

## ارزیابی چند عصاره‌گیر شیمیایی جهت تعیین روی قابل استفاده نهال‌های پسته در برخی از خاک‌های آهکی

### رفسنجان

سیما بابائی بافقی<sup>۱</sup>، احمد تاج آبادی پور<sup>۲\*</sup>، عیسی اسفندیاری پور بروجنی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

۲. دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

۳. دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۴/۲۷)

### چکیده

بخش وسیعی از خاک‌های دنیا از جمله ایران، جزء خاک‌های آهکی بوده که در آن به دلیل pH بالا و تثبیت بسیاری از عناصر غذایی کم مصرف از جمله روی، کمبود این عناصر مشاهده می‌شود. مقدار روی کل خاک اطلاعات زیادی درباره مقدار قابل استفاده آن برای گیاهان نمی‌دهد، بنابراین قابلیت استفاده روی در ۲۸ خاک آهکی با دامنه وسیعی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی با عصاره‌گیرهای  $DTPA-CaCl_2$ ،  $EDTA-NH_4OAc$ ،  $EDTA-NH_4HCO_3$ ،  $DTPA-NH_4HCO_3$ ،  $EDTA$ ،  $DTPA-NaOAc$  و  $Mehlich_3$  بر روی نهال‌های پسته به‌عنوان گیاه آزمایشی مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و ۲۸ نوع خاک در شرایط گلخانه انجام شد. نتایج نشان داد که ترتیب توانایی عصاره‌گیرها در استخراج روی به صورت زیر بود:

$Mehlich_3 > DTPA-NaOAc > EDTA > EDTA-NH_4OAc > DTPA-CaCl_2 = DTPA-NH_4HCO_3$

استفاده از معادلات رگرسیونی چند متغیره نشان داد که مقدار روی استخراج شده از خاک توسط عصاره‌گیرهای مورد استفاده به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از قبیل درصد رس، ظرفیت تبادل کاتیونی و کربنات کلسیم معادل بستگی داشت. بین غلظت و جذب روی برگ و ساقه و روی استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای مورد استفاده همبستگی معنی‌داری وجود داشت. به طوری که مقدار روی استخراج شده به وسیله  $DTPA-NH_4HCO_3$  بالاترین همبستگی معنی‌دار ( $R = 0.634^{**}$ ) را با غلظت روی در برگ نهال‌های پسته داشت، بنابراین عصاره‌گیر  $DTPA-NH_4HCO_3$  می‌تواند برای ارزیابی روی قابل استفاده پسته در خاک‌های آهکی مورد استفاده قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** پسته، خاک‌های آهکی، روی، عصاره‌گیرهای شیمیایی

### مقدمه

پسته بارور با سطح زیر کشت ۱۹۴ هزار هکتار با تولید سالانه

۸۷ هزار تن پسته در استان کرمان می‌باشد.

تغذیه مناسب گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کمی و کیفی پسته به شمار می‌رود. پسته نیز مانند سایر گیاهان برای رشد و تولید محصول به عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف احتیاج دارد. عناصر غذایی کم مصرف عناصری هستند که در افزایش عملکرد و تولید محصولات زراعی و باغی در خاک‌های آهکی نقش مهم و تأثیرگذاری دارند. عنصر روی یکی از هشت عنصر کم مصرف ضروری برای رشد طبیعی و حفظ محصولات کشاورزی است (Alloway, 2004). کشت مداوم و بی‌توجهی به کودهای مصرفی، باعث شده که کمبود روی در خاک‌های زیر کشت در ایران شایع شود به طوری که بیش از ۸۰ درصد خاک‌های ایران دچار کمبود روی هستند که سبب کاهش ۵۰ درصدی میانگین محصولاتی مانند گلابی، سیب و هلو شده است

پسته گیاهی نیمه گرمسیری، از خانواده Anacardiaceae و جنس Pistacia می‌باشد. کشت و کار پسته در سراسر جهان، بیشتر بر روی اراضی با آب شور و کیفیت ضعیف به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (Ferguson et al., 2002; Tavallali et al., 2008). در کشور ما پسته از نظر اقتصادی محصولی بسیار مهم است، به طوری که تولید پسته علاوه بر تأمین بخشی از فرآورده‌های غذایی، نقش مؤثری در توسعه اقتصادی و اهمیت فراوانی در صادرات غیرنفتی کشور و ارزآوری دارد. بر اساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در حال حاضر در ایران بالغ بر ۳۰۴ هزار هکتار باغ پسته بارور با تولید سالانه ۲۲۵ هزار تن پسته وجود دارد که حدود ۶۴ درصد از باغ‌های

\* نویسنده مسئول: tajabadi@vru.ac.ir

استفاده این عنصر برای گیاه می‌باشد. استخراج بالای عنصر روی توسط عصاره‌گیرهای حاوی کلات کننده‌ها و اسیدها توسط بسیاری از پژوهشگران تأیید شده است (Singh *et al.*, 1987; Gupta and Sinha, 2007; Fuentes *et al.*, 2004). ارزش هر عصاره‌گیر بستگی به همبستگی بین مقدار عنصر عصاره‌گیری شده با مقدار عنصر جذب شده توسط گیاه دارد، در واقع عصاره‌گیر مناسب، محلولی است که بالاترین ضریب همبستگی را با روی جذب شده توسط گیاه و سایر پاسخ‌های گیاهی نشان دهد.

در پژوهش انجام شده توسط Alvarez *et al.* (2005) میزان روی استخراج شده با روش‌های مختلف در یک خاک، تغییرات زیادی داشت که نشان دهنده مکانیسم متفاوت عصاره‌گیرها در استخراج این عنصر است. هم‌چنین برای هر عصاره‌گیر، روی استخراج شده در خاک‌های مختلف، تفاوت زیادی داشت که نشان دهنده تفاوت در اجزای معدنی این عنصر در خاک می‌باشد. بنابراین می‌توان بیان کرد که ویژگی‌های خاک و عوامل گیاهی بر جذب عناصر به‌وسیله گیاه موثرند (Peck and Soltanpour, 1990). Motaghian and Hosseinpour (2013) به ارزیابی چند روش عصاره‌گیری در برآورد روی قابل استفاده در ده خاک آهکی تیمار نشده و تیمار شده با لجن فاضلاب زیر کشت لوبیا در شرایط گلخانه‌ای پرداختند. نتایج نشان داد در خاک‌های تیمار نشده بین غلظت، ماده خشک و جذب روی و روی عصاره‌گیری شده با عصاره‌گیرهای AB-DTPA، DTPA-TEA و Mehlich<sub>3</sub> همبستگی معنی‌داری وجود داشت. هم‌چنین، در خاک‌های تیمار شده، بین روی عصاره‌گیری شده توسط DTPA-TEA و Mehlich<sub>1</sub> با ماده خشک و جذب روی همبستگی معنی‌داری وجود داشت. به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که عصاره‌گیر-DTPA-TEA می‌تواند روی قابل استفاده لوبیا را در خاک‌های تیمار شده و تیمار نشده با لجن فاضلاب برآورد کند. Takrattanasaran *et al.* (2010) بالاترین ضریب همبستگی را بین مقدار روی عصاره‌گیری شده توسط عصاره‌گیر Mehlich<sub>3</sub> و مقدار روی جذب شده توسط گیاه ذرت به دست آوردند. Maftoun *et al.* (2003) همبستگی معنی‌داری را بین غلظت روی در گیاه برنج و مقدار روی استخراج شده توسط عصاره‌گیر DTPA-NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> با ضریب همبستگی ( $r=0/441^{***}$ ) به‌دست آوردند. این محققین در پژوهش خود نشان دادند که وزن خشک اندام هوایی و جذب روی همبستگی معنی‌داری با عنصر

(Malakouti, 2007). شیوع کمبود عناصر کم‌مصرف مانند روی در درختان میوه در سال‌های اخیر به دلیل استفاده کم از مواد آلی، pH قلیایی، وجود آهک، مصرف بالای کودهای فسفره و فرسایش سطحی گزارش شده است (Ceylan *et al.*, 2009). این عوامل می‌توانند عنصر روی را در خاک تثبیت نمایند، به نحوی که در آزمایش خاک مقدار کل روی بالا بوده ولی این مقدار روی در دسترس گیاه نبوده و گیاه قادر به جذب آن نمی‌باشد (Imtiaz, 1999).

یک شاخص از قابلیت استفاده یک فلز برای گیاه، همبستگی بین مقدار آن عنصر در فاز جامد با مقدار غلظت اندازه‌گیری شده آن عنصر در بافت گیاه است. برای تعیین میزان عناصر غذایی خاک، وجود موادی برای خارج کردن عناصر غذایی از خاک لازم است. عصاره‌گیرها در واقع موادی هستند که می‌توانند عنصر غذایی گیاه را به صورت محلول از فاز جامد خاک خارج کنند و امکان اندازه‌گیری آن‌ها را فراهم سازند (Malakouti *et al.*, 2008). استفاده از عصاره‌گیرهای شیمیایی منفرد در تجزیه‌های معمول خاک یک راه ساده و سریع برای ارزیابی قابلیت استفاده عناصر خاک برای گیاهان است. به منظور تعیین مقدار قابل استفاده عنصر روی برای گیاه از عصاره‌گیرهای مختلف استفاده می‌شود. عصاره‌گیرها شامل اسیدها، نمک‌ها و کلات کننده‌ها هستند (Feng *et al.*, 2005). در سال ۱۹۵۳ عصاره‌گیر مهلیچ معرفی شد (Mehlich, 1953) که هم اکنون نیز به طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای تعیین میزان عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم، منگنز و روی در خاک‌های شنی اسیدی برای اولین بار در شرق و جنوب شرق ایالات متحده آمریکا به کار برده شد (Isaac, 1983). Wolf (1982) کلات DTPA را به عصاره‌گیر استات سدیم ۰/۷۳ مولار اضافه کرد و این عصاره‌گیر برای تعیین وضعیت عناصر کم‌مصرف مانند مس، آهن، منگنز و روی به کار برده شد. در سال‌های بعد دو عصاره‌گیری معرفی شدند که امروزه نیز به‌طور وسیعی از آن‌ها استفاده می‌شوند. در سال ۱۹۷۷ عصاره‌گیر آمونیوم بی‌کربنات DTPA برای استفاده در خاک‌های قلیایی معرفی شد (Soltanpour and Schwab, 1977). در سال ۱۹۸۴ عصاره‌گیر مهلیچ ۳ برای استفاده در خاک‌های اسیدی معرفی شد. سه عصاره‌گیر مورگان-ولف، مهلیچ ۳ و AB-DTPA برای تعیین وضعیت عناصر کم‌مصرف در خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند (1982). Wolf, Feng *et al.* (2005) گزارش کردند که DTPA-TEA عصاره‌گیر مناسب روی در خاک‌های آهکی و EDTA عصاره‌گیر مناسب روی در خاک‌های اسیدی برای تعیین مقدار قابل

### مواد و روش‌ها

از ۱۰۰ منطقه مختلف پسته‌کاری شهرستان‌های رفسنجان (نوق، کیوترخان و حومه) و انار نمونه‌برداری خاک در ناحیه سایه‌انداز درخت و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری صورت گرفت. در نمونه‌های فوق ویژگی‌هایی مانند بافت، آهک و روی قابل استفاده تعیین گردید و در نهایت ۲۸ نوع خاک که دارای دامنه وسیعی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بودند برای آزمایش گلخانه‌ای انتخاب شدند. در نمونه‌های خاک، بعد از هوا خشک نمودن و عبور از الک دو میلی‌متری برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها از جمله pH در خمیر اشباع خاک توسط الکتروود شیشه‌ای (Richards, 1954)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع، بافت به روش هیدرومتر (Bouyoucos, 1951)، کربن آلی (Jackson, 1975)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (Alison and Moodie, 1965)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش جانشینی کاتیون‌ها با سدیم استات (Chapman, 1965)، غلظت فسفر استخراج شده به وسیله بی‌کربنات سدیم (Olsen et al., 1954) با دستگاه اسپکترومتر و هم‌چنین غلظت روی، آهن، مس و منگنز استخراج شده به وسیله DTPA (Lindsay and Norvell, 1978) با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین گردید (جدول ۱).

روی عصاره‌گیری شده توسط عصاره‌گیرهای  $Mehlich_3$ -DTPA،  $NH_4HCO_3$  و  $EDTA-(NH_4)_2CO_3$  داشت. Rahman et al. (2007) گزارش کردند که میزان عنصر روی استخراج شده توسط عصاره‌گیر DTPA همبستگی مثبتی با عملکرد ماده خشک و غلظت روی در گیاه برنج داشت. مقدار مصرف عناصر غذایی در خاک، تحت تأثیر آگاهی از نیاز گیاه به عنصر غذایی و نیز قدرت تامین عنصر غذایی توسط خاک می‌باشد. بنابراین تعیین عصاره‌گیر مناسب برای خاک‌های مختلف ضروری است. عصاره‌گیر انتخاب شده در هر منطقه باید متناسب با خاک‌های آن منطقه از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی باشد (Myers et al., 2005). با وجود این که در اکثر مناطق پسته کاری ایران عناصری مانند روی، آهن، مس و منگنز به مقدار کافی در خاک وجود دارد، اما به دلیل وجود خاک‌هایی با pH بالای ۷/۵، قابلیت استفاده این عناصر محدود و باعث بروز کمبود این عناصر در گیاه می‌شود (Alipour and Hosseinifard, 2006). بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی وضعیت روی خاک باغ‌های پسته رفسنجان و حومه، هم‌چنین ارزیابی رابطه بین روی استخراج شده به وسیله عصاره‌گیرهای مختلف و مقدار روی جذب شده توسط نهال‌های پسته به منظور تعیین بهترین عصاره‌گیر روی انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

میانگین	دامنه تغییرات	خصوصیات خاک
۷/۹	۳/۵-۲۲/۸	رس (درصد)
۱۱/۱	۴/۵-۲۶	سیلت (درصد)
۸۱	۵۷/۲-۹۹/۲	شن (درصد)
۱/۵	۰/۷-۳/۹	ماده آلی (درصد)
۱۲/۵	۱۸-۳۳	کربنات کلسیم معادل (درصد)
۴/۲	۰/۹-۹/۲	قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)
۷/۹	۷/۴-۸/۵	pH گل اشباع
۹/۹	۳/۹-۱۶/۹	ظرفیت تبادل کاتیونی (Cmol(+)/kgsoil)
۵/۷	۱/۲-۱۲/۳	منگنز استخراج شده با DTPA (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۱/۸	۰/۴-۶/۷	روی استخراج شده با DTPA (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۱/۷	۰/۷-۴/۲	مس استخراج شده با DTPA (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۹/۴	۴/۹-۱۴/۷	آهن استخراج شده با DTPA (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۳۷/۷	۴/۱-۱۵۹/۱	فسفر استخراج شده به روش اولسن (میلی‌گرم در کیلوگرم)

فسفر از منبع پتاسیم هیدروژن فسفات به مقدار ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به خاک‌هایی که مقدار فسفر قابل استفاده آن‌ها کمتر از ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود، اضافه شد. پس از اضافه کردن عناصر غذایی فوق به خاک و رساندن رطوبت آن به حد ظرفیت مزرعه، خاک موجود در هر پلاستیک را به خوبی

پس از اندازه‌گیری پارامترهای فوق، پژوهش با ۲۸ نوع خاک و سه تکرار، در مجموع ۸۴ گلدان در شرایط گلخانه‌ای انجام گرفت. بر اساس نتایج تجزیه خاک و برای تأمین احتیاجات کودی گیاه عناصر غذایی نیتروژن از منبع نترات آمونیوم به مقدار ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به تمامی خاک‌ها و

آن‌ها جدا گردید. سپس هر کدام به‌صورت جداگانه، پس از شست و شو با آب معمولی و آب مقطر در دمای ۶۵ درجه سلسیوس خشک شدند تا وزن آن‌ها به حد ثابتی برسد. پس از توزین جداگانه برگ و ساقه، نمونه‌ها توسط آسیاب برقی پودر گردیدند. به‌منظور تهیه عصاره، ۰/۵ گرم از نمونه‌های پودر شده ساقه و برگ در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به روش خشک‌سوزانی خاکستر شده و با استفاده از اسید کلریدریک دو نرمال به‌صورت محلول درآورده شدند (Chapman, 1965). در عصاره به‌دست آمده، غلظت روی به‌وسیله دستگاه جذب اتمی تعیین گردید. در پایان آزمایش، خاک هر گلدان پس از هوا خشک شدن الک شده و روی موجود در خاک با استفاده از عصاره‌گیرهای مختلف (جدول ۲) استخراج و سپس به‌وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. در خاتمه نتایج و داده‌های به دست آمده از تجزیه گیاه و خاک توسط نرم‌افزار SPSS تحلیل آماری شد و جدول‌های مربوطه با استفاده از برنامه Word رسم و نتایج آن‌ها تفسیر گردید.

هم زده تا کاملاً مخلوط و یکنواخت گردد. سپس خاک‌ها به داخل گلدان‌های پلاستیکی ۴ کیلوگرمی منتقل گردید. بذره‌های پسته (رقم بادامی ریز زرنند) پس از جداسازی پوست سخت، به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر استریل، در یک ظرف دربسته خیس‌انده شدند. بعد از گذشت این زمان به‌مدت ۱۰ دقیقه در محلول وایتکس ۱۰ درصد قرار داده شدند و پس از ۳ بار شست‌وشو با آب مقطر به‌مدت ۳۰ دقیقه با سم بنومیل با غلظت ۲ گرم در لیتر علیه قارچ ضدعفونی شده و تا مرحله جوانه‌زنی به‌مدت چند روز میان پارچه‌های متقال مرطوب در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند. پس از جوانه زدن بذرها، در هر گلدان تعداد ۸ بذر در عمق ۳ سانتی‌متری کشت گردید. آبیاری گلدان‌ها تا پایان آزمایش به‌وسیله آب مقطر تا رسیدن به حد ظرفیت مزرعه همراه با توزین مرتب آنها صورت گرفت. حدود یک ماه پس از کشت و پس از استقرار کامل نهال‌ها، تعداد نهال‌ها در هر گلدان به پنج بوته کاهش داده شد. در پایان دوره رشد، بعد از ۲۸ هفته گیاهان از محل طوقه قطع و برگ و ساقه

جدول ۲- عصاره‌گیرهای شیمیایی مورد استفاده برای استخراج روی قابل استفاده خاک

منبع	زمان تکان دادن (دقیقه)	نسبت عصاره‌گیر به خاک	ترکیب عصاره‌گیر	عصاره‌گیر
Lindsay and Norvell (1978)	۱۲۰	۱:۲	0.005M DTPA, 0.1M CaCl <sub>2</sub> , 0.1M TEA (pH=7.3)	DTPA-CaCl <sub>2</sub>
Dolar and Keeney (1971)	۶۰	۱:۱۰	0.01N EDTA, 1N NH <sub>4</sub> OAc	EDTA-NH <sub>4</sub> OAc
Soltanpour and Schwab (1977)	۱۵	۱:۲	0.005M DTPA, 1M NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub> (pH=7.6)	DTPA-NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>
Viro (1955)	۱۵	۱:۵	0.05M EDTA (pH=7)	EDTA
Mehlich (1984)	۵	۳:۲۵	0.015M NH <sub>4</sub> F, 0.2M CH <sub>3</sub> COOH 0.25M NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , 0.013M HNO <sub>3</sub> , 0.001M EDTA	Mehlich <sub>3</sub>
Basar (2005)	۵	۱:۶	0.0001M DTPA, 0.073M NaOAc, 0.52M CH <sub>3</sub> COOH (pH=4.8)	DTPA-NaOAc

## نتایج

(Finzgar *et al*, 2007). کمترین و بیشترین میزان روی استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای مورد استفاده و میانگین آن‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. اختلافاتی در میزان روی استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف وجود دارد، که نشان‌دهنده مکانیسم متفاوت عصاره‌گیرها در استخراج این عنصر است. ترتیب توانایی عصاره‌گیرها در استخراج روی بر

روی استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف مقدار روی استخراج شده از خاک توسط عصاره‌گیرهای مختلف به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از قبیل درصد رس، ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، کربنات کلسیم معادل، pH خاک و همچنین به ترکیبات موجود در عصاره‌گیر بستگی دارد

استفاده ذرت در خاک‌های آهکی تا یلند نشان داد که از بین سه عصاره‌گیر مورد بررسی  $Mehlich_3$ ، AB-DTPA و DTPA، عصاره‌گیر  $Mehlich_3$  با میانگین  $1/64$  میلی‌گرم در کیلوگرم در استخراج روی بهتر عمل کرد، هم‌چنین بالاترین ضریب همبستگی را بین مقدار روی عصاره‌گیری شده توسط عصاره‌گیر  $Mehlich_3$  و مقدار روی جذب شده توسط گیاه ذرت به دست آوردند، بنابراین  $Mehlich_3$  به‌طور مؤثرتری برای تخمین مقدار عنصر روی قابل استفاده در خاک‌های آهکی تا یلند مورد استفاده قرار گرفت. (Takrattanasaran *et al*, 2010). Milani *et al* (2005) به‌منظور ارزیابی روی قابل استفاده گیاه گندم شش عصاره‌گیر مختلف را در تعدادی از خاک‌های استان خراسان مورد مقایسه قرار دادند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که توانایی عصاره‌گیرهای مختلف در استخراج روی از خاک به‌ترتیب زیر کاهش می‌یابد.  $Mehlich_3 > EDTA > NH_4COOH-EDTA > AB-DTPA > (NH_4)_2CO_3-EDTA > DTPA-TEA$  (Maftoun *et al* 2003) نیز در بررسی توانایی استخراج عنصر روی توسط پنج عصاره‌گیر  $(NH_4)_2CO_3-EDTA$ ، DTPA،  $CaCl_2$ ، EDTA،  $Mehlich_3$  و  $DTPA-NH_4HCO_3$  بیان کردند که عصاره‌گیر  $Mehlich_3$  با میانگین  $3/33$  و عصاره‌گیر DTPA- $CaCl_2$  با میانگین  $0/66$  به ترتیب بیشترین و کمترین میزان روی را از خاک‌های تحت کشت برنج استخراج کردند. هم‌چنین در مطالعه‌ای نشان داده شد که عصاره‌گیر EDTA دو برابر بیشتر از عصاره‌گیر  $DTPA-NH_4HCO_3$  و سه برابر بیشتر از عصاره‌گیر DTPA روی را از خاک‌های آهکی استخراج می‌کند (Falatah *et al*, 1998).

اساس جدول ۳ به‌صورت زیر است:  
 $Mehlich_3 > DTPA-NaOAc > EDTA > EDTA-NH_4OAc > DTPA-CaCl_2 = DTPA-NH_4HCO_3$   
 استخراج بیشتر عنصر روی توسط عصاره‌گیر  $Mehlich_3$ ، به احتمال زیاد به‌دلیل حضور اسیدهای قوی و عامل کلات کننده EDTA در ترکیب عصاره‌گیر مورد نظر می‌باشد (Mehlich, 1984). توانایی روش‌های عصاره‌گیری حاوی کلات کننده‌ها در تحقیقات بسیاری برای تعیین مقدار روی قابل استفاده گزارش شده است (Motaghian and Hosseinpur, 2013; Feng *et al*, 2005). Hammer and Keller (2002) و Sahuquillo *et al* (2003) گزارش کردند که عصاره‌گیر EDTA بدون توجه به خصوصیات خاک به‌دلیل داشتن pH کمتر نسبت به عصاره‌گیر DTPA مقدار بیشتری از عناصر کم‌مصرف خاک را عصاره‌گیری می‌کند. در مورد استخراج کمتر روی توسط عصاره‌گیر  $DTPA-CaCl_2$  می‌توان گفت که این عصاره‌گیر دارای pH بافر شده با استفاده از تری اتانول آمین و هم‌چنین محتوی کلرید کلسیم  $0/01$  مولار است که از حل شدن کربنات کلسیم و آزاد شدن عناصر محبوس شده در این ترکیب جلوگیری می‌کند (Lindsay and Norvell, 1978). Khan *et al* (2005) گزارش کردند که میزان مس استخراج شده توسط عصاره‌گیر  $Mehlich_3$  بدون عامل کلات کننده EDTA به‌طور تقریبی یک-سوم میزان مس استخراج شده توسط عصاره‌گیر  $Mehlich_3$  همراه با EDTA می‌باشد. نتایج به‌دست آمده در رابطه با توانایی استخراج روی توسط عصاره‌گیر  $Mehlich_3$  با یافته‌های (1997) Garcia *et al* و Vocasek and Friedericks (1994) و Walworth *et al* (1992) هم‌خوانی دارد. ارزیابی روی قابل

جدول ۳- محدوده و میانگین مقدار روی استخراج شده (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) توسط عصاره‌گیرهای مختلف

عصاره‌گیر	DTPA-NaOAc	Mehlich <sub>3</sub>	EDTA	DTPA-NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>	EDTA-NH <sub>4</sub> OAc	DTPA-CaCl <sub>2</sub>
محدوده	۹/۲۷-۰/۹۵	۱۵/۵۷-۲/۰۳	۱۰/۲۰-۱/۰۵	۴/۱۴-۰/۵۴	۳/۰۷-۱/۰۷	۳/۲۷-۰/۶۷
میانگین	۲/۷۶b	۵/۱۸a	۲/۷۰b	۱/۵۰c	۱/۶۹c	۱/۵۰c

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح  $0/05$  آزمون T تفاوت معنی‌دار ندارند.

( $r=0/516$ ) و ( $r=0/407$ ) DTPA-NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> همبستگی مثبت و معنی‌داری با ضریب اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد. در مورد جذب روی نیز، جذب روی ساقه نهال‌های پسته با تمامی عصاره‌گیرها به‌جز عصاره‌گیر EDTA همبستگی مثبت و معنی‌داری با ضریب اطمینان ۹۵ درصد نشان داد. بین جذب روی اندام هوایی و عصاره‌گیرهای DTPA-CaCl<sub>2</sub> ( $r=0/420$ ) و DTPA-NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> ( $r=0/404$ ) همبستگی مثبت و معنی‌داری با ضریب اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد.

همبستگی بین روی استخراج شده از خاک توسط عصاره‌گیرهای مختلف و پارامترهای گیاهی به‌توجه به جدول ۴ نتایج حاصل از تجزیه آماری نشان داد که غلظت روی برگ با تمامی عصاره‌گیرها همبستگی مثبت و معنی‌داری با ضریب اطمینان ۹۹ درصد نشان داد. غلظت روی ساقه با تمامی عصاره‌گیرها به‌جز عصاره‌گیر  $Mehlich_3$  همبستگی مثبت و معنی‌داری با ضریب اطمینان ۹۹ درصد داشت. بین غلظت روی اندام هوایی و عصاره‌گیرهای  $Mehlich_3$

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین روی استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف و پاسخ‌های گیاهی

DTPA-NaOAc	Mehlich <sub>3</sub>	EDTA	DTPA-NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>	EDTA- NH <sub>4</sub> OAc	DTPA-CaCl <sub>2</sub>	پارامترهای گیاهی
۰/۴۷۹**	۰/۵۳۹**	۰/۵۰۵**	۰/۶۳۴**	۰/۴۸۸**	۰/۵۲۰**	غلظت روی برگ (میکرو گرم در گرم)
۰/۵۰۱**	۰/۳۴۳ <sup>ns</sup>	۰/۵۰۴**	۰/۶۱۰**	۰/۴۸۶**	۰/۵۰۲**	غلظت روی ساقه (میکرو گرم در گرم)
۰/۳۶۴ <sup>ns</sup>	۰/۵۱۶**	۰/۳۵۰ <sup>ns</sup>	۰/۴۰۷*	۰/۳۳۶ <sup>ns</sup>	۰/۳۳۶ <sup>ns</sup>	غلظت روی اندام هوایی (میکرو گرم در گرم)
۰/۲۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۲۳۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۸۵ <sup>ns</sup>	۰/۳۴۳ <sup>ns</sup>	۰/۲۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۳۱۳ <sup>ns</sup>	جذب روی برگ (میکرو گرم در گلدان)
۰/۳۷۵*	۰/۴۰۴*	۰/۳۴۴ <sup>ns</sup>	۰/۳۹۵*	۰/۴۱۳*	۰/۴۶۲*	جذب روی ساقه (میکرو گرم در گلدان)
۰/۳۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۳۴۵ <sup>ns</sup>	۰/۲۸۷ <sup>ns</sup>	۰/۴۰۴*	۰/۳۳۸ <sup>ns</sup>	۰/۴۲۰*	جذب روی اندام هوایی (میکرو گرم در گلدان)

\* و \*\* در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار می‌باشد. ns: از لحاظ آماری معنی‌دار نیست.

(Motaghian and Hosseinpur, 2013). نتایج به‌دست آمده از مطالعات Falatah *et al* (1998) نشان داد که عملکرد ماده خشک، غلظت و جذب عنصر روی همبستگی معنی‌داری با میزان عنصر روی استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای DTPA، DTPA-NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> و EDTA داشت. استفاده از هفت روش عصاره‌گیری شیمیایی در برآورد روی قابل استفاده گندم در ۱۰ نمونه خاک آهکی تیمار نشده و تیمار شده با لجن فاضلاب در استان چهارمحال و بختیاری نشان داد که در خاک‌های تیمار نشده روی استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای AB-DTPA، DTPA-TEA و Mehlich<sub>3</sub> با غلظت روی، ماده خشک و جذب روی در گندم همبستگی معنی‌داری داشت (Motaghian, 2014).

#### همبستگی بین خصوصیات خاک و پارامترهای گیاهی

نتایج موجود در جدول ۵ نشان‌دهنده همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد رس با غلظت روی ساقه (r=۰/۴۴۰)، غلظت روی اندام هوایی (r=۰/۴۷۵) و جذب روی اندام هوایی (r=۰/۳۷۸) نهال‌های پسته با ضریب اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد. Mirjalili (2015) گزارش کرد که بین درصد رس با غلظت مس برگ (r=۰/۴۰۰\*) و غلظت مس ساقه (r=۰/۳۹۷\*) نهال‌های پسته همبستگی معنی‌داری وجود دارد. در رابطه با این موضوع می‌توان رس را به‌عنوان یکی از عوامل احتمالی ابقا و نگه‌داری روی در خاک در نظر گرفت که به احتمال زیاد این رس‌ها دارای سطح داخلی زیادی می‌باشند به‌طوری که روی را به‌صورت تبادلی بر روی سطوح خود نگه داشته و قابلیت استفاده روی را برای گیاه فراهم می‌سازد (Malakouti and Davoodi, 2003). نتایج ارائه شده در جدول ۵ بیانگر همبستگی مثبت و معنی‌داری بین غلظت روی ساقه (r=۰/۴۴۲) و جذب روی ساقه

بهترین عصاره‌گیر جهت تعیین قابلیت استفاده روی برای گیاه، عصاره‌گیری است که بالاترین ضریب همبستگی بین روی استخراجی به‌وسیله آن عصاره‌گیر و پاسخ‌های گیاهی وجود داشته باشد. عصاره‌گیر DTPA-NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> بالاترین همبستگی (r=۰/۶۳۴) را با غلظت روی برگ نشان داد و پس از آن عصاره‌گیرهای Mehlich<sub>3</sub> (r=۰/۵۳۹) و DTPA-CaCl<sub>2</sub> (r=۰/۵۲۰) به ترتیب بیشترین همبستگی را با غلظت روی برگ با ضریب اطمینان ۹۹ درصد نشان دادند. ضرایب همبستگی بین میزان روی برگ و عصاره‌گیرها در سطح یک درصد برای DTPA-NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> (r=۰/۶۳۴)، Mehlich<sub>3</sub> (r=۰/۵۳۹)، DTPA-CaCl<sub>2</sub> (r=۰/۵۲۰)، EDTA (r=۰/۵۰۵) و EDTA-NH<sub>4</sub>OAc (r=۰/۴۸۸) می‌باشد. DTPA-NaOAc (r=۰/۴۷۹) را توجه به نتایج به‌دست آمده عصاره‌گیر DTPA-NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> می‌توان به عنوان بهترین روش عصاره‌گیری به‌منظور ارزیابی وضعیت روی در خاک‌های آهکی منطقه معرفی کرد. Maftoun *et al* (2003) همبستگی معنی‌داری را بین غلظت روی در گیاه برنج و مقدار روی استخراج شده توسط عصاره‌گیر DTPA-NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> با ضریب همبستگی (r=۰/۴۴۱\*\*) به‌دست آوردند. این محققین در پژوهش خود نشان دادند که وزن خشک اندام هوایی و جذب روی همبستگی معنی‌داری با عنصر روی عصاره‌گیری شده توسط عصاره‌گیرهای DTPA-Mehlich<sub>3</sub> و NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> و EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> داشت. کاربرد عصاره‌گیرهای مختلف در ارزیابی روی قابل استفاده گیاه لوبیا در ۱۰ خاک آهکی تیمار نشده و تیمار شده با لجن فاضلاب نشان داد که در خاک‌های تیمار نشده بین غلظت، ماده خشک و جذب روی و روی استخراج شده با عصاره‌گیرهای AB-DTPA، DTPA-TEA و Mehlich<sub>3</sub> همبستگی معنی‌داری وجود داشت

ارائه شده در جدول ۵ حاصل از پژوهش حاضر نشان‌دهنده همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان ماده آلی و جذب روی ساقه ( $r=0/432$ ) با ضریب اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد. مواد آلی علاوه بر واکنش‌های تبادل کاتیون، می‌توانند با کاتیون‌های فلزی همانند روی تشکیل کمپلکس‌های قوی کلات را داده و از جذب سطحی و رسوب آن‌ها جلوگیری کنند، در نتیجه می‌توانند در قابلیت استفاده این کاتیون‌ها مؤثر واقع شوند (Malakouti and Davoodi, 2003).

( $r=0/416$ ) و هم‌چنین غلظت روی اندام هوایی ( $r=0/386$ ) با ظرفیت تبادل کاتیونی با ضریب اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد. نتایج ارائه شده توسط Poorbafrani (2014) بیانگر وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین ظرفیت تبادل کاتیونی با غلظت منگنز اندام هوایی ( $r=0/884^{**}$ ) و جذب منگنز اندام هوایی ( $r=0/825^{**}$ ) نهال‌های پسته است. ظرفیت تبادل کاتیونی ارتباط مستقیمی با درصد رس دارد. ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر، عناصر را به‌صورت قابل تبادل نگه داشته و در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Banaei *et al.*, 2005). هم‌چنین نتایج

جدول ۵- همبستگی بین ویژگی‌های خاک و پارامترهای گیاهی نهال‌های پسته

خصوصیات خاک						پارامترهای گیاهی
CEC (Cmole (+)/kg soil)	EC (dS/m)	pH	Clay	CaCO <sub>3</sub> (%)	OM	
۰/۳۳۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۷۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۲۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۱۳۴ <sup>ns</sup>	۰/۳۱۹ <sup>ns</sup>	غلظت روی برگ (میکرو گرم در گرم)
۰/۴۴۲*	۰/۲۱۷ <sup>ns</sup>	۰/۱۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۴۴۰*	۰/۱۵۶ <sup>ns</sup>	۰/۳۲۴ <sup>ns</sup>	غلظت روی ساقه (میکرو گرم در گرم)
۰/۳۸۶*	۰/۲۵۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۵۷ <sup>ns</sup>	۰/۴۷۵*	۰/۱۲۴ <sup>ns</sup>	۰/۲۲۹ <sup>ns</sup>	غلظت روی اندام هوایی (میکرو گرم در گرم)
۰/۲۳۹ <sup>ns</sup>	-۰/۱۴۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۹۷ <sup>ns</sup>	۰/۲۶۶ <sup>ns</sup>	-۰/۱۳۸ <sup>ns</sup>	۰/۲۲۰ <sup>ns</sup>	جذب روی برگ (میکروگرم در گلدان)
۰/۴۱۶*	-۰/۱۹۶ <sup>ns</sup>	۰/۳۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۳۶۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۷۲ <sup>ns</sup>	۰/۴۳۳*	جذب روی ساقه (میکروگرم در گلدان)
۰/۳۶۹ <sup>ns</sup>	-۰/۱۷۳ <sup>ns</sup>	۰/۲۹۱ <sup>ns</sup>	۰/۳۷۸*	-۰/۰۳۳ <sup>ns</sup>	۰/۳۵۷ <sup>ns</sup>	جذب روی اندام هوایی (میکروگرم در گلدان)

\* و \*\* به ترتیب در سطح پنج و یک درصد آزمون پیرسون معنی‌دار می‌باشد.  
ns: از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد.

EDTA ( $r=0/556$ ) و Mehlich<sub>3</sub> ( $r=0/556$ ) با کربنات کلسیم معادل با ضریب اطمینان ۹۹ درصد می‌باشد و این نشان دهنده کارایی بالای این دو عصاره‌گیر در استخراج روی نگه‌داری شده توسط کربنات کلسیم می‌باشد. روی استخراج شده توسط عصاره‌گیر DTPA-CaCl<sub>2</sub> ( $r=0/408$ ) همبستگی مثبت و معنی‌داری با ظرفیت تبادل کاتیونی با ضریب اطمینان ۹۵ درصد نشان داد. هم‌چنین همبستگی مثبت و معنی‌دار تمامی عصاره‌گیرها با ماده آلی خاک نشان می‌دهد که این عصاره‌گیرها توانایی استخراج روی از کمپلکس (روی-ماده آلی) را دارند. Korboulewsky *et al* (2002) نیز نشان دادند که روی دارای قابلیت اختلاط بیشتری با مواد آلی است. Liu (1991) نشان داد که روی با مواد آلی در سطح احتمال پنج درصد همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد. بالاترین میزان همبستگی بین روی استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای Mehlich<sub>3</sub> ( $r=0/520$ ) و DTPA- CaCl<sub>2</sub> ( $r=0/509$ ) با ماده آلی با ضریب اطمینان ۹۹ درصد

### تعیین ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های خاک و میزان روی استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف

نتایج به‌دست آمده از تجزیه‌های آماری نشان داد که بین برخی از ویژگی‌های خاک و عصاره‌گیرهای مختلف همبستگی معنی‌داری وجود دارد (جدول ۶). نتایج نشان می‌دهد که روی استخراج شده توسط تمامی عصاره‌گیرها با میزان کربنات کلسیم معادل دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری می‌باشد. این امر بیانگر این است که عصاره‌گیرهای مورد استفاده توانایی استخراج روی نگه‌داری شده توسط کربنات کلسیم را دارند. از عوامل نگه‌داری روی در خاک‌های آهکی می‌توان به جذب سطحی روی توسط کربنات کلسیم، رسوب به‌صورت کربنات و یا هیدروکسید اشاره کرد (Malakouti and Davoodi, 2003). Udo *et al* (1970) نشان دادند که مقدار کربنات کلسیم فاکتور اصلی شرکت کننده در حداکثر جذب سطحی روی می‌باشد. بالاترین میزان همبستگی بین روی استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای

کلسیم معادل و درصد رس مهم‌ترین ویژگی‌های خاک مؤثر بر قابلیت عصاره‌گیری روی در خاک‌های شدیداً آهکی می‌باشند (Karimian and Yasrebi, 1997). در مطالعات انجام شده توسط Falatah *et al* (1998) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان روی استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای DTPA-NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>، EDTA و DTPA با درصد رس، میزان ماده آلی، pH و میزان کربنات کلسیم به دست آمد. Safari (2012) گزارش کرد که میزان روی استخراج شده با عصاره‌گیر DTPA همبستگی مثبت و معنی‌داری با میزان ماده آلی موجود در خاک ( $r=0/3^*$ ) داشت. در این تحقیق عصاره‌گیر DTPA-NaOAc با درصد رس ( $r= -0/3^*$ )، ظرفیت تبادل کاتیونی ( $r= -0/3^*$ ) و pH همبستگی منفی و معنی‌داری داشت.

بوده و این نشان‌دهنده کارایی بالای این دو عصاره‌گیر در استخراج روی نگه‌داری شده توسط کمپلکس (روی-ماده آلی) می‌باشد. Pradhan *et al* (2015) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان روی استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای DTPA، HCl، AB-DTPA و Mehlich<sub>3</sub> با کربن آلی به دست آوردند. هم‌چنین نتایج پژوهش آن‌ها حاکی از همبستگی منفی و معنی‌دار بین میزان روی استخراج شده توسط چهار عصاره‌گیر مورد استفاده با pH و کربنات کلسیم معادل بود. بررسی‌های انجام شده در خاک‌های آهکی هندوستان نشان داد که بین مقدار روی استخراج شده و کربن آلی همبستگی مثبت ولی با pH و کربنات کلسیم معادل همبستگی منفی وجود دارد (Prasad and Sakal, 1992). ظرفیت تبادل کاتیونی، کربنات

جدول ۶- همبستگی بین ویژگی‌های خاک و عصاره‌گیرهای مختلف

خصوصیات خاک						
Clay	CaCO <sub>3</sub> (%)	OM	CEC (Cmole (+)/kg soil)	EC (dS/m)	pH	عصاره‌گیرهای مختلف
۰/۰۵۷ <sup>ns</sup>	۰/۴۶۷*	۰/۵۰۹**	۰/۴۰۸*	۰/۰۳۶ <sup>ns</sup>	۰/۱۰۵ <sup>ns</sup>	DTPA-CaCl <sub>2</sub>
-۰/۰۲۸ <sup>ns</sup>	۰/۵۳۱**	۰/۴۷۱*	۰/۳۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۱۸۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۵ <sup>ns</sup>	EDTA-NH <sub>4</sub> OAc
۰/۰۳۴ <sup>ns</sup>	۰/۴۶۰*	۰/۴۸۵**	۰/۳۳۶ <sup>ns</sup>	۰/۲۴۰ <sup>ns</sup>	-۰/۰۲۵ <sup>ns</sup>	DTPA-NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>
-۰/۰۵۳ <sup>ns</sup>	۰/۵۵۶**	۰/۴۸۴**	۰/۲۷۷ <sup>ns</sup>	۰/۲۵۳ <sup>ns</sup>	-۰/۰۳۱ <sup>ns</sup>	EDTA
۰/۰۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۵۵۶**	۰/۵۲۰**	۰/۳۵۵ <sup>ns</sup>	۰/۱۲۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۷ <sup>ns</sup>	Mehlich <sub>3</sub>
-۰/۰۴۸ <sup>ns</sup>	۰/۵۱۶**	۰/۳۹۹*	۰/۲۸۵ <sup>ns</sup>	۰/۲۱۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۰ <sup>ns</sup>	DTPA-NaOAc

\* و \*\* در سطح پنج و یک درصد آزمون آماری پی‌رسون معنی‌دار می‌باشد و ns: از لحاظ آماری معنی‌دار نیست.

است و هر متغیر مستقلی که قدر مطلق مقدار ضریب بتا در آن بیشتر باشد، درجه تاثیر آن بر متغیر وابسته بیشتر است (Zar, 1996). با توجه به معادلات به دست آمده ضریب تبیین معادله مربوط به عصاره‌گیر DTPA-NaOAc توسط سه متغیر کربنات کلسیم معادل، ظرفیت تبادل کاتیونی و رس قابل بیان می‌باشد که در این بین ظرفیت تبادل کاتیونی با ضریب استاندارد (۰/۷۴۱) بیشترین تأثیر را بر DTPANaOAc داشته است. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهند که رس بیشترین تأثیر را بر متغیرهای وابسته EDTA و EDTANH<sub>4</sub>OAc داشته است.

#### تعیین ضرایب همبستگی بین عصاره‌گیرهای مختلف

ضرایب همبستگی بین میزان روی استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف در جدول ۸ ارائه شده است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان داد که بین میزان روی استخراج شده توسط روش‌های عصاره‌گیری مختلف همبستگی معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. با توجه به این‌که عصاره‌گیرهای به کار رفته، کلات کننده هستند، این همبستگی چندان دور از انتظار نیست و نشان می‌دهد که این عصاره‌گیرها

#### تعیین معادلات رگرسیونی خطی چند متغیره بین ویژگی‌های خاک و عصاره‌گیرهای شیمیایی روی

در این تحلیل ابتدا هر کدام از عصاره‌گیرها به طور جداگانه به عنوان متغیر وابسته و خصوصیات خاک (pH، EC، درصد رس، ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و کربنات کلسیم) به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته و آزمون رگرسیون انجام شد. با توجه به سطح معنی‌داری (p-value)، چنان‌چه سطح معنی‌داری متغیرهای مستقل کمتر از ۰/۰۵ باشد پس فرض صفر رد شده و در سطح اطمینان ۹۵ درصد ضریب آن در معادله رگرسیونی معنی‌دار است. نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد که با توجه به سطح معنی‌داری خصوصیات خاک، معادله رگرسیونی عصاره‌گیرهای شیمیایی روی به دست آمد و تنها در رابطه با دو عصاره‌گیر DTPA-NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> و DTPA-CaCl<sub>2</sub> سطح معنی‌داری هیچ یک از متغیرهای مستقل کمتر از ۰/۰۵ نشده پس فرض صفر رد نشده و در سطح اطمینان ۹۵ درصد ضریب آن در معادله رگرسیونی معنی‌دار نیست. ضریب استاندارد بتا (Beta)، بیانگر اهمیت نسبی تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته



روی را از مخزن مشابهی استخراج کردند (Cancela *et al.*, 2002). بالاترین همبستگی بین دو عصاره‌گیر DTPA-NaOAc و EDTA ( $r=0/975$ ) و کمترین همبستگی بین EDTA و DTPA-CaCl<sub>2</sub> ( $r=0/899$ ) با ضریب اطمینان ۹۹ درصد مشاهده گردید. همان‌گونه که قبلاً اشاره گردید عصاره‌گیر

DTPA-NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> می‌تواند روی قابل استفاده پسته را در خاک‌های آهکی رفسنجان برآورد کند و پس از آن عصاره‌گیرهای EDTA-NH<sub>4</sub>OAc و Mehlich<sub>3</sub> به دلیل داشتن بالاترین ضرایب همبستگی با عصاره‌گیر DTPA-NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> در تحقیق حاضر به‌عنوان بهترین عصاره‌گیر معرفی می‌شوند.

جدول ۷- معادله رگرسیونی بین روی استخراج شده با عصاره‌گیرهای شیمیایی مختلف و خصوصیات خاک

معادله رگرسیون چند متغیره	R <sup>2</sup> *	ضریب استاندارد Beta	p-value	متغیرهای مستقل مؤثر	عصاره‌گیر شیمیایی
ZnEDTA- NH <sub>4</sub> OAc = -۲/۸۲۲ + ۰/۰۵۲CaCO <sub>3</sub> - ۰/۰۵۴Clay	۰/۵۴۲	۰/۴۱۲ -۰/۶۳۸	۰/۰۲۱ ۰/۰۳۴	CaCO <sub>3</sub> % Clay	EDTA- NaOAc
ZNEDTA = -۱۳/۹۱۲ + ۰/۰۲۱ CaCO <sub>3</sub> - ۰/۲۰۵ Clay	۰/۵۶۹	۰/۴۱۷ -۰/۶۱۵	۰/۰۱۷ ۰/۰۳۵	CaCO <sub>3</sub> % Clay	EDTA
Zn Mehlich <sub>3</sub> = -۲۰/۸۴۷ + ۰/۳۸۴ CaCO <sub>3</sub>	۰/۵۰۵	۰/۴۲۶	۰/۰۱۷	CaCO <sub>3</sub>	Mehlich <sub>3</sub>
ZN DTPA-NaOAc = -۱۲/۴۶۶ + ۰/۳۸۶ CEC + ۰/۱۹۱ CaCO <sub>3</sub> - ۰/۲۲ Clay	۰/۵۱۵	۰/۷۴۱ ۰/۴۰۶ -۰/۷۰۸	۰/۰۴۴ ۰/۰۲۷ ۰/۰۲۳	CEC CaCO <sub>3</sub> % Clay	DTPA- NaOAc

\* ضریب تبیین در سطح پنج درصد معنی‌دار است.

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین عصاره‌گیرهای مختلف.

	DTPACaCl <sub>2</sub>	EDTANH <sub>4</sub> OAc	DTPANH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>	EDTA	Mehlich <sub>3</sub>	DTPANaOAc
DTPACaCl <sub>2</sub>	۱					
EDTANH <sub>4</sub> OAc	۰/۹۳۶**	۱				
DTPANH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>	۰/۹۲۹**	۰/۹۶۰**	۱			
EDTA	۰/۸۹۹**	۰/۹۵۴**	۰/۹۳۰**	۱		
Mehlich <sub>3</sub>	۰/۹۳۶**	۰/۹۷۱**	۰/۹۵۱**	۰/۹۱۳**	۱	
DTPANaOAc	۰/۹۰۷**	۰/۹۵۸**	۰/۹۳۰**	۰/۹۷۵**	۰/۹۱۰**	۱

\* و \*\* در سطح پنج و یک درصد آزمون آماری پیرسون معنی‌دار می‌باشد و ns: از لحاظ آماری معنی‌دار نیست.

کمترین میزان روی را استخراج کردند) و کمترین ضریب همبستگی را بین عصاره‌گیرهای DTPA و Mehlich<sub>3</sub> (بین دو عصاره‌گیری که کمترین و بیشترین میزان روی را استخراج کردند) به‌دست آوردند.

### نتیجه‌گیری کلی

روش‌های عصاره‌گیری هنگامی که همراه با ویژگی‌هایی از خاک نظیر ظرفیت تبادل کاتیونی، مقدار رس، ماده آلی، کربنات کلسیم و pH به‌کار روند، قادر به پیش‌بینی پاسخ‌های گیاهی در سطح قابل قبولی می‌باشند. بر اساس نتایج این پژوهش عصاره‌گیر DTPA-NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> را می‌توان به دلیل داشتن بالاترین میزان همبستگی با غلظت روی برگ نهال‌های پسته، به عنوان بهترین عصاره‌گیر جهت ارزیابی وضعیت روی قابل استفاده پسته در خاک‌های آهکی منطقه معرفی کرد.

Pradhan *et al.* (2015) در پژوهش خود نشان دادند که بیشترین همبستگی مربوط به دو عصاره‌گیر Mehlich<sub>3</sub> و M HCl ۰/۱ و کمترین همبستگی مربوط به عصاره‌گیرهای AB-DTPA و M HCl ۰/۱ است. همچنین در خاک‌های تحت کشت برنج گزارش شده است که عصاره‌گیر ۰/۱M HCl قابلیت استخراج بیشترین میزان روی را داشته و پس از آن عصاره‌گیرهای DTPA و ۰/۰۵M HCl به‌عنوان عصاره‌گیرهای کارآمد در استخراج روی بیان شدند (Naik and Das, 2010). نتایج پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که عصاره‌گیر Mehlich<sub>3</sub> مؤثرترین عصاره‌گیر برای تعیین میزان روی در خاک‌های اسیدی بوده و عصاره‌گیر DTPA در خاک‌های آهکی کارآمد می‌باشد (Nascimento *et al.*, 2007). Maftoun *et al.* (2003) بالاترین ضریب همبستگی را در مورد عصاره‌گیرهای روی بین DTPA و EDTA-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (دو عصاره‌گیری که

## REFERENCES

- Alipour, H. and Hosseini-fard, J. (2006) *Diagnose and suppression of the nutrient deficiency in pistachio*. Pistachio Research Institute of Iran, Rafsanjan. (In Farsi)
- Alison, L. E. and Moodie, C. D. (1965). Carbonate. In C. A. Black *et al.* (Eds.) *Methods of Soil Analysis*. Part II. (PP. 1379-1396). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Alloway, B. J. (2004). *Zinc in soils and crops nutrition*. International zinc association (IZA), Brussels, Belgium.
- Alvarez, G. M., Lopez-Valdivia, L. M., Novillo, J., Obrador, A. and Rico, M. I. (2005). Comparison of EDTA and sequential extraction tests for phitoavailability prediction of manganese and zinc in agricultural alkaline soils. *Geoderma*, 132,450-463.
- Banaei, M. H., Moameni, A., Bybordi, M. and Malakouti, M. J. (2005). *Soils of Iran: New achievements in perception, management, and use*. Soil and Water Research Institute. Ministry of Jihad -e-Agriculture. Sana Publication Co. (In Farsi)
- Basar, H. (2005). Methods for estimating soil iron availability to chlorotic peach trees. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36, 1187-1198.
- Bouyoucos, G. J. (1951). A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43, 434-438.
- Cancela, R. C., Abreu, C. A. and Paz-Gonzalez, A. (2002). DTPA and Mehlich<sub>3</sub> micronutrient extractibility in natural Soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33, 2879-2893.
- Ceylan, S., Soya, H., Budak, B., Akdemir, H. and Colak Esetlili, B. (2009). Effect of zinc on yield and some related traits of alfalfa. *Turkish Journal of Field Crops*, 14, 136-143.
- Chapman, H. D. (1965). Cation exchange capacity. In: Black, C.A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis*. Part II. (pp. 891-900). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Dolar, S. G. and Keeney, D. R. (1971). Availability of copper, zinc and manganese in soils. *Chemical extractability*. *Journal of the Food and Agriculture*, 22, 273-278.
- Falatah, A. M., Modaihsh, A. S., Al-Mustafa, W. A. and Mahjoub, M. O. (1998). Evaluation of some chemical extractants for testing Zn availability to barely grown on calcareous soil. *Agriculture Science*, 10, 85-97.
- Feng, M. H., Shan, X. Q., Zhang, S. Z. and Wen, B. (2005). Comparison of a rhizosphere-based method with other one step extraction methods for assessing the bioavailability of soil metals to wheat. *Chemosphere*, 59, 939-949.
- Ferguson, L., Poss, J. A., Grattan, S. R., Grieve, C. M., Wang, D., Wilson, C. and Donovan Chao, C. T. (2002). Pistachio rootstocks influence scion growth and ion relations under salinity and boron stress. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127, 194-199.
- Finzgar, N., Tlustos, P. and Lestan, D. (2007). Relationship of soil properties to fractionation, bioavailability and mobility of lead and zinc in soil. *Plant, Soil and Environment*, 53, 225-238.
- Fuentes, A., Llorens, M., Saez, J., Soler, A., Aguilar, M., Ortuno, J. F. and Meseguer, V. F. (2004). Simple and sequential extractions of heavy metals from different sewage sludges. *Chemosphere*, 54, 1039-1047.
- Garcia, A., De Iorio, A. F., Barros, M., Bargieta, M. and Rendina, A. (1997). Comparison of soil tests to determine micronutrients status in Argentina soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 28, 1777-1792.
- Gupta, A. K. and Sinha, S. (2007). Assessment of single extraction methods for the prediction of bioavailability of metals to *Brassica juncea* L. Czern. (var. Vaibhav) grown on tannery waste contaminated soil. *Journal of Hazardous Materials*, 149, 144-150.
- Hammer, D. and Keller, C. (2002). Changes in the rhizosphere of metal accumulating plants evidenced by chemical extractants. *Journal of Environmental Quality*, 31(5), 1561-1569.
- Hosseini-pur, A. and Motaghian, H. R. (2014). Effect of sewage sludge application and wheat (*Triticum aestivum* L.) planting on availability and fractionation of zinc in some calcareous soils. *Journal of Water and Soil*, 27(6), 1100-1110. (In Farsi)
- Imtiaz, M. (1999). *Zn deficiency in cereals*. PhD Thesis, Reading University, U.K
- Isaac, R. A. (1983). Reference soil test methods for the Southern region of the United States. Southern Cooperative Series Bulletin 289. Georgia Experiment Stations, Athens, GA.
- Jackson, M. L. (1975) *Soil chemical analysis*, advanced course. University of Wisconsin, College of Agriculture, Department of Soil Science, Madison, Wisconsin., U.S.A.
- Karimian, N. and Yasrebi, A. (1997). Extractability of previously applied zinc as influenced by properties of calcareous soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 28, 1323-1331.
- Khan, M. A. R., Bolan, N. S. and Mackay, A. D. (2005). Soil test to predict the copper availability in pasture soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36, 2601-2624.
- Korboulewsky, N. Dupouyet, S. and Bonin, G. (2002). Environmental risk of applying sewage sludge compost to vineyards: Carbon, heavy metals, nitrogen and phosphorous accumulation. *Journal of Environmental Quality*, 31, 1522-1527.
- Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of*

- American Journal*, 42, 421-428.
- Liu, Z. (1991). Characterization of content and distribution of microelements in soils of China. In: Portch, S. (Ed.), *International Symposium on Role of Sulphur, Magnesium, and Micronutrients in Balanced Plant Nutrition*, Potash and Phosphate Institute of Canada, Hong Kong, China. (pp. 54-61).
- Maftoun, M., HaghghatNia, H. and Karimian, N. (2003). Evaluation of chemical extractants for predicting lowland rice response of zinc in highly calcareous soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34, 1269-1280.
- Malakouti, M. J. (2007). Zinc is a neglected element in the life cycle of plants: A review. *Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1, 1-12.
- Malakouti, M. J. and Davoudi, M. H (2003). *Zinc in agriculture a forgotten element in the life cycle of plant, animal and human*. Deputy Horticultural.Affairs, Ministry of Jihad-e-Agriculture. Sana Publication Co. (In Farsi)
- Malakouti, M. J., Keshavarz, P. and Karimian, N. A. (2008). *A comprehensive approach towards identification nutrients deficiencies and optimal fertilization for sustainable agriculture*. Tarbiat Modares University Publication. (In Farsi)
- Mehlich, A. (1953). Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH<sub>4</sub>. North Carolina soil test division Mineo, Raleigh, NC.
- Mehlich, A. (1984). Mehlich<sub>3</sub> soil test extractant: A modification of Mehlich<sub>2</sub> extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15, 1409-1416.
- Milani, N., Fotovat, A. and Keshavarz, P. (2005). Comparison of six extractants for evaluation of zinc availability for wheat and zinc critical concentration in a greenhouse study in some soils of Khorasan province. In: *Proceedings of 9<sup>th</sup> Soil Science Congress of Iran*, 26-28 August. Tehran. PP. 429-430 (In Farsi)
- Mirjalili, A. (2015). *Laboratory and greenhouse evaluation of some chemical extractants for estimating of available copper for pistachio in some calcareous soils of Rafsanjan*. MSc Thesis. Department of Soil Science, College of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan. (In Farsi)
- Motaghian, H. R. and Hosseinpur, A. (2013). Assessment of several extractants for the determination of zinc bioavailability to bean (*Phaseolus vulgaris L.*) in calcareous soils amended and unamended with sewage sludge. *Journal of Water and Soil*, 27(4), 742-752. (In Farsi)
- Myers, R. G, Sharply, A. N. and Pierzynski, G. M. (2005). Ion sink phosphorus extraction methods applied on 24 soils from the continental USA. *Soil Science Society of American Journal*, 56,511-521.
- Naik, S. S. and Das, D. (2010). Evaluation of various zinc extractants in lowland rice soils under the influence of zinc sulphate and chelated zinc. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41, 122-134.
- Nascimento, C. W. A., Melo, E. E. C., Nascimento, R. S. M. P. and Leite, P. V. V. (2007). Effect of liming on the plant availability and distribution of zinc and copper among soil fractions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38, 545-560.
- Olsen, S.R., Cole, C. V., Watanabe, F. S. and Dean, L. A. (1954). Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. 939, U.S. Govern. Print. Office, Washington, D. C., U.S.A.
- Peck, T. R. and Soltanpour, P. N. (1990). The principle of soil testing. In: Westman, R. L. (Ed.), *Soil Testing and Plant Analysis*. (pp. 1-9). SSSA. Madison. Wisconsin, USA.
- Poorbafrani, T. (2014). *Laboratory and greenhouse evaluation of some chemical extractants for estimating of available Manganese for pistachio in some calcareous soils of Rafsanjan*. MSc Thesis. Department of Soil Science, College of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan. (In Farsi)
- Pradhan, A. K., Beura, K. S., Das, R., Padhan, D., Hazra, G. C., Mandal, B., De, N., Mishra, V. N., Polara, K. B. and Sharma, S. (2015). Evaluation of extractability of different extractants for zinc and copper in soils under long-term fertilization. *Plant Soil and Environment*, 5, 227-233.
- Prasad, R. and Sakal, P. (1992). Extractability of applied zinc from calcareous soil as related to certain soil properties. *Journal of Research Brisa Agricultural University*, 4(1), 43-46.
- Rahman, M. A., Jahiruddin, M., and Islam, M. R. (2007). Critical limit of zinc for rice in calcareous soils. *Journal of Agriculture and Rural Development*, 5(1-2): 43-47.
- Richards, L. A. (1954) *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. U.S.D.A. Handbook, 60. Washington, D.C., U.S.A.
- Safari, A. (2012). *Evaluation the relationship between the concentration of some micronutrients in the soil extracted by chemical extractants and concentrations of these elements in pistachio trees in Rafsanjan*. MSc Thesis. Department of Soil Science, College of Agriculture Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan. (In Farsi)
- Sahuquillo, A., Rigol, A. and Rauret, G. (2003). Overview of the use of leaching/extraction tests for risk assessment of trace metals in contaminated soils and sediments. *Trends in Analytical Chemistry*, 22(3), 152-159.
- Singh, K. Shukla, U. and Karwasra, S. (1987). Chemical assessment of the zinc status of the semiarid region of India. *Fertilizer Research*, 13, 191-197.
- Soltanpour, P. N. and Schwab, A. P. (1977). A new soil test for simultaneous extraction of macro-and micro-nutrients in alkaline soils. *Communications*

- in Soil Science and Plant Analysis*, 8, 195-207.
- Takrattanasaran, N., Chanchareonsook, J., Thongpae, S. and Sarobol, E. (2010). Evaluation of Mehlich<sub>3</sub> and ammonium bicarbonate-DTPA extractants for prediction of available zinc in calcareous soils in center Thailand. *Kasetsart Journal (Natural Science)*, 44, 824-829.
- Tavallali, V., Rahemi, M. and Panahi, B. 2008. Calcium induces salinity tolerance in pistachio rootstocks. *Fruits*, 63, 201-208.
- Udo, E.J., Bhon, L. H. and Tukker, T. C. (1970). Zinc adsorption by calcareous soils. *Soil Science Society of American Journal*, 34,405-407.
- Viro, P. J. (1955). Use of the ethylenediamine tetra-acetic acid in soil analysis. 1. Experimental. *Soil Science*, 79,459-469.
- Vocasek, F. F. and Friedericks, J. B. (1994). Soil micronutrient extraction by Mehlich<sub>3</sub> compared to CaCl<sub>2</sub>-DTPA. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 25, 1583-1593.
- Wolf, B. (1982). An improved universal extracting solution and its use for diagnosing soil fertility. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 13:1005-1033.
- Walworth, J. L., Gavalk, R. G. and Panciera, M. T. (1992). Mehlich<sub>3</sub> extractant for determination of available B, Cu, Mn and Zn in Cryic Alaskan soils. *Canadian Journal Soil Science*, 72, 517-526.
- Zar, J. H. (1996) *Biostatistical Analysis*. Prentice- Hall International INC., USA.