

مقایسه عصاره گیرهای شیمیایی مختلف جهت تعیین مس قابل استفاده برنج در تعدادی از خاکهای آهکی استان فارس

لیلا تابنده،^{۱*} منوچهر مفتون و نجفعلی کریمیان

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی استان قم؛ Tabandeh2000@yahoo.com

استاد بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز؛ mmaftoon@hotmail.com

استاد بخش خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز؛ nkarimian@yahoo.com

چکیده

مقدار مس کل خاک، ضرورتاً بیانگر قابلیت استفاده مس برای گیاه نیست. لذا یافتن عصاره گیرهای مناسب، به منظور تخمین مس قابل استفاده گیاه در خاک در جهت استفاده بهینه از کود حایز اهمیت می باشد. با توجه به اینکه در خاک های آهکی ایران، اطلاعات کمی در رابطه با مس قابل استفاده در دسترس است و از آنجا که قابلیت استفاده این عنصر غذایی، معمولاً در این خاک ها کم می باشد، لذا ارزیابی وضعیت مس قابل استفاده برای گیاهان توسط عصاره گیرهای شیمیایی بسیار مهم و ضروری است. در یک آزمایش گلخانه ای، تعداد ۱۹ نمونه خاک (۰ تا ۳۰ سانتیمتری) از مناطق مختلف استان فارس با دامنه وسیعی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به منظور تعیین مس قابل استفاده برنج انتخاب گردید. عصاره گیرهای مورد نظر عبارت بودند از: مهلیج ۳ (MH₃)، ای دی تی ۱- (AC-EDTA)، استات آمونیوم (AA-EDTA)، بی کرینات آمونیوم (AB-DTPA)، ای دی تی ۱- استات آمونیوم (AA-EDTA)، ای دی تی پی ۱ (DTPA)، استات آمونیوم (AA)، اسید کلریدریک (CA)، ای دی تی ۱ (EDTA) و مهلیج ۲ (MH₂). مس عصاره گیری شده توسط اسیدکلریدریک و استات آمونیوم کمتر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی بودند و بنابراین ناچیز گزارش شد و مقدار مس استخراج شده به وسیله دیگر عصاره گیرها، به ترتیب زیر بود: $MH_2 > DTPA > EDTA > MH_3 > AB-DTPA > AA-EDTA > AC-EDTA$ اگر چه این روش ها مقادیر متفاوتی مس را از خاک عصاره گیری نمودند ولی همبستگی زیادی بین آنها وجود داشت. معذک روش ای دی تی ۱- کرینات آمونیوم با دی تی پی ۱- بی کرینات آمونیوم از ضریب تبیین بالاتری نسبت به سایر روش ها برخوردار بود و معادلات رگرسیونی چند متغیره نشان داد که از بین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، ماده آلی بیشترین اثر را بر مقدار مس عصاره گیری شده داشته است و بیشترین ضریب تبیین بین عملکرد دانه و غلظت مس در دانه و شاخسار با روش دی تی پی ۱ به دست آمد. به علاوه، با وارد کردن خصوصیات خاک، ضریب تبیین افزایش یافت و از میان خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک های مورد مطالعه، ظرفیت تبادل کاتیونی، pH، کرینات کلسیم معادل و درصد رس با وزن خشک شاخسار و عملکردهای دانه و کاه و کلش همبستگی منفی داشتند. درحالیکه ماده آلی و pH همبستگی مثبت و کرینات کلسیم معادل و ظرفیت تبادل کاتیونی همبستگی منفی با غلظت و جذب مس نشان دادند.

واژه های کلیدی: مس قابل استفاده، عصاره گیرهای شیمیایی، خاکهای آهکی، برنج

۱- نویسنده مسئول، آدرس: قم، مرکز تحقیقات کشاورزی استان قم

* دریافت: ۸۵/۱/۲۱ و پذیرش: ۸۶/۴/۴

مقدمه

مس یکی از عناصر غذایی کم مصرف ضروری است که گیاهان به غلظت‌های مختلفی از آن برای رشد بهینه نیاز دارند و اغلب به حالت یون دو ظرفیتی و یا کلات جذب گیاه می‌شود. این عنصر فعال کننده آنزیم‌هایی نظیر تیروزیناز^۱، اسکوربیک اسید اکسیداز^۲، بوتیرل کو-آدهیدروژناز^۳، سلولاز^۴، دهیدروژناز^۵، اکسیداز^۶ و لاکاز^۷ می‌باشد. به علاوه در تشکیل دانه و میوه، عمل لیگنینی شدن^۸، فتوستنز، تشکیل کلروفیل، تولید دانه گرده، افزایش مقاومت به بلاست در برنج و تبدیل نیتريت به هیدروکسیل آمین نقش مهمی به عهده دارد (Marschner, ۱۹۹۵). مس در خاک‌ها به طور ویژه‌ای جذب کربنات‌ها، ماده آلی، فیلو سیلیکات‌ها و اکسیدهای آهن، آلومینیوم و منگنز هیدراته می‌گردد. افزایش pH منجر به کاهش مس قابل استفاده خاک می‌شود که این معلول کاهش تجزیه کانی‌های دارای مس، افزایش مقدار مس کمپلکس شده با ترکیبات آلی، جذب مس بر سطوح ترکیبات معدنی خاک و همچنین محبوس شدن این عنصر توسط اکسیدها و هیدرواکسیدهای خاک است (Sims و Patrick, ۱۹۷۸). از آنجا که تحرک و پویایی مس در خاک ناچیز می‌باشد و به شدت جذب رس و مواد آلی می‌گردد، لذا خاک‌های آلی از نظر تثبیت مس از اهمیت خاصی برخوردار هستند. بنابراین در این قبیل خاک‌ها، مس با اسید هیومیک و فولویک پیوند محکمی ایجاد کرده و در نهایت تشکیل کمپلکس‌های مس-ماده آلی با وزن مولکولی زیاد را می‌دهد (Jones و Belling, ۱۹۶۷).

از عصاره گیرهای شیمیایی جهت تخمین قابلیت استفاده عناصر غذایی گیاه استفاده می‌شود. عصاره گیرهایی که جهت تعیین مس قابل دسترس خاک به کار می‌روند، عمدتاً شامل عوامل کلات کننده، اسیدهای غیر آلی یا ترکیبی از یک عامل کلات کننده با اسیدها و نمک‌ها می‌باشند. مقدار مس استخراجی در این عصاره گیرها، به غلظت اجزاء تشکیل دهنده عصاره‌گیر، مدت زمان تماس، نوع ظرف، نسبت خاک به عصاره‌گیر، دما و سرعت تکان دادن بستگی دارد، به طوری که تغییر

این شرایط منجر به تغییرات وسیعی در مقدار مس استخراج شده می‌گردد (Kocialkowski و همکاران، ۱۹۹۹؛ Mehlich و Bowling, ۱۹۷۵). Cox و Kamprath (۱۹۷۲) گزارش کردند که بعضی از عصاره گیرها با توجه به هدف پژوهش، مناسب تر از بقیه هستند. آنها پیشنهاد کردند که برای تعیین مس قابل استفاده گیاه، مناسب تر است عصاره گیری انتخاب شود که مقداری از مس پیوند یافته با آهن را آزاد نماید. زیرا در حدود ۸۰ درصد از کل مس خاک در پیوند با اکسیدهای هیدراته آهن است. همچنین از عصاره‌گیرهایی استفاده شود که مقدار مس عصاره گیری شده توسط آنها همبستگی مناسبی با مقدار مس جذب شده توسط گیاه در طول فصل رشد داشته باشد و از طرفی بتوان از آنها در دامنه وسیعی از خاک‌ها استفاده نمود (Reed و Martens, ۱۹۹۶).

در استان‌های جنوبی ایران به علت بالا بودن pH، بافت ریز و حضور مقدار قابل توجه کربنات کلسیم خاک، احتمال کمبود مس وجود دارد، لذا با توجه به اهمیت موضوع، انجام آزمایش‌هایی جهت ارزیابی برخی از عصاره گیرها از اولویت خاصی برخوردار می‌باشد. هدف‌های این تحقیق عبارتند از:

- ۱- تعیین مس قابل استفاده در خاک توسط ۹ عصاره گیر شیمیایی و مقایسه بین روش‌ها.
- ۲- بررسی همبستگی میان مس عصاره گیری شده و بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه.
- ۳- تعیین همبستگی بین مس عصاره گیری شده و پاسخ‌های برنج و مطالعه تأثیر خصوصیات خاک بر میزان این همبستگی.

مواد و روشها**انتخاب خاک‌های مورد نظر**

تعداد ۱۹ نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری مناطق مختلف استان فارس جمع آوری شد و پس از خشک کردن نمونه‌ها در هوا، از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های انتخاب شده در جدول ۱ نشان داده شده است. مس قابل استفاده توسط عصاره گیری با دی تی پی ا (Lindsay و Norvell, ۱۹۷۸)، تجزیه مکانیکی به روش هیدرومتر (Bouyoucos, ۱۹۶۲)، ماده آلی به روش Walkley و Black (۱۹۳۴)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم (Chapman, ۱۹۶۵)، کربنات کلسیم معادل با استفاده از اسید کلریدریک (Allison و Moodie, ۱۹۶۵)، pH در خمیر اشباع با الکتروود شیشه ای (Peech, ۱۹۶۵) و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع به وسیله دستگاه هدایت سنج تعیین گردید.

- 1 - Tyrosinase
- 2- Ascorbic acid oxidase
- 3 - Butyryl co-adehydrogenase
- 4-- Cellulase
- 5 - Dehydrogenase
- 6- Oxidase
- 7 - Laccase
- 8 - Lignification

آزمایش گلخانه‌ای

در یک آزمایش گلخانه‌ای به منظور تعیین عصاره گیر مناسب، جهت اندازه‌گیری مقدار مس قابل استفاده برنج (*Oryza sativa* L.) از رقم قصرالدشتی، تعداد ۱۹ نمونه خاک با ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی در نظر گرفته شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کامل تصادفی با دو سطح مس (۰ و ۲/۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک) به صورت سولفات مس برای دو مرحله رشد رویشی و زایشی به صورت مجزا و با سه تکرار انجام گرفت. گلخانه‌های پلاستیکی با ۳ کیلوگرم خاک پرگردیدند. نظر به اینکه خاک گلخانه‌ها نباید از نظر سایر عناصر غذایی کمبودی داشته باشد، به طور یکنواخت نیتروژن از منبع اوره به میزان ۱۶۰ میلی گرم در کیلوگرم (در دو نوبت، نصف نیتروژن قبل از کاشت و بقیه ۳۰ روز پس از کاشت) و فسفر، آهن، منگنز و روی به ترتیب به میزان ۴۰، ۱۰، ۱۰ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به خاک اضافه شد. همه عناصر غذایی ذکر شده در بالا به صورت محلول به ترتیب از منابع منوفسفات پتاسیم، FeEDDHA و سولفات منگنز و روی تأمین گردید. سپس رطوبت کیسه‌های محتوی خاک که درون گلخانه‌ها گذاشته شده بودند با آب مقطر به حدود ظرفیت مزرعه رسانده شد. حدود ۲ هفته پس از کاشت، تعداد بوته‌های مربوط به مرحله رویشی و زایشی به ترتیب به ۵ و ۲ عدد در هر گلخانه تقلیل داده شد، سپس گلخانه‌ها به حالت ماندابی درآورده شده به نحوی که ارتفاع آب در طول مدت آزمایش در سطح ۳ سانتیمتری باشد. پس از ۸ هفته گیاهان مربوط به مرحله رویشی از محل طوقه قطع شده و پس از شستشو با آب مقطر در آون در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. نمونه‌ها پس از توزین، آسیاب شدند. سه تکرار مربوط به مرحله رشد زایشی تا مرحله به دانه رفتن گیاه در هر گلخانه در شرایط ماندابی نگهداری شدند. پس از مشاهده زردی کامل، خوشه‌ها از محل ساقه جدا گشته و در پاکت‌های کاغذی نگهداری شدند. از طرفی کل گیاه از محل طوقه قطع شده و همراه با خوشه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون تا رسیدن به وزن ثابت خشک گردید. دانه‌ها و کاه و کلش به طور جداگانه در آسیاب برقی پودر شدند. یک گرم از نمونه‌های گیاهی شاخسار، دانه و کاه و کلش برنج بوسیله خشک سوزانی (Dry ashing) در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد خاکستر شده و سپس در ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال حل گردید و نمونه‌ها با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ و آب مقطر جوشیده صاف شده و غلظت مس در قسمت‌های مختلف گیاهی

به وسیله دستگاه جذب اتمی تعیین گردید.

تعیین مس قابل استفاده خاک به وسیله روش‌های مختلف
نمونه‌های خاک را توسط روش‌هایی که شرح آن در جدول ۲ آمده است، عصاره‌گیری نموده و غلظت مس توسط دستگاه جذب اتمی تعیین شد و ضریب همبستگی بین روش‌های مختلف و همچنین تأثیر ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها بر مقدار مس استخراجی توسط عصاره‌گیرهای مختلف، با برنامه آماری SPSS مورد بررسی قرار گرفت. سپس با استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری SPSS و EXCEL، بین مس عصاره‌گیری شده توسط روش‌های مختلف و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها و پاسخ‌های گیاهی در دو مرحله رشد رویشی (وزن خشک شاخسار، غلظت و جذب مس) و رشد زایشی (عملکرد دانه، کاه و کلش، غلظت و جذب مس) ارتباط برقرار شد و ضرایب رگرسیون در هر مورد محاسبه گردید.

نتایج

مس عصاره‌گیری شده توسط روش‌های مختلف

مقدار مس عصاره‌گیری شده به وسیله عصاره‌گیرهای مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. طبق این جدول، ترتیب توانایی این عصاره‌گیرها به صورت زیر می‌باشد:

AC-EDTA > AA-EDTA > AB-DTPA > MH_3 > EDTA > DTPA-TEA > MH_2

مقدار مس استخراجی توسط روش‌های استات آمونیوم (AA) و اسید کلریدریک (CA) ناچیز بوده، به نحوی که با دستگاه جذب اتمی قابل اندازه‌گیری نبودند و در جدول ۳ به صورت ND (Not Detectable) نشان داده شده است. عصاره‌گیرهای مهلیچ ۲ (MH_2) و ای‌دی‌تی-۱- کربنات آمونیوم (AC-EDTA) به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار مس را از خاک خارج کرده‌اند و مقایسه میانگین‌های مس استخراجی به وسیله این دو عصاره‌گیر، نشان می‌دهند که مقدار مس استخراج شده توسط عصاره‌گیر ای‌دی‌تی-۱- کربنات آمونیوم تقریباً ۶/۵ برابر مس در مهلیچ ۲ می‌باشد.

مقایسه ضرایب همبستگی بین روش‌های مختلف عصاره‌گیری مس

ضرایب همبستگی بین مس عصاره‌گیری شده به وسیله روش‌های مختلف در جدول ۴ ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد بین کلیه روش‌ها، همبستگی معنی‌داری وجود دارد و بیشترین ضریب همبستگی بین ای‌دی‌تی-۱- کربنات آمونیوم با سایر روش‌ها است. ای‌دی‌تی-۱- کربنات آمونیوم (AC-EDTA) بالاترین ضریب همبستگی ($r=0/99^{**}$) را با ای‌دی‌تی-۱- بی‌کربنات آمونیوم

ارتباط رشد برنج در مرحله رشد رویشی و زایشی با مس استخراج شده توسط روش‌های مختلف و خصوصیات خاک

معادله‌های رگرسیونی بین پاسخ‌های برنج (رشد رویشی و زایشی) و مس قابل استخراج توسط عصاره‌گیرها و بعضی از ویژگی‌های خاک در جدول‌های ۷ و ۸ ارائه شده است. در کلیه معادله‌ها، پاسخ‌های گیاه به عنوان متغیرهای وابسته و مس عصاره‌گیری شده و خصوصیات خاک به عنوان متغیرهای مستقل نشان داده شده‌اند. معادلات رگرسیونی مربوط به جذب مس توسط شاخسار و کاه و کلش بر ظرفیت تبادل کاتیونی در بعضی از روش‌های عصاره‌گیری تأثیر معنی‌داری داشته است. همانطور که ملاحظه می‌گردد با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، جذب مس در کاه و کلش و شاخسار برنج کاهش می‌یابد. در اکثر معادله‌های رگرسیونی مربوط به غلظت مس در شاخسار و دانه برنج، ماده آلی و pH، به عنوان متغیرهای مستقل وجود دارند و از طرفی بین این دو ویژگی خاک با غلظت مس رابطه مثبت وجود دارد، در حالیکه این پاسخ‌های گیاهی (غلظت مس شاخسار و دانه) با ظرفیت تبادل کاتیونی و کربنات کلسیم معادل یک همبستگی منفی نشان داده‌اند.

بحث

عدم توانایی دو عصاره‌گیر استات آمونیوم و اسیدکلریدریک در استخراج مس از خاک‌های آهکی توسط محققین متعددی چون Tiwari و Mohankumar (۱۹۸۲) و Sedberry و Bligh (۱۹۸۸) گزارش شده است. در ترکیب این دو عصاره‌گیر، عامل کلات‌کننده نظیر دی‌تی‌پی یا ای‌دی‌تی وجود ندارد. لذا نسبت به سایر روش‌ها، قادر به استخراج مس قابل اندازه‌گیری نمی‌باشند. از طرفی Lindsay و Trierweiler (۱۹۶۹) و Osiname و همکاران (۱۹۷۳) نتیجه گرفتند که اسید کلریدریک، عصاره‌گیر مناسب خاک‌های اسیدی است. زیرا قسمت عمده مس حبس شده در اکسیدهای آهن و آلومینیوم را آزاد می‌نماید و می‌تواند منجر به حل رسوبات حاصل از اکسیدهای آهن و آلومینیوم در خاک شود. Gajbhiye و همکاران (۱۹۸۴) مشاهده کردند که استات آمونیوم عمده‌تاً قادر به استخراج شکل تبدالی عناصر می‌باشد و از آنجا که مس غالباً در شکل آلی است، لذا انتظار می‌رود که این عصاره‌گیر در استخراج مس قابل دسترس از توانایی شایسته و لازم برخوردار نباشد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که از بین عصاره‌گیرهای به کار رفته، روش ای‌دی‌تی - کربنات آمونیوم (AC-EDTA) قادر است حداکثر مقدار مس را از خاک‌های آهکی مورد

(AB-DTPA) و کمترین ضریب همبستگی ($r=0/85^{**}$) را با مهلیج ۳ (MH₃) نشان داد. همبستگی میان مس عصاره‌گیری شده و ویژگی‌های خاک

در جدول ۵ معادلات رگرسیون بین مس استخراج شده به وسیله روش‌های مختلف و بعضی از خصوصیات خاک نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد، مقدار مس استخراجی همبستگی معنی‌داری (یک درصد) با بعضی از خصوصیات خاک دارا می‌باشد، به طوری که ماده آلی و کربنات کلسیم معادل به عنوان متغیرهای مستقل معنی‌دار در کلیه معادله‌ها حضور دارند که بیانگر تأثیر ویژگی‌های خاک بر غلظت مس عصاره‌گیری شده است. همچنین علاوه بر مقدار ماده آلی و کربنات کلسیم معادل، درصد رس، ضریب تبیین معادله‌های مربوط به مقدار مس استخراجی توسط دی‌تی‌پی - بی‌کربنات آمونیوم (AB-DTPA) و ای‌دی‌تی - کربنات آمونیوم (AC-EDTA) را افزایش داده است. ارتباط رشد رویشی و زایشی برنج با مس استخراج شده به وسیله عصاره‌گیرهای مختلف شیمیایی

معادله‌های رگرسیونی میان بعضی از پارامترهای رشد رویشی و زایشی برنج و غلظت مس استخراج شده توسط عصاره‌گیرها همراه با ضرایب تبیین در جدول ۶ آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد، مس عصاره‌گیری شده با دی‌تی‌پی‌ا در مقایسه با کلیه روش‌های دیگر، بیشترین ضریب همبستگی را با غلظت مس شاخسار دارا بوده است ($r^2 = 0/34^{**}$) و ای‌دی‌تی - کربنات آمونیوم، ای‌دی‌تی، ای‌دی‌تی - استات آمونیوم، دی‌تی‌پی - بی‌کربنات آمونیوم و مهلیج ۳ به ترتیب با ضرایب همبستگی $0/33^{**}$ ، $0/30^*$ ، $0/29^*$ و $0/22^*$ در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. نتایج ارائه شده در جدول ۶ نشان می‌دهد که مس استخراجی توسط دی‌تی‌پی‌ا بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه برنج داشته است، به نحوی که می‌توان ۳۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه را به آن نسبت داد. بعد از آن، بالاترین ضریب همبستگی از آن ای‌دی‌تی ($r^2 = 0/33^{**}$) و ای‌دی‌تی - استات آمونیوم ($r^2 = 0/30^*$) می‌باشد. از طرفی دی‌تی‌پی‌ا با ضریب تبیین $0/44^{**}$ ، بالاترین همبستگی را با غلظت مس دانه نشان داد و ای‌دی‌تی‌ا ($r^2 = 0/43^{**}$)، ای‌دی‌تی - استات آمونیوم ($r^2 = 0/36^{**}$)، ای‌دی‌تی - کربنات آمونیوم ($r^2 = 0/34^{**}$)، دی‌تی‌پی - بی‌کربنات آمونیوم ($r^2 = 0/28^*$) و مهلیج ۳ ($r^2 = 0/21^*$) به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند.

عصاره‌گیر از توانایی کمتری در خارج کردن مس از خاک برخوردار می‌باشد.

از آنجایی که درصد بالایی از تغییرات غلظت مس خاک به برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن مربوط می‌باشد، لذا حضور ماده آلی به عنوان متغیر مستقل معنی‌دار در کلیه معادله‌ها و با ضریب رگرسیونی نسبتاً بالا، حاکی از نقش اساسی و مهم آن در مقدار مس استخراج شده به وسیله هر یک از روش‌های عصاره‌گیری می‌باشد. بنا بر نتایج ارائه شده در جدول ۵، بین مس عصاره‌گیری شده و درصد ماده آلی و رس خاک همبستگی مثبت و کربنات کلسیم معادل همبستگی منفی وجود دارد. بدین معنی که با افزایش کربنات کلسیم، مس به صورت کربنات یا هیدروکسید رسوب می‌کند که پیامد آن کاهش قابلیت عصاره‌گیری مس است. از طرفی همبستگی مثبت با ماده آلی را می‌توان به دلیل وجود اسیدهای آمینه یا آلی در مواد آلی دانست که این ترکیبات قادرند با کمپلکس کردن مس، آنها را به شکل‌های قابل استفاده گیاهی در بی‌اورند. همچنین مس با اتصال به محلهای جذبی رس، به راحتی با روشهای مختلف عصاره‌گیری می‌شود (Tiwari و Mohankumar، ۱۹۸۲؛ Maftoun و همکاران، ۲۰۰۳).

Dhane و Shukla (۱۹۹۵) گزارش کردند که ماده آلی قادر است ۲۵ تا ۵۱ درصد از تغییرات حاصل از مقدار مس استخراج شده توسط روش‌های مختلف را پیش بینی نماید. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین مس استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف با مقدار ماده آلی خاک توسط Sedberry و Bligh (۱۹۸۸) و Maftoun و همکاران (۲۰۰۳) گزارش شده است. آنها ماده آلی را به عنوان مهمترین فاکتور در تعیین مقدار مس استخراجی پیشنهاد کردند. از طرفی Singh و همکاران (۱۹۹۰) عقیده دارند که تشکیل کمپلکس پایدار مس-ماده آلی در خاکهایی با ماده آلی نسبتاً بالا، منجر به کاهش مس محلول در عصاره‌گیرها می‌شود.

از نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیونی برمی‌آید که روش‌های دی‌تی‌ا در مقایسه با سایر عصاره‌گیرها، همبستگی بیشتری با برخی از پاسخ‌های گیاهی در دو مرحله رشد رویشی و زایشی نشان داده است. Maftoun و همکاران (۲۰۰۳) مشاهده کردند مس عصاره‌گیری شده با دی‌تی‌پی‌ا و ای‌دی‌تی‌ا- کربنات آمونیم همبستگی معنی‌داری با جذب کل مس در گندم داشته است ($r^2 = 0.30^{**}$). Selvarajah و همکاران (۱۹۸۲) همبستگی معنی‌داری میان مس عصاره‌گیری شده

مطالعه در استان فارس استخراج نماید. از طرفی همین عصاره‌گیر، بیشترین همبستگی را با روش دی‌تی‌پی‌ا- بی‌کربنات آمونیم (AB-DTPA) داشته و این در حالی است که مهلیچ ۳ کمترین همبستگی را با سایر روش‌های مذکور در این تحقیق، خصوصاً با عصاره‌گیر دی‌تی‌پی‌ا- تی‌ای‌ا نشان داده که این مشابه با نتایج Maftoun و همکاران (۲۰۰۳) است. De Abreu و همکاران (۱۹۹۸) معتقدند که عوامل اسیدی در مهلیچ ۲ قادر است مقدار جذبی مس را به شکل محلول در آورد که با نتایج مندرج در این تحقیق هماهنگی دارد. Lindsay و Trierweiler (۱۹۶۹) علت توانایی بالای ای‌دی‌تی‌ا- کربنات آمونیم در عصاره‌گیری مس را چنین توجیه کردند که در این عصاره‌گیر علاوه بر حضور عامل کلات نظیر ای‌دی‌تی‌ا، کربنات آمونیم pH محلول را در حدود ۸/۶ تنظیم می‌کند که در این pH، از رقابت Fe^{3+} با Cu^{2+} برای کمپلکس شدن با EDTA جلوگیری به عمل می‌آید. از طرفی حضور مقدار زیاد یون کربنات در این عصاره‌گیر، منجر به کاهش غلظت یون کلسیم در خاک می‌شود. آنها کاربرد این عصاره‌گیر را در خاک‌های خنثی تا قلیایی توصیه کردند. همانطور که در جدول ۳ ملاحظه می‌گردد، میانگین غلظت مس به روش ای‌دی‌تی‌ا- استات آمونیم (AA-EDTA) و ای‌دی‌تی‌ا- کربنات آمونیم (AC-EDTA) بیشتر از ای‌دی‌تی‌ا و دی‌تی‌پی‌ا می‌باشد که مشابه با نتایج Tiwari و Mohankumar (۱۹۸۲) و Sedberry و Bligh (۱۹۸۸) است و نیز قدرت عصاره‌گیری مهلیچ ۳ بیشتر از دی‌تی‌پی‌ا می‌باشد که با نتایج Abreu و همکاران (۱۹۹۶) هماهنگی دارد. Mehlich (۱۹۸۴) نشان داد که بدون حضور ترکیب ای‌دی‌تی‌ا در روش مهلیچ ۳، این عصاره‌گیر مقدار کمتری مس را از خاک استخراج نموده است. آنها همچنین گزارش کردند که عصاره‌گیرهایی مانند مهلیچ ۳ به علت دارا بودن عوامل کمپلکس‌کننده قادرند مقدار زیادی از مس خاک را خارج نمایند. بنابر نتایج مندرج در جدول ۳، مقدار مس استخراجی در ای‌دی‌تی‌ا نسبت به دی‌تی‌پی‌ا بیشتر است. Baig و همکاران (۱۹۸۷) نیز این موضوع را تأیید می‌کنند. آنها علت این امر را ناشی از تفاوت در توانایی عصاره‌گیرها در حل کردن شکل‌های مختلف مس می‌دانند، به نحوی که عصاره‌گیرهای دی‌تی‌پی‌ا و ای‌دی‌تی‌ا به ترتیب شکل‌های متصل به مواد آلی و کربناتی را از خاک خارج می‌کنند. از طرفی Osiname و همکاران (۱۹۷۳) مشاهده کردند که هر چند دی‌تی‌پی‌ا قوی‌تر از ای‌دی‌تی‌ا است، اما بین Fe^{3+} و Cu^{2+} برای متصل شدن به دی‌تی‌پی‌ا رقابت وجود دارد و از آنجا که تمایل دی‌تی‌پی‌ا برای کمپلکس با Fe^{3+} بیشتری از Cu^{2+} است، لذا این

پاسخ های گیاهی در دو مرحله رشد رویشی و زایشی برنج بهبود یافته و یا به عبارتی می توان گفت که با در نظر گرفتن بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قدرت پیش بینی پاسخ های گیاهی با هر یک از روشهای عصاره گیری افزایش می یابد. Mohankumar و Tiwari (۱۹۸۲) مشاهده کردند که جذب مس به وسیله برنج با pH همبستگی منفی و با ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی همبستگی مثبت داشته است. Bligh و Sedberry (۱۹۸۸) نشان دادند که رگرسیون چند متغیره ای بین غلظت مس برنج با مقدار مس استخراجی در روش های ای دی تی-ا-کربنات آمونیم، ای دی تی-ا- استات آمونیم و دی تی پی ا به ترتیب با ضرایب همبستگی $r^2 = 0/36$ ، $r^2 = 0/38$ و $r^2 = 0/41$ با در نظر گرفتن درصد ماده آلی خاک به دست آمده است.

در خاتمه پیشنهاد می شود که به منظور تعیین کارایی نسبی عصاره گیرها، مطالعات بیشتری به خصوص در شرایط مزرعه ای انجام گیرد تا بتوان در اراضی غرقاب، به ارایه توصیه صحیح و مناسب کودی اقدام کرد. از نتایج ارایه شده در این تحقیق بر می آید که با توجه به ضریب تبیین نسبتاً پایین بین روش های مختلف عصاره گیری و پاسخ های گیاهی، هیچ یک از عصاره گیرهای به کار رفته، نمی توانند به عنوان عصاره گیر مناسب در جهت تخمین مس قابل استفاده در خاک های غرقابی معرفی شود. لذا می بایست که در مطالعات بعدی، از عصاره گیرهای بیشتری استفاده شود تا بتوان با اطمینان، بهترین عصاره گیر را انتخاب نمود.

توسط ای دی تی-ا- کربنات آمونیم با جذب کل مس در برنج گزارش نموده اند که مشابه با نتایج Viro (۱۹۵۵)، Mishra و Misra (۱۹۵۸) و Tobia و Hanna (۱۹۶۹) می باشد. Singh و همکاران (۱۹۹۰) و Singh و Nongkynrih (۲۰۰۰) نتیجه گرفتند که مس استخراجی به وسیله دی تی پی ا و دی تی پی-ا- بی کربنات آمونیم بیشترین همبستگی را با درصد عملکرد بری در برنج نشان داده اند ($r^2 = 0/45^{**}$ ، $r^2 = 0/52^{**}$). Alloway و Tills (۱۹۸۳) بیشترین همبستگی را بین مس استخراجی توسط ای دی تی ا و دی تی پی ا با غلظت مس در گندم پیدا کردند. Abreu و همکاران (۱۹۹۶) بین غلظت مس خاک به روش های مهلیچ ۳ و دی تی پی ا با غلظت مس در گندم همبستگی معنی داری به دست آوردند. آنها این دو عصاره گیر را به عنوان بهترین روش تخمین مس قابل استفاده گیاهی توصیه نمودند. Osiname و همکاران (۱۹۷۳) گزارش کردند که ای دی تی ا و دی تی پی ا همبستگی معنی داری ($r^2 = 0/38^{**}$ و $r^2 = 0/25^{**}$) با جذب کل مس در جو دوسر نشان داده اند. به نحوی که ۳۸ درصد از تغییرات در جذب کل مس گیاه را به ای دی تی ا نسبت داده اند. Gajbhiye و همکاران (۱۹۸۴) بین مس محلول در دی تی پی ا با عملکرد دانه ($r^2 = 0/19^*$) و جذب کل مس دانه گندم ($r^2 = 0/23^*$) همبستگی مثبت و معنی داری در سطح ۵ درصد گزارش نمودند.

همانطور که ملاحظه گردید، در حضور برخی از ویژگی های خاک، نظیر pH، CEC، OM، CCE و رس (Clay) ضرایب تبیین معادله های رگرسیونی بین مس استخراج شده توسط روش های مختلف عصاره گیری و

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای مورد مطالعه

شماره خاک	اسیدیته گل اشباع pH	قابلیت هدایت الکتریکی EC (دسی‌زیمنس بر متر)	ماده آلی OM (درصد)	کربنات کلسیم TNV (درصد)	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC (ساتی مول باردر کیلوگرم)	تجزیه مکانیکی	
						سیلت	رس
۱	۸/۰۳	۰/۲۱	۲/۱۵	۴۷/۰۰	۱۲/۹۰	۳۸/۷۲	۲۰/۰۴
۲	۸/۱۲	۰/۱۵	۱/۹۷	۴۳/۲۵	۱۲/۲۰	۱۲/۷۲	۲۲/۰۴
۳	۸/۱۱	۰/۲۳	۱/۷۰	۵۷/۵۰	۱۰/۲۰	۳۰/۷۲	۱۴/۰۴
۴	۸/۱۰	۰/۵۳	۰/۴۸	۵۲/۷۵	۹/۶۰	۱۸/۷۲	۱۴/۰۴
۵	۷/۸۰	۰/۶۲	۳/۷۸	۴۸/۵۰	۲۴/۶۰	۳۲/۷۲	۴۰/۰۴
۶	۷/۸۹	۱/۷۴	۲/۳۸	۳۷/۱۳	۲۲/۰۰	۶۰/۷۲	۲۰/۰۴
۷	۸/۰۳	۱/۰۰	۱/۲۱	۵۶/۲۵	۱۰/۲۰	۳۴/۷۲	۳۲/۰۴
۸	۷/۸۵	۰/۴۲	۱/۶۳	۴۳/۷۵	۱۵/۷۰	۱۴/۷۲	۴۸/۰۴
۹	۸/۱۳	۰/۷۱	۲/۰۴	۴۱/۵۰	۱۸/۰۰	۴۲/۷۲	۳۸/۰۴
۱۰	۷/۷۴	۰/۴۱	۲/۷۶	۴۴/۰۰	۱۶/۵۰	۴۲/۷۲	۳۲/۰۴
۱۱	۷/۸۳	۰/۸۷	۲/۷۲	۳۸/۲۵	۱۳/۶۰	۳۸/۷۲	۴۰/۰۴
۱۲	۸/۱۳	۰/۲۲	۱/۰۹	۵۲/۸۸	۱۰/۹۰	۲۰/۷۲	۵۱/۳۲
۱۳	۸/۶۴	۰/۹۵	۱/۲۶	۳۸/۸۸	۲۳/۷۰	۵۶/۷۲	۲۷/۳۲
۱۴	۷/۷۵	۰/۸۴	۱/۹۷	۵۷/۰۰	۱۲/۲۰	۴۶/۷۲	۱۷/۳۲
۱۵	۷/۷۴	۰/۸۷	۱/۵۷	۶۲/۷۵	۱۰/۹۰	۴۴/۷۲	۱۳/۳۲
۱۶	۸/۰۰	۰/۵۴	۰/۱۰	۵۲/۲۵	۷/۸۰	۲/۷۲	۳۷/۳۲
۱۷	۷/۷۷	۰/۴۲	۱/۴۳	۵۹/۷۵	۱۰/۸۸	۶۲/۷۲	۱۳/۳۲
۱۸	۷/۹۱	۰/۷۹	۱/۳۳	۵۷/۸۸	۸/۴۰	۲۴/۷۲	۳۳/۳۲
۱۹	۷/۷۴	۰/۴۲	۰/۷۸	۳۹/۱۳	۱۵/۷۰	۳۲/۷۲	۴۵/۳۲
	۷/۷۴	۰/۱۵	۰/۱۰	۳۷/۱۳	۷/۸۰	۲/۷۲	۱۳/۳۲
دامنه	تا	تا	تا	تا	تا	تا	تا
	۸/۶۴	۱/۷۴	۳/۷۸	۶۲/۷۵	۲۴/۶۰	۶۲/۷۲	۵۱/۳۲

جدول ۲- بعضی از خصوصیات عصاره‌گیرها

عصاره گیر	ترکیب شیمیایی	علامت اختصاری	نسبت خاک به عصاره گیر	pH	زمان تماس (دقیقه)	منبع
لیندسی	0.005 M DTPA 0.01 M CaCl ₂ 0.1 M TEA	DTPA	۱:۲	۷/۳	۱۲۰	Norvell و Lindsay (۱۹۷۸)
تریولر	0.01 M EDTA 1N (NH ₄) ₂ CO ₃	AC-EDTA	۱:۲	۸/۶	۳۰	Lindsay و Trierweiler (۱۹۶۹)
سلطانپور و شواب	0.005 M DTPA 1 M NH ₄ HCO ₃	AB-DTPA	۱:۲	۷/۶	۱۵	Schwab و Soltanpour (۱۹۷۷)
مهلیج-۲	0.5 M HCl 0.05 N AlCl ₃	MH ₂	۱:۵		۵	Bowlig و Mehlich (۱۹۷۵)
اسید کلریدریک	0.1 M HCl	CA	۱:۱۰		۶۰	Bray و Cheng (۱۹۵۳)
استات آمونیوم	1M NH ₄ OAc	AA	۱:۱۰	۷	۶۰	Mohankumar و Tiwari (۱۹۸۲)
مهلیج-۳	0.2 M HOAc 0.25M NH ₄ NO ₃ 0.015 M NH ₄ F 0.013 M HNO ₃ 0.001 M EDTA	MH ₃	۱:۱۰	۲/۵	۵	Mehlich (۱۹۸۴)
دالر	0.01M EDTA 1M NH ₄ OAc	AA-EDTA	۱:۱۰	۷/۰	۶۰	Keeney و Dolar (۱۹۷۱)
ای دی تی ۱	0.05 M EDTA	EDTA	۱:۵	۷/۰	۱۵	Viro (۱۹۵۵)

جدول ۳- مقدار مس عصاره گیری شده (میلی گرم در کیلوگرم خاک) به وسیله عصاره گیرهای شیمیایی (هر عدد میانگین سه تکرار است)

عصاره گیر [†]									شماره خاک
EDTA	AA	AA-EDTA	MH ₂	DTPA-TEA	CA	AB-DTPA	AC-EDTA	MH ₃	شماره خاک
۲/۱۰	ND	۳/۳۷	ND*	۱/۴۸	ND*	۲/۸۳	۳/۴۳	۲/۵۲	۱
۱/۸۰	ND	۲/۹۵	ND	۱/۴۸	ND	۲/۶۴	۳/۱۱	۳/۳۱	۲
۱/۸۰	ND	۲/۵۷	ND	۰/۷۶	ND	۲/۴۳	۲/۶۲	۲/۹۳	۳
۱/۷۵	ND	۲/۵۶	ND	۰/۷۷	ND	۲/۳۶	۲/۶۸	۲/۷۹	۴
۲/۷۳	ND	۵/۰۰	ND	۲/۹۲	ND	۵/۴۰	۵/۹۴	۴/۵۵	۵
۲/۳۶	ND	۳/۸۹	ND	۲/۱۴	ND	۳/۸۶	۴/۲۵	۴/۳۸	۶
۱/۶۵	ND	۲/۵۵	ND	۱/۰۰	ND	۲/۵۶	۲/۴۷	۱/۹۹	۷
۲/۳۷	ND	۴/۲۷	ND	۲/۰۰	ND	۴/۴۹	۵/۱۶	۴/۶۰	۸
۳/۱۶	ND	۵/۲۴	ND	۳/۵۶	ND	۴/۸۴	۵/۷۵	۴/۳۷	۹
۲/۴۹	ND	۴/۱۲	ND	۲/۴۱	ND	۴/۰۸	۴/۹۸	۴/۱۴	۱۰
۳/۲۳	ND	۵/۱۶	ND	۳/۲۴	ND	۶/۳۱	۶/۸۵	۴/۵۶	۱۱
۱/۶۳	ND	۲/۷۴	۰/۵۸	۰/۹۱	ND	۲/۲۷	۲/۸۲	۲/۷۲	۱۲
۲/۲۸	ND	۳/۷۰	ND	۲/۱۴	ND	۳/۴۶	۳/۵۷	۲/۷۷	۱۳
۲/۷۲	ND	۴/۴۷	۰/۵۸	۲/۷۸	ND	۴/۴۱	۴/۴۸	۲/۸۹	۱۴
۱/۶۰	ND	۲/۶۳	۰/۵۳	۱/۰۳	ND	۲/۵۰	۲/۵۱	۲/۳۱	۱۵
۲/۰۸	ND	۲/۹۸	۰/۶۹	۱/۱۴	ND	۲/۱۳	۲/۶۲	۲/۷۸	۱۶
۱/۹۵	ND	۳/۴۵	۰/۶۲	۲/۰۲	ND	۲/۳۲	۴/۱۴	۲/۵۳	۱۷
۱/۴۲	ND	۲/۴۰	۰/۶۲	۰/۹۹	ND	۱/۷۹	۱/۹۰	۲/۰۷	۱۸
۲/۴۸	ND	۴/۱۹	۰/۶۴	۲/۱۰	ND	۴/۰۶	۴/۵۸	۴/۵۳	۱۹
۱/۴۲		۲/۴۰	ND	۰/۷۶		۱/۷۹	۱/۹۰	۱/۹۹	
تا		تا	تا	تا		تا	تا	تا	دامنه
۳/۲۳		۵/۲۴	۰/۶۹	۳/۵۶		۶/۳۱	۶/۸۵	۴/۵۶	
۲/۱۹e		۳/۵۹b	۰/۶۱g	۱/۸۳f		۳/۴۶c	۳/۸۹a	۳/۳۵d ‡	میانگین

* غیر قابل تشخیص به وسیله دستگاه جذب اتمی (Not Detectable).

†- علامت های اختصاری در جدول ۲ توضیح داده شده است.

جدول ۴- ضرایب همبستگی (r) میان مقدار مس عصاره گیری شده توسط روش های مختلف

عصاره گیر					عصاره گیر †
AC-EDTA	AB-DTPA	DTPA-TEA	AA-EDTA	EDTA	
		۰/۷۱**	۰/۸۲**	۰/۷۹**	MH ₃
۰/۸۵**	۰/۸۰**	۰/۹۳**	۰/۹۷**	۰/۹۳**	AC-EDTA
	۰/۹۹**	۰/۹۳**	۰/۹۶**	۰/۹۳**	AB-DTPA
			۰/۹۷**	۰/۹۴**	DTPA-TEA
				۰/۹۷**	AA-EDTA

** معنی دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد.

† - علامت های اختصاری در جدول ۲ توضیح داده شده است.

جدول ۵- معادله های رگرسیون بین مس عصاره گیری شده (Y) و بعضی از ویژگیهای خاک

ضریب تبیین (r ²)	معادله رگرسیون	عصاره گیر †
۰/۷۰**	$Y = 6/74 + 0/321 OM - 0/0807 CCE$	MH ₃
۰/۶۱**	$Y = 0/528 + 0/788 OM + 0/0209 Clay - 0/0693 CCE$	AC-EDTA
۰/۵۲**	$Y = 3/40 + 0/41 OM - 0/0484 CCE$	DTPA-TEA
۰/۶۱**	$Y = 4/48 + 0/76 OM + 0/0159 Clay - 0/0575 CCE$	AB-DTPA
۰/۵۴**	$Y = 5/68 + 0/46 OM - 0/0593 CCE$	AA-EDTA
۰/۵۱**	$Y = 3/56 + 0/206 OM - 0/035 CCE$	EDTA

** معنی دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد.

† - علامت های اختصاری در جدول ۲ توضیح داده شده است.

جدول ۶- معادله های رگرسیون و ضرایب تبیین بین پاسخ های گیاهی (Y) و مقدار مس عصاره گیری شده (X)

عصاره گیر [†]	غلظت مس شاخسار (میکروگرم در گرم)		غلظت مس دانه (میکروگرم در گرم)		عملکرد دانه (گرم در گلدن)	
	معادله رگرسیون	ضریب تبیین (r ²)	معادله رگرسیون	ضریب تبیین (r ²)	معادله رگرسیون	ضریب تبیین (r ²)
DTPA	$Y = 5/3 + 1/13X$	۰/۳۴**	$Y = 2/94 + 1/22 X$	۰/۴۴**	$Y = 2/09 + 0/743X$	۰/۳۵**
EDTA	$Y = 2/88 + 2/023X$	۰/۳۰*	$Y = 0/718 + 2/04X$	۰/۴۳**	$Y = 0/841 + 1/19X$	۰/۳۳**
AA-EDTA	$Y = 3/52 + 1/053X$	۰/۳۰*	$Y = 1/49 + 1/03X$	۰/۳۶**	$Y = 1/22 + 0/623X$	۰/۳۰*
AC-EDTA	$Y = 4/50 + 0/724X$	۰/۳۳**	$Y = 2/56 + 0/79X$	۰/۳۴**		
AB-DTPA	$Y = 4/32 + 0/863 X$	۰/۲۹*	$Y = 2/78 + 0/693X$	۰/۲۸*		
MH ₃	$Y = 4/23 + 0/915X$	۰/۲۲*	$Y = 2/53 + 0/79X$	۰/۲۱*		

** معنی دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد. * معنی دار بودن در سطح ۵ احتمال درصد.

† - علامت های اختصاری در جدول ۲ شرح داده شده است.

جدول ۷- معادله های رگرسیونی مربوط به پاسخ های گیاهی با مقدار مس عصاره گیری شده و بعضی از خصوصیات خاک

عصاره گیر [†]	معادله رگرسیون	ضریب تبیین (r ²)
MH ₃	وزن خشک شاخسار (گرم در گلدان) $Y = 9/95 - 0/491CEC + 1/718MH_3$	۰/۵۴**
DTPA	عملکرد دانه (گرم در گلدان) $Y = 3/231 - 0/095CEC - 0/026 Clay + 1/175DTPA$	۰/۵۳**
AA-EDTA	$Y = 1/712 - 0/098CEC - 0/0303Clay + 1/115AA-EDTA$	۰/۵۱**
EDTA	$Y = 1/278 - 0/0696CEC - 0/0245Clay + 1/768EDTA$	۰/۴۸*
MH ₃	عملکرد کاه و کلش (گرم در گلدان) $Y = 226/825 - 25/157pH - 0/0633Clay + 0/565MH_3$	۰/۶۱**
AC-EDTA	$Y = 197/958 - 21/641pH - 0/327CEC + 1/408AC-EDTA$	۰/۶۳***
AB-DTPA	$Y = 212/356 - 23/345pH - 0/216 CEC + 0/893AB-DTPA$	۰/۶۱**
DTPA	$Y = 230/486 - 25/503pH - 0/0516Clay + 0/351DTPA$	۰/۶۱**
AA-EDTA	$Y = 229/6 - 25/446pH - 0/0542Clay + 0/322AA-EDTA$	۰/۶۱**
EDTA	$Y = 226/309 + 0/897OM - 0/0569CCE - 24/45pH - 0/201CEC - 0/0475Clay + 0/154EDTA$	۰/۶۱*
AC-EDTA	جذب مس به وسیله کاه و کلش (میکرو گرم در گلدان) $Y = 106/309 - 6/558CEC + 23/31AC-EDTA$	۰/۴۸**
AB-DTPA	$Y = 110/759 - 6/357CEC + 24/088AB-DTPA$	۰/۴۱*
AA-EDTA	$Y = 89/238 - 6/227CEC + 28/693AA-EDTA$	۰/۳۴*
MH ₃	جذب مس بوسیله شاخسار (میکرو گرم در گلدان) $Y = 41/731 - 3/299CEC + 20/384MH_3$	۰/۳۷*

** معنی دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد. * معنی دار بودن در سطح ۵ احتمال درصد.

† - علامت های اختصاری در جدول ۲ توضیح داده شده است.

جدول ۸- معادله های رگرسیونی مربوط به پاسخ های گیاهی با مقدارمس عصاره گیری شده و بعضی از خصوصیات خاک

ضریب تبیین (r ^۲)	معادله رگرسیون	عصاره گیر [†]
	غلظت مس در شاخسار (میکرو گرم در گرم)	
۰/۴۵*	$Y = -24/197 + 0/831OM + 3/443pH + 0/783MH_3$	MH ₃
۰/۵۰*	$Y = -25/635 + 0/569OM + 3/667pH + 0/704AC-EDTA$	AC-EDTA
۰/۴۵*	$Y = -25/413 + 0/463OM + 3/63pH + 0/865AB-DTPA$	AB-DTPA
۰/۵۰*	$Y = -29/868 + 0/823OM + 4/077pH - 0/0779CEC + 1/161 AA-EDTA$	AA-EDTA
۰/۵۱*	$Y = -22/703 + 0/713OM + 3/14pH + 1/713EDTA$	EDTA
۰/۵۳*	$Y = -20/445 + 0/68OM + 3/123pH + 0/917DTPA$	DTPA
	غلظت مس در دانه (میکرو گرم در گرم)	
۰/۵۷*	$Y = -14/508 + 0/46OM - 0/836CCE + 2/845pH - 0/191CEC + 0/771AC-EDTA$	AC-EDTA
۰/۵۰*	$Y = -7/891 - 0/0875CCE + 2/072pH - 0/149CEC + 0/85AB-DTPA$	AB-DTPA
۰/۶۹*	$Y = -10/917 + 0/447OM - 0/0936CCE + 2/569pH - 0/234CEC + 1/474DTPA$	DTPA
۰/۶۳*	$Y = -16/364 + 0/572OM - 0/0867CCE + 2/95pH - 0/237CEC + 1/282AA-EDTA$	AA-EDTA
۰/۶۲*	$Y = -12/145 + 0/572OM - 0/0789CCE + 2/305pH - 0/187CEC + 2/027EDTA$	EDTA

* معنی دار بودن در سطح ۵ احتمال درصد

** معنی دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد

†- علامت های اختصاری در جدول ۲ توضیح داده شده است.

فهرست منابع:

1. Abreu, C. A., B. V. anraij, M. F. de Abreu and W. R. Dos Santos. 1996. Efficiency of multinutrient extractants for the determination of available copper in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 27: 763 –771.
2. Allison, L. E. and C. D. Moodie. 1965. Carbonate. p.1379 – 1396. In C. A. Black et al. (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2*, American Society of Agronomy, Madison, WI.
3. Baig, M. B., A. Shaukat, A. M. Ranjha, A. Ghafoor and M. B. Tahir. 1987. Comparison of methods of extraction of available micronutrients (copper, zinc and manganese) from soil. *Pakistan Journal of Science Industry and Research*, 30:657-659.
4. Bouyoucos, C. J. 1962. Hydrometer method improvement for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal*, 54: 464- 465.
5. Chapman, H. D. 1965. Cation-exchange capacity. p. 891-901. In C. A. Black. et al.(ed.), *Methods of soil analysis. Part 2*, American Society Agronomy, Madison, WI.
6. Cheng, K. L., and R. H. Bray. 1953. Two specific methods for determining copper in soil and plant material. *Analysis Chemistry*, 25:655-659.
7. Cox, F. R. and E. J. Kamprath. 1972. Micronutrient soil tests. p. 289-313. In J. J. Mortvedt et al. (ed.) *Micronutrients in agriculture*. Soil Science Society American, Inc., Madison, WI.
8. De Abreu, C. A., M. F. DeAbreu, J. C. De Andrade and B. Van Raij. 1998. Restrictions in the use of correlation coefficients in comparison methods for the determination of the micronutrients in soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 19: 1961-1972.

9. Dhane, S. S. and L. M. Shukla. 1995. Distribution of DTPA – extractable Zn, Cu, Mn, and Fe in some soil series of Maharashtra and their relationship with some soil properties. *Journal of Indian Society of Soil Science*, 43:597-600.
10. Dolar, S. G. and D. R. Keeney. 1971. Availability of Cu, Zn, and Mn in soils. II. Chemical extractability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 22:279-282.
11. Gajbhiye, K. S., N. N. Goswami, N. K. Banerjee, D. E. Rajat, and K. Singh. 1984. Evaluation of a common extractant for estimating available Fe, Mn, Zn and Cu in soil. *Journal of Indian Society Soil Science*, 32: 309-312.
12. Jones, G. B. and G. B. Belling. 1967. Movement of copper, molybdenum, and selenium in soils as indicated by radioactive isotopes. *Australian Journal of Agriculture Research*, 18:733-740.
13. Kocialkowaski, W. Z., J. B. Diatta and W. Grzebisz. 1999. Evaluation of chelating agents as heavy metals extractants in agricultural soils under threat of contamination. *Polish Journal of Environmental Studies*, 8:149-154.
14. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of American Journal*, 42:421-428.
15. Maftoun, M., V. Mohasseli, N. Karimian and A. M. Ronaghi. 2003. Laboratory and greenhouse evaluation of five chemical extractants for estimating available copper in selected calcareous soils of Iran. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34:1451-1463.
16. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2 nd ed., Academic Press. NY., p.890.
17. Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15:1409-1416.
18. Mehlich, A. and S. S. Bowling. 1975. Advances in soil test methods for copper by atomic absorption spectrophotometer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 6: 113-128.
19. Misra, S. G. and M. K. Mishra. 1969. Availability of Cu in some soils of Uttar Pradesh. *Journal of Indian of Soil Science*, 17:283-291.
20. Osiname, O. A., E. E. Schulte and R. B. Corey. 1973. Soil tests for available copper and zinc in soils of Western Nigeria. *Journal of the Science of Feed and Agriculture*, 24:1341-1349.
21. Peech, M. 1965. Hydrogen ion activity. p. 922-923. In C. A. Black et al. (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2*, American Society of Agronomy, Madison, WI.
22. Reed, S. T., and D. C. Martens. 1996. Copper and zinc .p. 703-722. In D. L. Sparks et al.(ed.) *Methods of soil analysis. Part 3*, 2nd. ed., Soil Science Society of American, Inc., Madison, WI.
23. Sedberry, J. E. and D. P. Bligh. 1988. An evaluation of chemical methods for extracting copper from rice soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 19:1841-1857.
24. Selvarajah, N., V. Pavanasivam and K. A. Nandasena. 1982. Evaluation of extractants for Zn and Cu in paddy soils. *Plant and Soil*, 68:309-320.
25. Sims, J. L. and W. H. Patrick. 1978. The distribution of micronutrient cations in soil under conditions of varying redox potential and pH. *Soil Science Society of American Journal*, 42: 258-262.
26. Singh, A. K. and P. Nongkynrih. 2000. Critical limit of copper for predicting response of rice to copper application on wetland rice soils of Meghalaya. *Journal of Indian Society of Soil Science*, 48:406-408.
27. Singh, B. P., M. Das and R. N. Prasad. 1990. Evaluation of available Cu status in high altitude wetland rice soils. *Journal of Indian Society of Soil Science*, 38:464-468.

28. Soltanpour, P. N. and A. P. Schwab. 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.
29. Tills, A. R. and B. J. Alloway. 1983. An appraisal of currently used soil tests for available copper with reference to deficiencies in English soil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34:1190-1196.
30. Tiwari, R. C. and B. Mohankumar. 1982. A suitable extractant for assessing plant-available copper in different soils (peaty, red and alluvial). *Plant and Soil*, 68:131-134.
31. Tobia, S. K. and A. S. Hanna. 1958. Effect of copper sulphate added to irrigation water on copper status of Egyptian soils. I. A mount of copper retained by soils. *Soil Science*, 85: 302-306.
32. Trierweiler, J. F. and W. L. Lindsay. 1969. EDTA-ammonium carbonate soil test for zinc. *Soil Science Society of America Proc.* 33: 49-53.
33. Viro, P. J. 1955. Use of ethylenediaminetetraacetic acid in soil analysis: I. Experience in *Soil Science*, 79:459-465.
34. Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of the Deglijareff method for determining soil organic matter as a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37:29-38.