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

علیرضا حسین پور[۱] و حسین شریعتمداری[۲]

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 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 بی‌کربنات آمونیوم- دی تی پی ای، کالول، بری ۱ و مهلیچ ۲ و درچین سوم بی‌کربنات 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

فسفر قابل استفاده عبارت است از مقدار فسفری که در خلال دوره رشد گیاه وارد محلول خاک شده وجذب می‌گردد. مقدار فسفر قابل استفاده گیاه به‌وسیله خصوصیات خاک و گیاه تعیین می‌شود. استخراج و اندازه‌گیری دقیق مقادیر فسفری که گیاه جذب می‌کند امکان‌پذیر نیست، اما می‌توان به روش‌های مختلف اجزایی از فسفر خاک را استخراج نمود که با فسفر جذب شده هم‌بستگی مناسبی داشته باشد. این شاخص ها، 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

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

۲. استادیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.8.4]

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 عصاره گیری 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 بی‌کربنات آمونیوم- دی تی پی ای هم‌بستگی معنی داری داشت، ولی با فسفر عصاره‌گیری شده با روش بری ۱ هم‌بستگی 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 معنی داری وجود داشت. در مطالعه انجام شده به وسیله شینو و هو آنگ (۲۲) فسفر جذب شده به وسیله کلزا هم بستگی معنی داری با فسفر عصاره گیری 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 پیش گویی پاسخ محصول و نیاز کودی برای تمام خاک‌ها و محصولات نباشد. استان همدان از تولیدکنندگان عمده یونجه در ایران می باشد، 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 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 دامنهٔ 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) وگنجایش تبادل کاتیونی با روش استات سدیم در pH= ۷ (۲۵) تعیین شد.

جهت عصاره‌گیری فسفر از نمونه های 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) مولاراستفاده شد. در پایان ارتباط فسفر عصاره گیری 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 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.8.4]

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 وسولفات 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.

مقدار۰/۷ 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 ودر دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون تهویه 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 (میلی‌گرم در کیلوگرم)× عملکردخشک (کیلوگرم در گلدان) = جذب فسفر (میلی‌گرم در گلدان)

عملکردگیاه شاهد- عملکردگیاه تیمارشده= پاسخ گیاه

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

نتایج و بحث

نتایج تجزیه‌های 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 ۷/۸-۷/۱ ، 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 ، ۵۸/۵-۴۰/۲ 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 عصاره گیری 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 عصاره گیری شده در این عصاره‌گیرها به ترتیب ۶۱/۱-۸/۲ و ۸۳/۱-۲۶/۸ و ۱۳۲-۱/۲ میلی گرم در کیلوگرم بود. گروه دوم شامل عصاره‌گیرهای مهلیچ ۱ و اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال که بر اساس مکانیسم انحلال در اسید فسفر را از خاک استخراج می‌کنند. دامنه تغییرات فسفر عصاره گیری 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 مهلیچ 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 ،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.8.4]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.8.4]
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مطالعه شده

شماره خاک	قابلیت هدایت الکتریکی	پ- هاش	گنجایش تبادل کاتیونی	کاتیون‌های تبادلی		کاتیون‌های محلول		کربن آلی	کربنات کلسیم معادل	رس	سیلت	شن
				کلسیم + منیزیم	پتاسیم	کلسیم + منیزیم	پتاسیم					
	dS^{-1}		$cmol_c kg^{-1}$	$cmol\ kg^{-1}$				٪				
۱	۰/۷	۷/۶	۲۰/۲	۸/۶	۰/۶۰	۰/۷	۰/۱۰	۰/۴۹	۳۳/۶	۴۱/۷	۴۲/۱	۱۶/۲
۲	۱/۲	۷/۸	۱۵/۰	۱۱/۰	۰/۵۵	۰/۷	۰/۰۶	۰/۶۴	۲۲/۰	۴۶/۷	۴۶/۷	۶/۶
۳	۰/۹	۷/۷	۱۸/۰	۱۰/۵	۰/۳۰	۰/۷۵	۰/۱۱	۰/۶۳	۲۴/۰	۴۷/۵	۱۸/۳	۳۴/۲
۴	۱/۳	۷/۸	۱۵/۰	۱۰/۴	۰/۳۸	۰/۷۰	۰/۰۸	۰/۷۸	۱۷/۰	۳۴/۳	۲۳/۰	۴۲/۷
۵	۱/۰	۷/۸	۱۳/۵	۱۱/۶	۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۰۴	۱/۱۳	۲۲/۰	۳۶/۸	۳۳/۹	۲۹/۳
۶	۰/۹	۷/۶	۱۳/۰	۹/۳	۰/۶۵	۰/۵۰	۰/۱۳	۱/۸۳	۱۸/۰	۳۷/۸	۱۶/۸	۴۵/۴
۷	۱/۰	۷/۷	۲۰/۸	۱۰/۵	۰/۳۵	۰/۷۵	۰/۰۶	۰/۶۲	۱۸/۵	۴۵/۸	۲۸/۸	۲۵/۴
۸	۱/۱	۷/۷	۲۱/۸	۷/۳	۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۱۲	۱/۰۰	۲۱/۰	۵۴/۰	۳۳/۰	۱۳/۰
۹	۰/۹	۷/۷	۲۰/۵	۱۰/۵	۰/۵۳	۰/۵۵	۰/۰۵	۰/۵۰	۱۹/۰	۴۰/۸	۳۸/۱	۲۱/۱
۱۰	۱/۱	۷/۷	۱۶/۰	۷/۹	۰/۶۵	۰/۸۰	۰/۰۷	۰/۴۴	۲۶/۷	۴۷/۰	۲۱/۸	۳۱/۲
۱۱	۰/۸	۷/۷	۱۵/۰	۸/۴	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۰۷	۰/۵۱	۱۱/۳	۴۸/۵	۲۴/۳	۲۷/۲
۱۲	۱/۲	۷/۹	۱۹/۲	۱۰/۹	۰/۵۰	۰/۸۵	۰/۰۸	۰/۴۹	۲۸/۸	۴۶/۵	۴۳/۷	۹/۸
۱۳	۰/۹	۷/۷	۱۶/۵	۱۳/۰	۰/۴۸	۰/۶۵	۰/۰۹	۱/۱۷	۱۷/۸	۲۶/۳	۲۷/۹	۴۵/۸
۱۴	۰/۹	۷/۷	۱۷/۵	۱۳/۸	۰/۴۰	۰/۷۰	۰/۰۷	۰/۵۱	۱۸/۸	۴۸/۵	۲۰/۵	۳۱/۰
۱۵	۰/۶	۷/۷	۲۴/۵	۸/۸	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۰۴	۰/۲۶	۱۳/۰	۴۳/۵	۲۶/۴	۳۰/۱

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.8.4] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

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

عصاره‌گیر / شماره خاک	اسید کلریدریک ۰/۱ مولار	مهلیچ ۱	بیکربنات آمونیوم- دی تی پی ای	اولسن	کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار	کالول	بری ۱	بری ۲	مهلیچ ۲
۱	٤/٤	۲/۲	۱/۷	۱۲/۷	۰/۱۹	٤۱/۹	۱۳/۷	۸/۷	۱۲/۱
۲	۸/۹	٤/۰	۳/۷	۲۵/۸	۰/۵۱	۳٤/۷	٤/۰	۱/٦	۷/۹
۳	۱۱/۰	٤/۰	٤/۷	۹/٦	۰/۱۰	۳۵/۳	۱۲/٦	٤/۲	۷/۸
٤	۷۷/۳	۳۲/۸	۲/۲	۱۱/۰	۰/۷۷	۳٤/۹	۲۵/۹	۱۹/۵	۱۱/۰
۵	۱۲/۲	۱/۱	۲/۷	۸/۹	۰/۵۳	۲۷/۹	۱/۹	۳۸/۰	۵/۹
٦	۱۰۷/٦	٦۲/۳	۱۳۲/۰	٦۱/۰	۱/۰۰	۸۳/۱	۱۱٦/۲	۱۱۷/۲	۵۱/۳
۷	۱۷/۹	۳/۵	٤/۰	۱۰/۸	۱/۳۷	۳۰/٤	۲/۷	۸/۲	٦/٦
۸	۸/۸	۸/۲	۲۵/۰	۲۱/۹	۰/٤۰	۵٤/۳	٤٤/۷	۱۱/۳	۱۵/۵
۹	۷/۰	٦/۲	۱۱/۹	۱۵/٦	۰/۳٦	۳٦/۲	۹/۲	۲/۳	۱۱/۳
۱۰	٤۱۰/۹	۱/۵	۱/۳	۱۲/۳	۱/۲۵	۳٤/۹	٤/۳	۲/۳	۵/۸
۱۱	۲۵/٦	۳٤/٦	٦/٦	۸/۱	۰/۵۳	۳۵/۹	۲٤/٤	٦۵/۸	۵/۸
۱۲	۱۸/۲	۲/۳	٦/۹	۱۲/۱	۰/۸۲	۳۹/۲	۵/۰	۱/۲	۹/۰
۱۳	۱۰/۰	۷/۱	۵/٦	۱۳/۵	۰/۹۳	۲٦/۸	۱۸/۰	۳۲/۲	٦/٤
۱٤	٦/۷	٦/٤	۷/۵	۱۲/۱	۰/۷۹	۳٤/۲	۳٤/۳	۲۳/۵	۱۱/۲
۱۵	۵۵/۲	۲۹/٤	۱/۲	۱۵/۷	۰/۲۱	٤۱/۳	۲۵/۱	۵۹/٤	٦/۳

۱۱۷/۲– ۱/۲ و ۵۱/۳ – ۵/۸ بـود. در گـروه چهـارم کـه فـسفر محلول را عصاره گیری می‌کند تنها کلریـد کلـسیم ۰/۰۱ مـولار وجـود دارد، کـه دامنـه تغییـرات فـسفر عـصاره گیـری شـده ۱/۴ –۰/۱ میلی گرم در کیلوگرم بود.

مقایسه مقادیر فسفر عصاره‌گیری شده توسط یک عصاره‌گیر در خاک‌های مختلف نشان می‌دهد که فسفر عصاره‌گیـری شـده توسط یک روش در خاک‌های مختلف متفاوت می‌باشد. این امر نشان دهنده تفاوت فسفر قابل استفاده در خاک‌هـای مختلـف و هم‌چنین تأثیر خصوصیات خاک بر مقدار فـسفر عـصاره‌گیـری شده می باشد. هم‌چنین مقایسه مقادیر فسفر عصاره‌گیـری شـده در یک خاک توسط عصاره‌گیرهای مختلف بیانگر وجود تفاوت در مقدار فسفر عصاره‌گیری شده درخـاک توسـط روش‌هـای گوناگون است. این نتیجه نشان دهنده مکانیزم های مختلف این عصاره‌گیرها در عصاره‌گیـری فـسفر قابـل جـذب و هـم‌چنـین تفاوت اشکال مختلف فسفر در این خاک‌ها است (۷ و ۸). بـه عبارت دیگـر از آنجـا کـه توانـایی عـصاره‌گیـر هـا در انحـلال شکل‌های مختلف فسفر متفاوت اسـت، ایـن اختلافـات دور از انتظار نیست به علاوه تفاوت در مـدت زمـان عـصاره گیـری و نسبت خاک به محلول عصاره گیر بر مقدار فسفر عصاره گیـری شده تأثیر دارد (۱، ۷ و ۸).

نتایج جدول ۲ نشان می دهنـد کـه در بـین عـصاره گیرهـای استفاده شده، کمترین مقدار فسفر توسط عصاره‌گیر کلرید کلـسیم ۰/۰۱ مولار که عمدتاً" فسفر محلول را استخراج مـی‌کنـد (۱۱) و بیشترین مقدار فسفر توسط روش کالول استخراج شده است.

به طور کلی بر اسـاس متوسـط مقـادیر فـسفر اسـتخراجی، فسفر عصاره گیری شـده توسـط روش‌هـای اسـتفاده شـده بـه 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

هم‌بستگی بین مقادیر فسفر استخراجی به وسیله عصاره‌گیرها

در این بخش از تحقیـق ارتبـاط فـسفر اسـتخراج شـده توسـط روش‌های مختلف با استفاده از هم‌بـستگی سـاده مـورد مطالعـه قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است.

روش عصاره‌گیری فسفر توسـط محلـول اسـید کلریـدریک ۰/۱ نرمال یک روش عصاره‌گیری است که در خاک‌های اسیدی به کار می‌رود. مقـدار فـسفر اسـتخراجی بـه وسـیله ایـن روش هم‌بستگی معنی‌داری با فسفر استخراج شده با روش‌های مهلـیچ ۱، بی کربنات آمونیوم – دی تـی پـی ای ، اولـسن، اسـیدکلرید ۰/۱مولار، کالول، بری ۱، بری ۲ و مهلیچ ۲ دارد.

روش مهلـیچ ۱، روش عـصاره‌گیـر مناسـبی اسـت کـه در خاک‌های کارولینای شمالی مورد استفاده زیادی دارد. ایـن یـک روش عصاره‌گیری است که هم‌زمان چنـد عنـصر را اسـتخراج می‌کند. روش مهلیچ ۱ فـسفر را از ترکیبـات فـسفاته آلـومینیم، آهن و کلسیم استخراج می‌کنـد و بـرای خـاک‌هـای اسـیدی بـا گنجایش تبادل کاتیونی کمتر از ۱۰ سانتی مول بـار در کیلـوگرم بهترین روش می‌باشد. مقدار فسفر اسـتخراجی بـه وسـیله ایـن روش هم‌بستگی معنی داری با فـسفر اسـتخراج شـده بـا اسـید کلریدریک ۰/۱ نرمال، بـی کربنـات آمونیـوم- دی تـی پـی ای، اولسن، کالول، بری ۱، بری ۲ و مهلیچ ۲ دارد.

بی‌کربنات آمونیوم- دی تی پی ای یـک عـصاره گیـر چنـد منظوره است که در بیشتر خاک‌های آهکی اسـتفاده مـی گـردد. مقدار فسفر استخراج شده به وسیله این روش با فسفر استخراج شده با روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، اولـسن، کالول، بری ۱، بری ۲ و مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی‌داری دارد.

عصاره‌گیر بی کربنات سدیم (روش اولـسن) رایـج تـرین عصاره‌گیر فسفر در ایران و جهان می‌باشد. فسفر استخراج شـده به وسیله این روش هم‌بستگی معنی‌داری با فسفر استخراج شده با روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، بـی کربنـات آمونیوم – دی تی پی ای، کالول، بری ۱، بری ۲ و مهلیچ ۲ دارد.

در روش کالول نیز از بی کربنات سدیم ۰/۵ نرمـال اسـتفاده می‌شود ولی به جای نیم ساعت تکان دادن از ۱۶ ساعت استفاده می‌شود که می‌تواند معیار دقیق‌تری از فـسفر قابـل جـذب گیـاه باشد. فسفر استخراج شده با این روش هم‌بستگی معنی‌داری بـا

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.8.4]

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 ns	۰/۶۶ **	۰/۷۴ **	۰/۷۵ **	۰/۷۰ **
۲- مهلیچ ۱	-	۰/۷۲ **	۰/۶۶ **	۰/۰۷ ns	۰/۷۰ **	۰/۸۱ **	۰/۸۷ **	۰/۷۱ **
۳- بیکربنات آمونیوم-دی تی پی ای	-	–	۰/۹۴ **	۰/۱۹ ns	۰/۹۲ **	۰/۹۳ **	۰/۷۳ **	۰/۹۸ **
۴- اولسن	-	-	-	۰/۱۶ ns	۰/۹۰ **	۰/۸۶ **	۰/۶۴ **	۰/۹۳ **
۵- کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار				–	۰/۰۱ ns	۰/۱۱ ns	۰/۰۸ ns	۰/۱۶ ns
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 درسطح ۱ و ۵ در صد معنی دار می‌باشد.

ns : سطح ۵ در صد معنی دار نمی باشد.

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 کلسیم۰/۰۱ مولار هم‌بستگی معنی‌داری نداشت .

فسفر استخراج شده به روش مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی داری 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 کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار هم بستگی معنی‌داری نداشت .

کلرید کلسیم از جمله عصاره‌گیرهایی است که امروزه به عنوان یک عصاره‌گیر چند منظوره استفاده می شود و بخش فسفر محلول را استخراج میکند. فسفر عصاره گیری شده با این روش با فسفر عصاره گیری شده با سایر روش ها هم‌بستگی معنی‌داری ندارد.

هم‌بستگی فسفر استخراجی به وسیله عصاره گیرها با شاخص‌های گیاهی

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. 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 ، مناسب ترین عصاره‌گیر انتخاب و توصیه می‌شود.

یک آزمون خاک مناسب باید سه معیار را داشته باشد: ۱)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.8.4]

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

شاخص‌های گیاهی / عصارهگیر	عملکرد	غلظت	جذب	عملکرد نسبی	پاسخ گیاه
اسید کلریدریک ۰/۱ مولار	۰/۳۲ ns	۰/۵۳ *	۰/۴۷ ns	۰/۴۱ ns	-۰/۳۴
مهلیچ ۱	۰/۲۴ ns	۰/۴۹ ns	۰/۳۹ ns	۰/۳۲ ns	-۰/۳۳ ns
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 *
کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار	۰/۰۴ ns	۰/۲۳ ns	-۰/۰۹ ns	۰/۲۳ ns	-۰/۲۲ ns
کالول	۰/۵۰ ns	۰/۲۲ ns	۰/۵۱ *	۰/۶۲ *	-۰/۵۰ ns
بری ۱	۰/۴۳ ns	۰/۲۵ ns	۰/۴۵ ns	۰/۵۷ *	-۰/۵۰ ns
بری ۲	۰/۲۸ ns	۰/۴۱ ns	۰/۴۱ ns	۰/۲۷ ns	-۰/۲۹ ns
مهلیچ ۲	۰/۴۶ ns	۰/۰۹ ns	۰/۴۲ ns	۰/۵۷ **	-۰/۵۶ *

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

ns : در سطح ۵ در صد معنی دار نمی باشد.

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 باید با دقت وسرعت قابل اندازه‌گیری باشد .۳) مقدار عصاره‌گیری شده باید با رشد و پاسخ هر محصول در شرایط مختلف هم بستگی داشته باشد (۷).

هم‌بستگی فسفر استخراجی به وسیله عصاره‌گیرها با شاخص‌های گیاهی در چین اول

نتایج ارتباط فسفر عصاره‌گیری شده به وسیله عصاره‌گیرهای مختلف و شاخص‌های گیاهی درچین اول (جدول ۴) نشان می‌دهند که شاخص عملکرد با فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های مختلف عصاره‌گیری هم‌بستگی معنی داری ندارد. شاخص غلظت با فسفر عصاره‌گیری شده به روش اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال هم‌بستگی معنی‌داری دارد ولی این شاخص با فسفر عصاره گیری شده با سایر روش‌ها هم‌بستگی معنی‌داری ندارد. شاخص جذب با فسفر عصاره‌گیری شده به روش کالول هم‌بستگی معنی‌داری دارد، ولی این شاخص با فسفر عصاره‌گیری شده با سایر روش‌ها هم‌بستگی معنی داری ندارد (جدول ۴) .

شاخص عملکرد نسبی با فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های بی‌کربنات آمونیوم- دی تی پی ای ، اولسن، کالول، بری ۱ و مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی‌داری دارد ولی 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 (جدول۴) .

شاخص پاسخ گیاه با فسفر عصاره‌گیری شده با روش‌های بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن، کالول، و مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی داری دارد، هر چند این شاخص با فسفر عصاره‌گیری شده به روش اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار، بری ۱، بری ۲ هم‌بستگی 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 شاخص‌های جذب، عملکرد نسبی، پاسخ گیاه و غلظت فسفر در گیاه هم بستگی معنی‌داری دارد، در چین اول یونجه روش کالول می‌تواند به

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.8.4]

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

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

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

ns : در سطح ۵ در صد معنی دار نمی باشد.

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

هم بستگی فسفر استخراجی به وسیله عصاره‌گیر ها با شاخص‌های گیاهی در چین دوم

نتایج ارتباط فسفر عصاره‌گیری شده به وسیله عصاره گیرهای 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 عصاره گیری هم‌بستگی معنی داری ندارد.

شاخص غلظت با فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های بی کربنات آمونیوم - دی تی پی ای، اولسن ، کالول، بری ۱ و مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی داری 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 معنی داری ندارد (جدول ۵) .

شاخص جذب با فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های بی‌کربنات 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 معنی داری 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 عصاره گیری شده با روش‌های بی کربنات آمونیوم- دی تی پی ای ، اولسن، کالول، بری ۱ و مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی داری 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 معنی داری ندارد.

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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.8.4]

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

شاخص‌های گیاهی / عصاره‌گیر	عملکرد	غلظت	جذب	عملکرد نسبی	پاسخ گیاه
اسید کلریدریک ۰/۱ مولار	-۰/۰۶ ns	۰/۴۷ ns	۰/۳۱ ns	۰/۳۱ ns	-۰/۳۵ ns
مهلیچ ۱	-۰/۰۷ ns	۰/۶۵ **	۰/۳۲ ns	۰/۳۲ ns	-۰/۴۰ ns
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 *
کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار	-۰/۴۹ ns	-۰/۱۰ ns	-۰/۲۳ ns	-۰/۲۳ ns	-۰/۲۰ ns
کالول	۰/۳۲ ns	۰/۸۲ *	۰/۶۴ **	۰/۶۴ **	-۰/۵۴ *
بری ۱	۰/۱۷ ns	۰/۷۷ *	۰/۶۵ **	۰/۶۵ **	-۰/۶۲ *
بری ۲	۰/۰۶ ns	۰/۶۴ ns	۰/۴۰ ns	۰/۵۰ ns	-۰/۵۱ *
مهلیچ ۲	۰/۲۱ ns	۰/۷۶ *	۰/۶۴ **	۰/۶۴ **	-۰/۵۳ *

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

ns : در سطح ۵ در صد 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.

هم‌بستگی فسفر استخراجی به وسیله عصاره‌گیرها با شاخص‌ها ی گیاهی در چین سوم

نتایج ارتباط فسفر عصاره‌گیری 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 عصاره‌گیری شده به روش‌های مختلف عصاره‌گیری هم‌بستگی معنی‌داری ندارد.

شاخص غلظت با فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های مهلیچ۱، بی کربنات آمونیوم – دی تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۱، بری ۲ و مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی‌داری دارد، هر چند فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال و کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار هم‌بستگی معنی‌داری ندارد.

شاخص جذب، با فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های بی‌کربنات آمونیوم – دی تی پی ای، اولسن، کالول، بری ۱ و مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی‌داری دارد، هر چند این شاخص با فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ۱، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار و بری ۲ هم‌بستگی معنی‌داری 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 هم‌بستگی معنی‌داری دارد. این شاخص با فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱ و کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار هم‌بستگی معنی‌داری 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 بری ۲ و مهلیچ ۲ هم‌بستگی معنی‌داری دارد، هر چند این شاخص با فسفر عصاره‌گیری شده به روش‌های اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال، مهلیچ ۱ و کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.8.4]

هم‌بستگی معنی‌داری ندارد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گیری کرد که در چین سوم یونجه عصاره‌گیرهای بی کربنات 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، بی کربنات آمونیوم – دی تی پی ای، اولسن، مهلیچ ۲ و بری ۱ از مناسب ترین عصاره گیرها می‌باشند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه‌های بوعلی 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 می شود.

منابع مورد استفاده

۱. قنبری ، م. و ن . کریمیان . ۱۳۷۸. ارزیابی گلخانه‌ای و آزمایشگاهی چند عصاره گیر 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 impreganted 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 NH_4HC_3-DTPA, NaHCO3, $CaCl_2$ and Na_2-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 envitonmental 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 Delware 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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.8.4]

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 ^{32}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. Nemec. 2000. Comparison of Mehlich2, Mehlich3, CAL, Egner, Olsen and 0.01 M $CaCl_2$ extractants for determination of phosphorus in soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 33:3405-3417.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.4.8.4]