ارتباط با فسفر می‌باشد. دامنه تغییرات فسفر عصاره‌گیری شده در این عصاره‌گیرها به ترتیب ۱۱۶/۲-۱/۹،

به صورت کود منوفسفات کلسیم به خاک هرگلدان اضافه و به طور یک‌نواخت با خاک مخلوط گردید. با توجه به این که خاک‌ها باید از نظر سایر عناصر غذایی به جز فسفر کمبودی نداشته باشند، پتاسیم و روی به صورت کودهای سولفات پتاسیم و سولفات روی به مقادیر ۲۰۰ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به خاک همه گلدان‌ها اضافه و کاملاً با خاک مخلوط گردید. آهن نیز به صورت کود سکوسترین به مقدار ۵ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم به همه خاک‌ها اضافه شد. نیتروژن به صورت کود سولفات آمونیوم به مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در طی دو مرحله کاشت و سه هفته پس از کاشت به صورت سرک به همه گلدان‌ها اضافه شد.

مقدار ۰/۷ گرم بذر یونجه در هر گلدان کشت گردید. آبیاری با آب معمولی صورت گرفت و رطوبت خاک‌ها در حدود ظرفیت مزرعه نگه‌داری شد. در طی دوره رشد مراقبت‌های لازم انجام و گیاهان سه چین (چین اول دو ماه پس از کاشت، چین دوم سه ماه پس از چین اول و چین سوم سه ماه پس از چین دوم) برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس نمونه‌های گیاهی دو مرتبه با آب مقطر شستشو شدند.

در هر چین گیاهان در پاکت‌های کاغذی قرار داده شد و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون تهویه دار خشک شدند. پس از خشک شدن گیاهان، عملکرد خشک قسمت‌های هوایی تعیین و با استفاده از آسیاب برقی آسیاب شدند. فسفر در گیاه به روش خاکستر خشک عصاره‌گیری (۶) و غلظت فسفر عصاره‌ها به روش رنگ سنجی تعیین گردید (۱۵).

با استفاده از غلظت فسفر در گیاه و عملکرد خشک، شاخص‌های گیاهی مورد نظر که عبارت بودند از جذب فسفر، پاسخ گیاه یا افزایش عملکرد و عملکرد نسبی با توجه به فرمول‌های زیر محاسبه شد:

غلظت فسفر گیاه (میلی‌گرم در کیلوگرم) × عملکرد خشک (کیلوگرم در گلدان) = جذب فسفر (میلی‌گرم در گلدان)

عملکرد گیاه شاهد - عملکرد گیاه تیمار شده = پاسخ گیاه

۱۰۰ × (عملکرد گیاه تیمار شده / عملکرد گیاه شاهد) = عملکرد نسبی

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مطالعه شده

شماره خاک	قابلیت هدایت الکتریکی	پ-هاش	گنجایش تبادل		کاتیون‌های تبادل		کربن آلی	معادل	کربنات کلسیم	کاتیون‌های محلول		رس	سیلت	شماره خاک
			کاتیونی	کلسیم + منیزیم	پتاسیم	کلسیم + منیزیم				پتاسیم	کلسیم + منیزیم			
														ds <sup>-1</sup>
														cmol.kg <sup>-1</sup>
														cmol.kg <sup>-1</sup>
														%
۱	۰/۷	۷/۶	۲۰/۲	۸/۶	۰/۶۰	۰/۷	۰/۴۹	۳۳/۶	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۴۱/۷	۴۲/۱	۱۶/۲
۲	۱/۲	۷/۸	۱۵/۰	۱۱/۰	۰/۵۵	۰/۷	۰/۶۴	۲۲/۰	۰/۷	۰/۶	۰/۶	۴۶/۷	۴۶/۷	۶/۶
۳	۰/۹	۷/۷	۱۸/۰	۱۰/۵	۰/۳۰	۰/۷	۰/۶۳	۲۴/۰	۰/۷	۱/۰	۰/۷	۴۷/۵	۱۸/۳	۳۴/۲
۴	۱/۳	۷/۸	۱۵/۰	۴/۱	۰/۳۸	۰/۷	۰/۷۸	۱۷/۰	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۳۴/۳	۳۳/۰	۴۲/۷
۵	۱/۰	۷/۸	۱۳/۵	۱۱/۱	۰/۳۰	۰/۵۰	۱/۱۳	۲۲/۰	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۳۶/۸	۳۳/۹	۲۹/۳
۶	۰/۹	۷/۶	۱۳/۰	۹/۳	۰/۶۵	۰/۵۰	۱/۸۳	۱۸/۰	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۳۷/۸	۱۶/۸	۴۵/۴
۷	۱/۰	۷/۷	۲۰/۸	۱۰/۵	۰/۳۵	۰/۷۵	۰/۶۲	۱۸/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۴۵/۸	۲۸/۸	۲۵/۴
۸	۱/۱	۷/۷	۲۱/۸	۷/۳	۰/۸۰	۰/۷۵	۱/۰۰	۲۱/۰	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۵۴/۰	۳۳/۰	۱۳/۰
۹	۰/۹	۷/۷	۲۰/۵	۱۰/۵	۰/۵۳	۰/۵۵	۰/۵۰	۱۹/۰	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۴۰/۷	۳۸/۱	۲۱/۱
۱۰	۱/۱	۷/۷	۱۶/۰	۷/۹	۰/۶۵	۰/۸۰	۰/۴۴	۲۶/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۴۷/۰	۲۱/۸	۳۱/۲
۱۱	۰/۸	۷/۷	۱۵/۰	۸/۴	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۵۱	۱۱/۳	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۴۸/۵	۲۴/۳	۳۷/۲
۱۲	۱/۲	۷/۹	۱۹/۲	۱۰/۹	۰/۵۰	۰/۸۵	۰/۴۹	۲۸/۸	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۴۶/۵	۴۳/۷	۹/۸
۱۳	۰/۹	۷/۷	۱۶/۵	۱۳/۰	۰/۴۸	۰/۶۵	۱/۱۷	۱۷/۸	۰/۹	۰/۹	۰/۹	۳۶/۳	۲۷/۹	۴۵/۸
۱۴	۰/۹	۷/۷	۱۷/۵	۱۳/۸	۰/۴۰	۰/۷۰	۰/۵۱	۱۸/۸	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۴۸/۵	۲۰/۵	۳۱/۰
۱۵	۰/۶	۷/۷	۲۴/۵	۸/۷	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۲۶	۱۳/۰	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۴۳/۵	۲۶/۴	۳۰/۱

جدول ۲. مقادیر فسفر استخراج شده با روش‌های مختلف عصاره‌گیری (میلی‌گرم در کیلوگرم)

شماره خاک	عصاره‌گیر									
	مهلج ۲	بری ۲	بری ۱	کاتول	کلرید کلسیم مولار ۰/۰۱	اولسن	دی تی پی ای	بیکرنات آمونیوم- دی تی پی ای	مهلج ۱	اسید کلریدریک مولار ۰/۱
۱	۱۲/۱	۸/۷	۱۳/۷	۴۱/۹	۰/۱۹	۱۲/۷	۱/۷	۲/۲	۴/۴	
۲	۷/۹	۱/۶	۴/۰	۳۴/۷	۰/۵۱	۲۵/۸	۳/۷	۴/۰	۸/۹	
۳	۷/۸	۴/۲	۱۲/۶	۳۵/۳	۰/۱۰	۹/۶	۴/۷	۴/۰	۱۱/۰	
۴	۱۱/۰	۱۹/۵	۲۵/۹	۳۴/۹	۰/۸۷	۱۱/۰	۲/۲	۳۲/۸	۷۷/۳	
۵	۵/۹	۳۸/۰	۱/۹	۲۷/۹	۰/۵۳	۸/۹	۲/۷	۱/۱	۱۲/۲	
۶	۵۱/۳	۱۱۷/۲	۱۱۶/۲	۸۳/۱	۱/۰۰	۶۱/۰	۱۳۲/۰	۶۲/۳	۱۰۷/۶	
۷	۶/۶	۸/۲	۲/۷	۳۰/۴	۱/۳۷	۱۰/۸	۴/۰	۳/۵	۱۷/۹	
۸	۱۵/۵	۱۱/۳	۴۴/۷	۵۴/۳	۰/۴۰	۲۱/۹	۲۵/۰	۸/۲	۸/۸	
۹	۱۱/۳	۲/۳	۹/۲	۳۶/۲	۰/۳۶	۱۵/۶	۱۱/۹	۶/۲	۷/۰	
۱۰	۵/۸	۲/۳	۴/۳	۳۴/۹	۱/۲۵	۱۲/۳	۱/۳	۱/۵	۴۱۰/۹	
۱۱	۵/۸	۶۵/۸	۲۴/۴	۳۵/۹	۰/۵۳	۸/۱	۶/۶	۳۴/۶	۲۵/۶	
۱۲	۹/۰	۱/۲	۵/۰	۳۹/۲	۰/۸۲	۱۲/۱	۶/۹	۲/۳	۱۸/۲	
۱۳	۶/۴	۳۲/۲	۱۸/۰	۲۶/۸	۰/۹۳	۱۳/۵	۵/۶	۷/۱	۱۰/۰	
۱۴	۱۱/۲	۲۳/۵	۳۴/۳	۳۴/۲	۰/۸۹	۱۲/۱	۷/۵	۶/۴	۶/۷	
۱۵	۶/۳	۵۹/۴	۲۵/۱	۴۱/۳	۱۲/۰	۱۵/۷	۱/۲	۲۹/۴	۵۵/۲	

۱۱۷/۲ - ۱/۲ و ۵۱/۳ - ۵/۸ بود. در گروه چهارم که فسفر محلول را عصاره گیری می کند تنها کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار وجود دارد، که دامنه تغییرات فسفر عصاره گیری شده ۱/۴ - ۰/۱ میلی گرم در کیلوگرم بود.

مقایسه مقادیر فسفر عصاره گیری شده توسط یک عصاره گیر در خاک های مختلف نشان می دهد که فسفر عصاره گیری شده توسط یک روش در خاک های مختلف متفاوت می باشد. این امر نشان دهنده تفاوت فسفر قابل استفاده در خاک های مختلف و همچنین تأثیر خصوصیات خاک بر مقدار فسفر عصاره گیری شده می باشد. همچنین مقایسه مقادیر فسفر عصاره گیری شده در یک خاک توسط عصاره گیرهای مختلف بیانگر وجود تفاوت در مقدار فسفر عصاره گیری شده در خاک توسط روش های گوناگون 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 خاک ها است (۷ و ۸). به عبارت دیگر از آنجا که توانایی عصاره گیرها 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 تأثیر دارد (۱، ۷ و ۸).

نتایج جدول ۲ نشان می دهند که در بین عصاره گیرهای استفاده شده، کمترین مقدار فسفر توسط عصاره گیر کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار که عمدتاً فسفر محلول را استخراج می کند (۱۱) و بیشترین مقدار فسفر توسط روش کالول استخراج شده است. به طور کلی بر اساس متوسط مقادیر فسفر استخراجی، فسفر عصاره گیری شده توسط روش های استفاده شده به ترتیب زیر می باشد:

کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار > مهلیچ ۲ > مهلیچ ۱ > دی تی پی ای > اولسن > بری ۱ > اسید کلریدریک > بری ۲ > کالول

**هم بستگی بین مقادیر فسفر استخراجی به وسیله عصاره گیرها**  
در این بخش از تحقیق ارتباط فسفر استخراج شده توسط

روش های مختلف با استفاده از هم بستگی ساده مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است.

روش عصاره گیری فسفر توسط محلول اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال یک روش عصاره گیری است که در خاک های اسیدی به کار می رود. مقدار فسفر استخراجی به وسیله این روش هم بستگی معنی داری با فسفر استخراج شده با روش های مهلیچ ۱، بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن، اسید کلریدریک ۰/۱ مولار، کالول، بری ۱، بری ۲ و مهلیچ ۲ دارد.

روش مهلیچ ۱، روش عصاره گیر مناسبی است که در خاک های کارولینای شمالی مورد استفاده زیادی دارد. این یک روش عصاره گیری است که هم زمان چند عنصر را استخراج می کند. روش مهلیچ ۱ فسفر را از ترکیبات فسفات آلومینیم، آهن و کلسیم استخراج می کند و برای خاک های اسیدی با گنجایش تبادل کاتیونی کمتر از ۱۰ سانتی مول بار در کیلوگرم بهترین روش می باشد. مقدار فسفر استخراجی به وسیله این روش هم بستگی معنی داری با فسفر استخراج شده با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۱، بری ۲ و مهلیچ ۲ دارد.

بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای یک عصاره گیر چند منظوره است که در بیشتر خاک های آهکی استفاده می گردد. مقدار فسفر استخراج شده به وسیله این روش با فسفر استخراج شده با روش های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، اولسن، کالول، بری ۱، بری ۲ و مهلیچ ۲ هم بستگی معنی داری دارد.

عصاره گیر بی کربنات سدیم (روش اولسن) رایج ترین عصاره گیر فسفر در ایران و جهان می باشد. فسفر استخراج شده به وسیله این روش هم بستگی معنی داری با فسفر استخراج شده با روش های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، کالول، بری ۱، بری ۲ و مهلیچ ۲ دارد. در روش کالول نیز از بی کربنات سدیم ۰/۵ نرمال استفاده می شود ولی به جای نیم ساعت تکان دادن از ۱۶ ساعت استفاده می شود که می تواند معیار دقیق تری از فسفر قابل جذب گیاه باشد. فسفر استخراج شده با این روش هم بستگی معنی داری با

جدول ۳. ضرایب هم بستگی بین مقادیر فسفر استخراجی به روش‌های مختلف

عصاره‌گیر	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱- اسید کلریدریک ۰/۱ مولار	۰/۹۱ **	۰/۶۸ **	۰/۶۵ **	۰/۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۶۶ **	۰/۷۴ **	۰/۷۵ **	۰/۷۰ **
۲- مهلیچ ۱	-	۰/۷۲ **	۰/۶۶ **	۰/۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۷۰ **	۰/۸۱ **	۰/۸۷ **	۰/۷۱ **
۳- بیکربنات آمونیوم-دی تی پی ای	-	-	۰/۹۴ **	۰/۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۹۲ **	۰/۹۳ **	۰/۷۳ **	۰/۹۸ **
۴- اولسن	-	-	-	۰/۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۹۰ **	۰/۸۶ **	۰/۶۴ **	۰/۹۳ **
۵- کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار	-	-	-	-	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۶ <sup>ns</sup>
۶- کالول	-	-	-	-	-	۰/۹۱ **	۰/۶۴ **	۰/۹۳ **
۷- بری ۱	-	-	-	-	-	-	۰/۷۸ **	۰/۹۳ **
۸- بری ۲	-	-	-	-	-	-	-	۰/۶۷ **
۹- مهلیچ ۲	-	-	-	-	-	-	-	-

\* و \*\*: به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی دار می‌باشد.

ns : سطح ۵ درصد معنی دار نمی‌باشد.

کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار هم بستگی معنی‌داری نداشت. کلرید کلسیم از جمله عصاره‌گیرهایی است که امروزه به عنوان یک عصاره‌گیر چند منظوره استفاده می‌شود و بخش فسفر محلول را استخراج می‌کند. فسفر عصاره‌گیری شده با این روش با فسفر عصاره‌گیری شده با سایر روش‌ها هم‌بستگی معنی‌داری ندارد.

#### هم‌بستگی فسفر استخراجی به وسیله عصاره‌گیرها با شاخص‌های گیاهی

ارتباط دادن مقدار فسفر عصاره‌گیری شده از خاک به وسیله محلول عصاره‌گیر با میزان فسفر جذب شده به وسیله گیاه اهمیت زیادی دارد. شاخص‌های دیگری مانند غلظت فسفر در گیاه، عملکرد، عملکرد نسبی، و پاسخ گیاه نیز می‌تواند استفاده شود. لازم به تذکر است که اگر خاک‌های مورد مطالعه دارای خصوصیات متفاوتی باشند. معمولاً ضرایب هم‌بستگی پایین است. در هر حال، با توجه به ضرایب هم‌بستگی بین فسفر عصاره‌گیری شده و شاخص‌های گیاهی، مناسب‌ترین عصاره‌گیر انتخاب و توصیه می‌شود. یک آزمون خاک مناسب باید سه معیار را داشته باشد: (۱)

فسفر عصاره‌گیری شده با اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، بی کربنات آمونیوم-دی تی پی ای، اولسن، بری ۱، بری ۲ و مهلیچ ۲ دارد. فسفر استخراج شده با این روش هم‌بستگی معنی‌داری با فسفر استخراج شده با روش کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار نداشت.

فسفر استخراج شده به روش بری ۱ هم‌بستگی معنی‌داری با فسفر استخراج شده با روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، بی کربنات آمونیوم-دی تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۲ و مهلیچ ۲ دارد. فسفر استخراج شده با این روش با فسفر عصاره‌گیری شده با کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار هم‌بستگی معنی‌داری نداشت.

فسفر استخراج شده به روش مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی‌داری با فسفر استخراج شده با روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، بی کربنات آمونیوم-دی تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۱ و بری ۲ دارد. فسفر استخراج شده به روش مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی‌داری با فسفر استخراج شده با روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، بی کربنات آمونیوم-دی تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۱ و بری ۲ دارد. فسفر استخراج شده با این روش با فسفر استخراج شده با

جدول ۴. ضرایب هم بستگی بین فسفر استخراج شده به روشهای مختلف با شاخصهای گیاهی در چین اول

شاخصهای گیاهی	عملکرد	غلظت	جذب	عملکرد نسبی	پاسخ گیاه
عصارهگیر					
اسید کلریدریک ۰/۱ مولار	۰/۳۲ <sup>ns</sup>	۰/۵۳*	۰/۴۷ <sup>ns</sup>	۰/۴۱ <sup>ns</sup>	-۰/۳۴
مهلیچ ۱	۰/۲۴ <sup>ns</sup>	۰/۴۹ <sup>ns</sup>	۰/۳۹ <sup>ns</sup>	۰/۳۲ <sup>ns</sup>	-۰/۳۳ <sup>ns</sup>
بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای	۰/۴۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۴۴ <sup>ns</sup>	۰/۶۶*	-۰/۵۴*
اولسن	۰/۴۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۴۵ <sup>ns</sup>	۰/۷۹*	-۰/۶۳*
کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۲۳ <sup>ns</sup>	-۰/۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۲۳ <sup>ns</sup>	-۰/۲۲ <sup>ns</sup>
کالول	۰/۵۰ <sup>ns</sup>	۰/۲۲ <sup>ns</sup>	۰/۵۱*	۰/۶۲*	-۰/۵۰ <sup>ns</sup>
بری ۱	۰/۴۳ <sup>ns</sup>	۰/۲۵ <sup>ns</sup>	۰/۴۵ <sup>ns</sup>	۰/۵۷*	-۰/۵۰ <sup>ns</sup>
بری ۲	۰/۲۸ <sup>ns</sup>	۰/۴۱ <sup>ns</sup>	۰/۴۱ <sup>ns</sup>	۰/۲۷ <sup>ns</sup>	-۰/۲۹ <sup>ns</sup>
مهلیچ ۲	۰/۴۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۴۲ <sup>ns</sup>	۰/۵۷**	-۰/۵۶*

\*\* و \* : به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی دار می باشد.

ns : در سطح ۵ درصد معنی دار نمی باشد.

فسفر عصاره گیری شده با سایر روش ها هم بستگی معنی داری ندارد (جدول ۴).

شاخص عملکرد نسبی با فسفر عصاره گیری شده به روش های بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای ، اولسن، کالول، بری ۱ و مهلیچ ۲ هم بستگی معنی داری دارد ولی این شاخص با فسفر عصاره گیری شده با روش های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و بری ۲ هم بستگی معنی داری ندارد (جدول ۴).

شاخص پاسخ گیاه با فسفر عصاره گیری شده با روش های بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن، کالول، و مهلیچ ۲ هم بستگی معنی داری دارد، هر چند این شاخص با فسفر عصاره گیری شده به روش اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار، بری ۱، بری ۲ هم بستگی معنی داری ندارد (جدول ۴).

با توجه به نتایج به دست آمده و با توجه به این که فسفر عصاره گیری شده با روش کالول با شاخص های جذب، عملکرد نسبی، پاسخ گیاه و غلظت فسفر در گیاه هم بستگی معنی داری دارد، در چین اول یونجه روش کالول می تواند به

عصاره گیر استفاده شده باید تمام یا بخش قابل توجهی از فسفر قابل استفاده یا شکل های عنصر غذایی از خاک های با خصوصیات متفاوت را عصاره گیری کند. (۲) مقدار عنصر غذایی عصاره گیری شده باید با دقت و سرعت قابل اندازه گیری باشد (۳) مقدار عصاره گیری شده باید با رشد و پاسخ هر محصول در شرایط مختلف هم بستگی داشته باشد (۷).

#### هم بستگی فسفر استخراجی به وسیله عصاره گیرها با شاخص های گیاهی در چین اول

نتایج ارتباط فسفر عصاره گیری شده به وسیله عصاره گیرهای مختلف و شاخص های گیاهی در چین اول (جدول ۴) نشان می دهند که شاخص عملکرد با فسفر عصاره گیری شده به روش های مختلف عصاره گیری هم بستگی معنی داری ندارد. شاخص غلظت با فسفر عصاره گیری شده به روش اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال هم بستگی معنی داری دارد ولی این شاخص با فسفر عصاره گیری شده با سایر روش ها هم بستگی معنی داری ندارد. شاخص جذب با فسفر عصاره گیری شده به روش کالول هم بستگی معنی داری دارد، ولی این شاخص با



جدول ۵. ضرایب هم بستگی بین فسفر استخراج شده به روش‌های مختلف با شاخص‌های گیاهی در چین دوم

عصاره گیر	شاخص‌های گیاهی				
	عملکرد نسبی	جذب	غلظت	عملکرد	پاسخ گیاه
اسید کلریدریک ۰/۱ مولار	۰/۵۲ *	۰/۳۴ <sup>ns</sup>	۰/۴۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۴ <sup>ns</sup>	-۰/۵۰ <sup>ns</sup>
مهلیچ ۱	۰/۵۲ *	۰/۳۵ <sup>ns</sup>	۰/۳۵ <sup>ns</sup>	۰/۲۱ <sup>ns</sup>	-۰/۴۲ <sup>ns</sup>
بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای	۰/۷۵ **	۰/۵۷ *	۰/۵۸ *	۰/۳۰ <sup>ns</sup>	۰-/۶۳ *
اولسن	۰/۸۱ **	۰/۷۵ **	۰/۶۷ **	۰/۴۷ <sup>ns</sup>	-۰/۶۶ *
کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	-۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۰ <sup>ns</sup>	-۰/۲۷ <sup>ns</sup>	-۰/۲۱ <sup>ns</sup>
کالول	۰/۷۳ **	۰/۶۲ *	۰/۵۴ *	۰/۳۹ <sup>ns</sup>	-۰/۵۷ *
بری ۱	۰/۶۷ **	۰/۵۵ *	۰/۴۸ *	۰/۳۳ <sup>ns</sup>	-۰/۵۰ <sup>ns</sup>
بری ۲	۰/۶۰ **	۰/۴۰ <sup>ns</sup>	۰/۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۳۵ <sup>ns</sup>	-۰/۴۰ <sup>ns</sup>
مهلیچ ۲	۰/۷۵ **	۰/۵۷ *	۰/۶۰ *	۰/۲۹ <sup>ns</sup>	-۰/۶۳ *

\*\* و \* : به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی دار می‌باشد.

ns : در سطح ۵ درصد معنی دار نمی‌باشد.

مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی‌داری دارد، هر چند این شاخص با فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و بری ۲ هم‌بستگی معنی‌داری ندارد (جدول ۵).

شاخص عملکرد نسبی، با فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۱، بری ۲ و مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی‌داری دارد. این شاخص با فسفر عصاره‌گیری شده به روش کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار هم‌بستگی معنی‌داری ندارد.

شاخص پاسخ محصول، با فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۱ و مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی‌داری دارند، هر چند این شاخص با فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و بری ۲ هم‌بستگی معنی‌داری ندارد.

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان چنین نتیجه گرفت که در چین دوم یونجه عصاره‌گیرهای بی کربنات آمونیوم - دی

عنوان عصاره‌گیر مناسب برای استخراج فسفر قابل استفاده به کار رود.

#### هم بستگی فسفر استخراجی به وسیله عصاره‌گیرها با شاخص‌های گیاهی در چین دوم

نتایج ارتباط فسفر عصاره‌گیری شده به وسیله عصاره‌گیرهای مختلف و شاخص‌های گیاهی در چین دوم در جدول ۵ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج شاخص عملکرد با فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های مختلف عصاره‌گیری هم‌بستگی معنی‌داری ندارد.

شاخص غلظت با فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۱ و مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی‌داری دارد، هر چند این شاخص با فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و بری ۲ هم‌بستگی معنی‌داری ندارد (جدول ۵).

شاخص جذب با فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۱ و

جدول ۶. ضرایب هم بستگی بین فسفر استخراج شده به روش‌های مختلف با شاخص‌های گیاهی در چین سوم

شاخص‌های گیاهی	عملکرد	غلظت	جذب	عملکرد نسبی	پاسخ گیاه
عصاره‌گیر					
اسید کلریدریک ۰/۱ مولار	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۴۷ <sup>ns</sup>	۰/۳۱ <sup>ns</sup>	۰/۳۱ <sup>ns</sup>	۰/۳۵ <sup>ns</sup>
مهلیچ ۱	۰/۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۶۵ <sup>**</sup>	۰/۳۲ <sup>ns</sup>	۰/۳۲ <sup>ns</sup>	۰/۴۰ <sup>ns</sup>
بیکربنات آمونیوم - دی تی پی ای	۰/۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۸۰ <sup>*</sup>	۰/۶۳ <sup>*</sup>	۰/۶۳ <sup>**</sup>	۰/۵۲ <sup>*</sup>
اولسن	۰/۳۶ <sup>ns</sup>	۰/۸۲ <sup>*</sup>	۰/۷۰ <sup>**</sup>	۰/۷۰ <sup>**</sup>	۰/۵۵ <sup>*</sup>
کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار	۰/۴۹ <sup>ns</sup>	۰/۱۰ <sup>ns</sup>	۰/۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۲۰ <sup>ns</sup>
کالول	۰/۳۲ <sup>ns</sup>	۰/۸۲ <sup>*</sup>	۰/۶۴ <sup>**</sup>	۰/۶۴ <sup>**</sup>	۰/۵۴ <sup>*</sup>
بری ۱	۰/۱۷ <sup>ns</sup>	۰/۷۷ <sup>*</sup>	۰/۶۵ <sup>**</sup>	۰/۶۵ <sup>**</sup>	۰/۶۲ <sup>*</sup>
بری ۲	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۶۴ <sup>ns</sup>	۰/۴۰ <sup>ns</sup>	۰/۴۰ <sup>ns</sup>	۰/۵۱ <sup>*</sup>
مهلیچ ۲	۰/۲۱ <sup>ns</sup>	۰/۷۶ <sup>*</sup>	۰/۶۴ <sup>**</sup>	۰/۶۴ <sup>**</sup>	۰/۵۳ <sup>*</sup>

\*\* و \* : به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی دار می باشد.

ns : در سطح ۵ درصد معنی دار نمی باشد.

تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۱ و مهلیچ ۲ می‌توانند به عنوان بهترین عصاره گیر جهت برآورد فسفر قابل استفاده یونجه به کار روند.

بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۱ و مهلیچ ۲ هم بستگی معنی داری دارد، هر چند این شاخص با فسفر عصاره گیری شده به روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و بری ۲ هم بستگی معنی داری ندارد.

نتایج ارتباط فسفر عصاره گیری شده به وسیله عصاره گیرهای مختلف و شاخص‌های گیاهی در چین سوم در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج نشان دادند که شاخص عملکرد در این چین یونجه نیز مشابه دو چین اول و دوم با فسفر عصاره گیری شده به روش‌های مختلف عصاره گیری هم بستگی معنی داری ندارد.

شاخص عملکرد نسبی با فسفر عصاره گیری شده به روش‌های بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۱، بری ۲، و مهلیچ ۲ هم بستگی معنی داری دارد. این شاخص با فسفر عصاره گیری شده به روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱ و کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار هم بستگی معنی داری ندارد.

ارتباط شاخص پاسخ محصول با فسفر عصاره گیری شده به روش‌های مختلف مشابه شاخص عملکرد نسبی می‌باشد. شاخص پاسخ محصول با فسفر عصاره گیری شده به روش‌های بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۱ و بری ۲ و مهلیچ ۲ هم بستگی معنی داری دارد، هر چند این شاخص با فسفر عصاره گیری شده به روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱ و کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار،

تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۱ و مهلیچ ۲ می‌توانند به عنوان بهترین عصاره گیر جهت برآورد فسفر قابل استفاده یونجه به کار روند.

#### هم بستگی فسفر استخراجی به وسیله عصاره گیرها با شاخص‌های گیاهی در چین سوم

نتایج ارتباط فسفر عصاره گیری شده به وسیله عصاره گیرهای مختلف و شاخص‌های گیاهی در چین سوم در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج نشان دادند که شاخص عملکرد در این چین یونجه نیز مشابه دو چین اول و دوم با فسفر عصاره گیری شده به روش‌های مختلف عصاره گیری هم بستگی معنی داری ندارد.

شاخص غلظت با فسفر عصاره گیری شده به روش‌های مهلیچ ۱، بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۱، بری ۲ و مهلیچ ۲ هم بستگی معنی داری دارد، هر چند فسفر عصاره گیری شده به روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال و کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار هم بستگی معنی داری ندارد. شاخص جذب، با فسفر عصاره گیری شده به روش‌های

اولسن، مهلیچ ۲ و بری ۱ از مناسب‌ترین عصاره‌گیرها می‌باشند.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه‌های بوعلی سینا و صنعتی اصفهان که هزینه اجرای این پژوهش را فراهم نموده و هم‌چنین خانم مهندس ندا هاشمیان که به عنوان کارشناس در انجام این پژوهش همکاری داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

هم‌بستگی معنی‌داری ندارد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در چین سوم یونجه عصاره‌گیرهای بی‌کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۱ و بری ۲ و مهلیچ ۲ می‌توانند به عنوان بهترین عصاره‌گیر جهت برآورد فسفر قابل استفاده گیاه یونجه به کار روند.

### نتیجه‌گیری

در شرایط این پژوهش برای استخراج فسفر قابل استفاده گیاه یونجه، روش‌های کالول، بی‌کربنات آمونیوم - دی تی پی ای،

### منابع مورد استفاده

۱. قنبری، م. و ن. کریمیان. ۱۳۷۸. ارزیابی گلخانه‌ای و آزمایشگاهی چند عصاره‌گیر جهت تعیین فسفر قابل استفاده ذرت در برخی از خاک‌های آهکی استان فارس. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۳: ۷۷-۹۲.
2. Abrams, M. M. and W. M. Jarell. 1992. Bioavailability index for phosphorus using ion exchange resin impregnated membranes. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 56:225-252.
3. Bissani, C. A., M. J. Tedesco, F. A. Miola and C. Gianello. 2002. Anion - exchange resins and iron oxide impregnated filter paper. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 64:1119-1130.
4. Gee, G.W. and J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis. *In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. part 2, Physical properties.* SSSA, Madison, WI.
5. Indiatity, R. and B. R. Singh. 2001. Phosphorus extractability of heavily fertilized soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 63:1629-1641.
6. Kalra, Y. P. 1997. Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. Soil and Plant Analysis Council Inc., Athens, Georgia
7. Kamparth, E. J. and M. E. Watson. 1980. Conventional soil and tissue tests for assessing the phosphorus status of soils. *In: F.E. Khasawneh et al (Ed.), Soil Testing and Plant Analysis.* SSSA, Madison, WI.
8. Kuo, S. 1996. Phosphorus. *In: D. L. Sparks (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods.* SSSA, Madison, WI.
9. Labhsetwar, V. K. and N. Soltanpour. 1985. A comparison of  $\text{NH}_4\text{HC}_3\text{-DTPA}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{CaCl}_2$  and  $\text{Na}_2\text{-EDTA}$  soil tests for phosphorus. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 49: 1437-1440.
10. Leoppert, R. H. and D. L. Suarez. 1996. Carbonate and Gypsum. 1996. *In: D. L. Sparks (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods.* SSSA, Madison, WI.
11. Luscombe, P. C., J. R. Syers and P. E. H. Gregg. 1979. Water extraction as a soil testing procedure for phosphate. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 10:1361-1369.
12. Malarino, A. 1998. Soil phosphorus testing for crop production and environmental purpose. PP. 158-192. *In: Preceeding of the integrated crop management conference.* Nov. 17-18. Iowa State Univ., USA.
13. Maria, C. P. and J.T Sims. 2000. Relationships between soil test phosphorus, soluble phosphorus and phosphorus saturation in Delaware soils. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 64: 765.773.
14. Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant. A modification of mehlich 2 extractant. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15:1409-1416.
15. Murphy, J. and J. P. Riley. 1963. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta.* 27:31-36.
16. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. *In: D. L. Sparks (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3, chemical methods.* SSSA, Madison, WI.
17. Nesse, P., J. Grava and P. R. Bloom. 1988. Correlation of several tests for phosphorus with resin extractable phosphorus for 30 Alkaline soil. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 19:675-689.

18. Olsen, S. R., C.V.Cole. F. S. Watanabe and L. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extration with sodium bircarbonate. USDA circ. 939, USA, Washington, DC.
19. 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, WI.
20. Rodriguez, J. B., G. B. Peterson and D. G. Westfall. 1989. Calibration of nitrogene and phosphorus soil test with yield of Prose millet. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 53:1737-1741.
21. Sentran, T., R. R. Simard and J. C. Fardeau. 1992. A Comparison of four resin extraction and <sup>32</sup>P isotopic exchange fot the assesment of plant available P. *Can. J. Soil Sci.* 27:244-281.
22. Shoenau, J. J. and W. Z. Huang. 1991. Anion exchange membrane, water, and soudium bicarbonate extractions as soil tests for phosphorus. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 22:465-492.
23. Simard, R. R., T. Sentran and J. Zizka. 1991. Strontium Chloride- citric acid extraction evaluation as a soil testing procedure for phosphorus. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 55:414-421.
24. Simonis, A. D., H. B. Setatou. 1996. Assessment of available phosphorus and potassium in soils by the calcium chloride extraction methods. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 27: 685-694.
25. Somner, M. E. and W. P. Miller. 1996. Cation exchange and exchange coefficient. *In*: D. L. Sparks (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods*. SSSA, Madison, WI.
26. Thomas, G. W. and D. W. Peaslee. 1973. Testing soil for phosphorus. PP. 115-132. *In* : L. M. Walsh and J.D. Beaton (Eds.), *Soil Testing and Plant Analysis* . SSSA, Book Ser.3, SSSA, Madison, WI.
27. Thomas, G. W. 19996. Soil pH and lime requirement. *In*: D. L. Sparks (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods*. SSSA, Madison, WI.
28. Zibral, J. and P. Nemeč. 2000. Comparison of Mehlich<sub>2</sub>, Mehlich<sub>3</sub>, CAL, Egner, Olsen and 0.01 M CaCl<sub>2</sub> extractants for determination of phosphorus in soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 33:3405-3417.