

## 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 فسفرخاک‌های این منطقه صورت گرفته و تاکنون عصاره‌گیر مناسبی برای استخراج فسفر قابل استفاده این خاک‌ها معروف نگردیده است. بنابراین این پژوهش با هدف ارزیابی<sup>۹</sup> 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 انجمام 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 > مهليچ ۲ > مهليچ ۱ > دی‌تی‌پی‌ای > اولسن > بری ۱/۰۱ مولار 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 بی‌کربنات آمونیوم- دی‌تی‌پی‌ای، کالول، بری ۱ و مهليچ ۲ و در چین سوم بی‌کربنات آمونیوم- دی‌تی‌پی‌ای، اولسن، کالول، بری ۱، و مهليچ 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 قabilیت جذب فسفر نامیده می‌شوند (۷). محققان به منظور ارزیابی فسفر قابل استفاده در خاک از عصاره‌گیرهای مختلفی استفاده کرده‌اند (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵ و ۲۶). به عنوان

فسفر قابل استفاده عبارت است از مقدار فسفوئی 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 فسفوئی که گیاه جذب می‌کند امکان‌پذیر نیست، اما می‌توان به روش‌های

۱. دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بولی 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 تازیاد 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 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 مهیج ۱ (۱۴) روش مهیج 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 دهن ۲۵ و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر) استفاده گردید. برای ایجاد شرایط مناسب از نظر زهکشی و تهويه، در زیر هر گلدان ۴ سوراخ به قطر تقریبی یک سانتی متر 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 مهیج 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 برآورد 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 ۷/۱-۷/۸، قابلیت هدایت الکتریکی ۰/۳-۰/۵ دسی زیمنس بر متر، کربنات کلسیم معادل ۲۰/۲-۲۷/۱ درصد، کربن آلی ۱۰/۱-۱۳/۲ سانتی مول بار در تغییرات گنجایش تبادل کاتیونی ۱۰/۱-۱۳/۲ سانتی مول بار در کیلوگرم بود. دامنه تغییرات میزان رس، سیلت و شن در این خاک‌ها به ترتیب ۴۰/۲-۵۸/۵، ۳۰/۱-۵۵/۲ و ۳۵/۵-۳۰/۵ درصد بود.

### عصاره‌گیری نمونه‌های خاک با روش‌های عصاره‌گیری 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 بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای که مکانیسم عصاره‌گیری هیدرولیز کاتیونی می‌باشد. دامنه تغییرات فسفر عصاره‌گیری شده در این عصاره‌گیرها به ترتیب ۸/۲-۶۱/۱ و ۲۶/۸-۸۳/۱ و ۱/۲-۱۳۲ میلی گرم در کیلوگرم بود. گروه دوم شامل عصاره‌گیرهای مهليچ ۱ و اسيد كلريدريك ۱/۱ نرمال که بر اساس مکانیسم انحلال در اسيد فسفر را از خاک استخراج می‌کنند. دامنه تغییرات فسفر عصاره‌گیری شده در این دو عصاره‌گیر به ترتیب ۱/۱-۶۲/۳ و ۱۰۷/۶ و ۴/۴-۴ میلی گرم در کیلوگرم بود. گروه سوم شامل عصاره‌گیرهای بري ۱، بري ۲ و مهليچ ۲ که مکانیسم عصاره‌گیری تشکيل كمپلکس با کاتيون‌های در ارتباط با فسفر می‌باشد. دامنه تغییرات فسفر عصاره‌گیری شده در این عصاره‌گیرها به ترتیب ۱/۹-۱۱۶/۲،

به صورت کود منوففات 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 میلی گرم در کیلوگرم به خاک همه گلدان‌ها اضافه و کاملاً با خاک مخلوط گردید. آهن نیز به صورت کود سکوسترین به مقدار ۵ میلی گرم آهن در کیلوگرم به همه خاک‌ها اضافه شد. نیتروژن به صورت کود سولفات آمونیوم به مقدار ۱۰۰ میلی گرم 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 شیستشو شدند.

در هر چین گیاهان در پاکت‌های کاغذی قرار داده شد و در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون تهويه دار خشک شدند. پس از خشک شدن گیاهان، عملکرد خشک قسمت‌های هوایی تعیین وبا 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 (میلی گرم در کیلوگرم) × عملکرد خشک (کیلوگرم در گلدان)

= جذب فسفر (میلی گرم در گلدان)

عملکرد گیاه شاهد - عملکرد گیاه تیمار شده = پاسخ گیاه

عملکرد گیاه تیمار شده / عملکرد گیاه شاهد = عملکرد نسبی

## **جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مطالعه شده**

جدول ۲. مقادیر فسفور استخراج شده با روش های مختلف عصاوه گیری (میلی گرم در کیلو گرم)

روش‌های مختلف با استفاده از هم‌بستگی ساده مطالعه قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است.

روش عصاره‌گیری فسفر توسط محلول اسید کلریدریک ۰/۰ نرمال یک روش عصاره‌گیری است که در خاک‌های اسیدی به کار می‌رود. مقدار فسفر استخراجی به وسیله این روش هم‌بستگی معنی‌داری با فسفر استخراج شده با روش‌های مهليچ ۱، بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌ای، اولسن، اسید‌کلرید ۱/۰ مولار، کالول، بری ۱، بری ۲ و مهليچ ۲ دارد.

روش مهليچ ۱، روش عصاره‌گیر مناسبی است که در خاک‌های کارولینای شمالی مورد استفاده زیادی دارد. این یک روش عصاره‌گیری است که هم‌زمان چند عنصر را استخراج می‌کند. روش مهليچ ۱ فسفر را از ترکیبات فسفاته آلومینیم، آهن و کلسیم تبادل کاتیونی کمتر از ۱۰ سانتی مول بار در کیلوگرم گنجایش روشن می‌باشد. مقدار فسفر استخراجی به وسیله این روش هم‌بستگی معنی‌داری با فسفر استخراج شده با اسید کلریدریک ۰/۰ نرمال، بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌ای، اولسن، کالول، بری ۱، بری ۲ و مهليچ ۲ دارد.

بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌ای یک عصاره‌گیر چند منظوره است که در بیشتر خاک‌های آهکی استفاده می‌گردد. مقدار فسفر استخراج شده به وسیله این روش با فسفر استخراج شده با روش‌های اسید کلریدریک ۰/۰ نرمال، مهليچ ۱، اولسن، کالول، بری ۱، بری ۲ و مهليچ ۲ هم‌بستگی معنی‌داری دارد.

عصاره‌گیر بی‌کربنات سدیم (روش اولسن) رایج‌ترین عصاره‌گیر فسفر در ایران و جهان می‌باشد. فسفر استخراج شده به وسیله این روش هم‌بستگی معنی‌داری با فسفر استخراج شده با روش‌های اسید کلریدریک ۰/۰ نرمال، مهليچ ۱، بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌ای، کالول، بری ۱، بری ۲ و مهليچ ۲ دارد. در روش کالول نیز از بی‌کربنات سدیم ۰/۵ نرمال استفاده می‌شود ولی به جای نیم ساعت تکان دادن از ۱۶ ساعت استفاده می‌شود که می‌تواند معیار دقیق‌تری از فسفر قابل جذب گیاه باشد. فسفر استخراج شده با این روش هم‌بستگی معنی‌داری با

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

مقایسه مقادیر فسفر عصاره‌گیری شده توسط یک عصاره‌گیر در خاک‌های مختلف نشان می‌دهد که فسفر عصاره‌گیری شده توسط یک روش در خاک‌های مختلف متفاوت می‌باشد. این امر نشان دهنده تفاوت فسفر قابل استفاده در خاک‌های مختلف و هم‌چنین تأثیر خصوصیات خاک بر مقدار فسفر عصاره‌گیری شده می‌باشد. هم‌چنین مقایسه مقادیر فسفر عصاره‌گیری شده در یک خاک توسط عصاره‌گیرهای مختلف بیانگر وجود تفاوت در مقدار فسفر عصاره‌گیری شده در خاک توسط روش‌های گوناگون است. این نتیجه نشان دهنده مکانیزم‌های مختلف این عصاره‌گیرها در عصاره‌گیری فسفر قابل جذب و هم‌چنین تفاوت اشکال مختلف فسفر در این خاک‌ها است (۷ و ۸). به عبارت دیگر از آنجا که توانایی عصاره‌گیرها در انحلال شکل‌های مختلف فسفر متفاوت است، این اختلافات دور از انتظار نیست به علاوه تفاوت در مدت زمان عصاره‌گیری و نسبت خاک به محلول عصاره‌گیر بر مقدار فسفر عصاره‌گیری شده تأثیر دارد (۱، ۷ و ۸).

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهند که در بین عصاره‌گیرهای استفاده شده، کمترین مقدار فسفر توسط عصاره‌گیر کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار که "عمدتاً" فسفر محلول را استخراج می‌کند (۱۱) و بیشترین مقدار فسفر توسط روش کالول استخراج شده است. به طور کلی بر اساس متوسط مقادیر فسفر استخراجی، فسفر عصاره‌گیری شده توسط روش‌های استفاده شده به ترتیب زیر می‌باشد:

کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار > مهليچ ۲ > مهليچ ۱ > دی‌تی‌پی‌ای > اولسن > بری ۱ > اسید کلریدریک > بری ۲ > کالول

هم‌بستگی بین مقادیر فسفر استخراجی به وسیله عصاره‌گیرها در این بخش از تحقیق ارتباط فسفر استخراج شده توسط

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

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

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

ns : سطح ۵ در صد 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 هم بستگی معنی‌داری ندارد.

**هم بستگی 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 غلاظت 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 هم بستگی پایین است. در هر حال، با توجه به ضرایب هم بستگی بین فسفر عصاره‌گیری شده و شاخص‌های گیاهی، مناسب ترین 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، مهليچ ۱، بی کربنات آمونيوم-دی تی پی ای، اولسن، بری ۱، بری ۲ و مهليچ ۲ دارد. فسفر استخراج شده با این روش هم بستگی معنی‌داری با فسفر استخراج شده با روش کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار نداشت.

فسفر استخراج شده به روش بری ۱ هم بستگی معنی‌داری با فسفر استخراج شده با روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهليچ ۱، بی کربنات آمونيوم-دی تی پی ای، اولسن، كالول، بری ۲ و مهليچ ۲ دارد. فسفر استخراج شده با این روش با فسفر عصاره‌گیری شده با کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار هم بستگی معنی‌داری نداشت.

فسفر استخراج شده به روش مهليچ ۲ هم بستگی معنی‌داری با فسفر استخراج شده با روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهليچ ۱، بی کربنات آمونيوم-دی تی پی ای، اولسن، كالول، بری ۱ و بری ۲ دارد. فسفر استخراج شده به روش مهليچ ۲ هم بستگی معنی‌داری با فسفر استخراج شده با روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهليچ ۱، بی کربنات آمونيوم-دی تی پی ای، اولسن، كالول، بری ۱ و بری ۲ دارد. فسفر استخراج شده با آزمون مهليچ ۱، بی کربنات آمونيوم-دی تی پی ای، اولسن، كالول، 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

پاسخ گیاه	عملکرد نسبی	جذب	غلظت	عملکرد	شاخص‌های گیاهی	
					عصاره‌گیر	عصاره‌گیر
-۰/۳۴	۰/۴۱ ns	۰/۴۷ ns	۰/۵۳*	۰/۳۲ ns	اسید کلریدریک ۰/۱ مولار	
-۰/۳۳ ns	۰/۳۲ ns	۰/۳۹ ns	۰/۴۹ ns	۰/۲۴ ns	مهلیج ۱	
-۰/۵۴ *	۰/۶۶ *	۰/۴۴ ns	۰/۰۹ ns	۰/۴۹ ns	بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌ای	
-۰/۶۳ *	۰/۷۹ *	۰/۴۵ ns	۰/۰۶ ns	۰/۴۹ ns	اولسن	
-۰/۲۲ ns	۰/۲۳ ns	-۰/۰۹ ns	۰/۲۳ ns	۰/۰۴ ns	کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار	
-۰/۵۰ ns	۰/۶۲ *	۰/۵۱ *	۰/۲۲ ns	۰/۰۵ ns	کالول	
-۰/۵۰ ns	۰/۵۷ *	۰/۴۵ ns	۰/۲۵ ns	۰/۴۳ ns	بری ۱	
-۰/۲۹ ns	۰/۲۷ ns	۰/۴۱ ns	۰/۴۱ ns	۰/۲۸ ns	بری ۲	
-۰/۵۶ *	۰/۵۷ **	۰/۴۲ ns	۰/۰۹ ns	۰/۴۶ ns	مهلیج ۲	

\*\* و \* : به ترتیب در سطح ۱ و ۵ در صد معنی‌دار باشد.

ns : در سطح ۵ در صد معنی‌دار نمی‌باشد.

فسفر عصاره‌گیری شده با سایر روش‌ها هم بستگی معنی‌داری ندارد (جدول ۴).

شاخص عملکرد نسبی با فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های بی‌کربنات آمونیوم- دی‌تی‌پی‌ای، اولسن، کالول، بری ۱ و مهلیج ۲ هم بستگی معنی‌داری دارد ولی این شاخص با فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیج ۱، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و بری ۲ هم بستگی معنی‌داری ندارد (جدول ۴).

شاخص پاسخ گیاه با فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌ای، اولسن، کالول، و مهلیج ۲ هم بستگی معنی‌داری دارد، هر چند این شاخص با فسفر عصاره‌گیری شده به روش اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیج ۱، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار، بری ۱، بری ۲ هم بستگی معنی‌داری ندارد (جدول ۴).

با توجه به نتایج به دست آمده و با توجه به این که فسفر عصاره‌گیری شده با روش کالول با شاخص‌های جذب، عملکرد نسبی، پاسخ گیاه و غلظت فسفر در گیاه هم بستگی معنی‌داری دارد، در چین اول یونجه روش کالول می‌تواند به

عصاره‌گیر استفاده شده باید تمام یا بخش قابل توجهی از فسفر قابل استفاده یا شکل‌های عنصر غذایی از خاک‌های با خصوصیات متفاوت را عصاره‌گیری کند. (۲) مقدار عنصر غذایی عصاره‌گیری شده باید با دقت و سرعت قابل اندازه‌گیری باشد. (۳) مقدار عصاره‌گیری شده باید با رشد و پاسخ هر محصول در شرایط مختلف هم بستگی داشته باشد (۷).

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

نتایج ارتباط فسفر عصاره‌گیری شده به وسیله عصاره‌گیرها مختلف و شاخص‌های گیاهی در چین اول (جدول ۴) نشان می‌دهند که شاخص عملکرد با فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های مختلف عصاره‌گیری هم بستگی معنی‌داری ندارد. شاخص غلظت با فسفر عصاره‌گیری شده به روش اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال هم بستگی معنی‌داری دارد ولی این شاخص با فسفر عصاره‌گیری شده با سایر روش‌ها هم بستگی معنی‌داری ندارد. شاخص جذب با فسفر عصاره‌گیری شده به روش کالول هم بستگی معنی‌داری دارد، ولی این شاخص با

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

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

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

ns : در سطح ۵ در صد معنی دار نمی‌باشد.

مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی داری دارد، هر چند این شاخص با فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های اسید کلریدریک ۱۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و بری ۲ هم‌بستگی معنی داری ندارد (جدول ۵).

شاخص عملکرد نسبی، با فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های اسید کلریدریک ۱۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌ای، اولسن، کالول، بری ۱، بری ۲ و مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی داری دارد. این شاخص با فسفر عصاره‌گیری شده به روش کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار هم‌بستگی معنی داری ندارد.

شاخص پاسخ محصول، با فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌ای، اولسن، کالول، بری ۱ و مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی داری دارد، هر چند این شاخص با فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های اسید کلریدریک ۱۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و بری ۲ هم‌بستگی معنی داری ندارد (جدول ۵).

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

عنوان عصاره گیر مناسب برای استخراج فسفر قابل استفاده به کار رود.

#### هم‌بستگی 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 معنی داری ندارد.

شاخص غاظت با فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌ای، اولسن، کالول، بری ۱ و مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی داری دارد، هر چند این شاخص با فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های اسید کلریدریک ۱۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و بری ۲ هم‌بستگی معنی داری ندارد (جدول ۵).

شاخص جذب با فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌ای، 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	عصاره‌گیر					
	پاسخ گیاه	عملکرد نسبی	جذب	غلاظت	عملکرد	
اسید کلریدریک ۰/۰۱ مولار	-۰/۲۵ ns	۰/۳۱ ns	۰/۳۱ ns	۰/۴۷ ns	-۰/۰۶ ns	
مهلیچ ۱	-۰/۴۰ ns	۰/۳۲ ns	۰/۳۲ ns	۰/۶۵ **	-۰/۰۷ ns	
بیکربنات آمونیوم - دی تی پی ای	-۰/۵۲ *	۰/۶۳ **	۰/۶۳ *	۰/۸۰ *	۰/۱۹ ns	
اولسن	-۰/۵۵ *	۰/۷۰ **	۰/۷۰ **	۰/۸۲ *	۰/۳۶ ns	
کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار	-۰/۲۰ ns	-۰/۲۳ ns	-۰/۲۳ ns	-۰/۱۰ ns	-۰/۴۹ ns	
کالول	-۰/۵۴ *	۰/۶۴ **	۰/۶۴ **	۰/۸۲ *	۰/۳۲ ns	
بری ۱	-۰/۶۲ *	۰/۶۵ **	۰/۶۵ **	۰/۷۷ *	۰/۱۷ ns	
بری ۲	-۰/۵۱ *	۰/۵۰ ns	۰/۴۰ ns	۰/۶۴ ns	۰/۰۶ ns	
مهلیچ ۲	-۰/۵۳ *	۰/۶۴ **	۰/۶۴ **	۰/۷۶ *	۰/۲۱ ns	

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

ns : در سطح ۵ درصد معنی دار نمی‌باشد.

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

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

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

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

نتایج ارتباط فسفر عصاره‌گیری شده به وسیله عصاره‌گیرهای 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 عصاره‌گیری شده به روش‌های مختلف عصاره‌گیری هم بستگی معنی داری ندارد.

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

اولسن، مهلیج ۲ و بری ۱ از مناسب ترین عصاره‌گیرها  
می‌باشند.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه‌های بوعالی سینا و صنعتی اصفهان که هزینه اجرای این پژوهش را فراهم نموده و هم چنین 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 بدست آمده می‌توان نتیجه گیری کرد که در چین سوم یونجه عصاره‌گیرهای بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۱ و مهلهج 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، بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای،

### منابع مورد استفاده

1. 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: ۹۲-۷۷
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 osf Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods*. SSSA, Madison, WI.
9. Labhsetwar, V. K. and N. Soltanpour. 1985. A comparsion 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 envitomental 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 extraction with sodium bicarbonate. 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 nitrogen and phosphorus soil test with yield of Proso 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  $^{32}\text{P}$  isotopic exchange for the assessment 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 sodium 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. Nemec. 2000. Comparison of Mehlich2, Mehlich3, CAL, Egner, Olsen and 0.01 M  $\text{CaCl}_2$  extractants for determination of phosphorus in soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 33:3405-3417.