

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب کشور
بخش آزمایشگاه ها

روش عملیاتی استاندارد تجزیه خاک

اندازه گیری آهن، روی، مس و منگنز قابل استفاده

SWRI-S-115

شماره ثبت:

Rev-01-1403/10

ویرایش اول:

۱۴۰۳



روش عملیاتی استاندارد تجزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	 بخش آزمایشگاه‌ها
SWRI-S- 115	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
		اندازه‌گیری آهن، روی، مس، منگنز قابل استفاده	

روش عملیاتی استاندارد تجزیه خاک اندازه‌گیری آهن، روی، مس و منگنز قابل استفاده

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین‌دشت، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

صندوق پستی: ۳۱۷۸۵-۳۱۱

کد پستی: ۳۱۷۷۹۹۳۵۴۵

تلفن: ۰۲۶-۳۶۲۰۱۹۰۰

نمبر: ۰۲۶۳۶۲۱۰۱۲۱

پست الکترونیکی: info@swri.ir

وبسایت: <http://www.swri.ir>

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارندگان است.

روش عملیاتی استاندارد تمیزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 115	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
اندازه‌گیری آهن، روی، مس، منگنز قابل استفاده		بخش آزمایشگاه‌ها	

فهرست مطالب

- ۱- مقدمه ۱
- ۲- اصول ۱
- ۳- وسایل ۲
- ۴- مواد و/یا واکنشگرها ۳
- ۴-۱- تهیه محلول عصاره‌گیر ۳
- ۵- روش کار ۳
- ۶- محاسبات و گزارش نتایج ۴
- ۷- منابع مورد استفاده ۴

روش عملیاتی استاندارد تمیزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 115	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
صفحه ۱ از ۱۰	اندازه‌گیری آهن، روی، مس، منگنز قابل استفاده		
		بخش آزمایشگاه‌ها	

۱- مقدمه

اندازه‌گیری غلظت کل عناصر کم مصرف آهن، روی، مس و منگنز در خاک‌ها عموماً شاخص مناسبی از گیاه فراهمی این عناصر نیست زیرا مقدار کل به ندرت با پاسخ‌های گیاهی مثل غلظت و مقدار جذب عنصر در اندام‌های گیاه یا میزان عملکرد رابطه معنی‌دار نشان می‌دهد. به همین دلیل تعیین مقدار قابل استفاده عناصر غذایی برای گیاهان اهمیت دارد [۱]. برای استخراج شکل قابل استفاده عناصر عصاره‌گیرهای شیمیایی متفاوتی استفاده می‌شود که توانایی متفاوتی در استخراج عنصر از منابع مختلف آن در خاک دارند و به نوعی رفتار ریشه گیاهان برای جذب عناصر غذایی را شبیه‌سازی می‌کنند. عصاره‌گیر مناسب عصاره‌گیری است که بتواند تمام یا بخش اعظم شکل‌های قابل استفاده عنصر را از خاک‌هایی با ویژگی‌های مختلف استخراج کند، مقدار عنصر استخراج شده به‌وسیله عصاره‌گیر قابل توجه باشد تا بتوان با دقت و صحت قابل قبولی آن را اندازه‌گیری کرد، میزان عنصر استخراج شده به‌وسیله عصاره‌گیر با مقدار جذب شده به‌وسیله گیاه همبستگی بالایی داشته و در نهایت اینکه ارزان و دارای صرفه اقتصادی باشد [۲]. برای برآورد مقدار آهن، روی، مس و منگنز قابل استفاده در خاک‌های ایران عصاره‌گیرهای مختلفی توسط پژوهشگران استفاده شده‌اند. روش تری اتانول آمین-DTPA در خاک‌های خنثی و آهکی استفاده می‌شود و به‌وسیله لیندزی و نورول [۳، ۴] برای استخراج همزمان عناصر آهن، منگنز، مس و روی از خاک‌های آهکی ارائه شده است و پیشینه مطالعات، کارایی این روش در خاک‌های ایران را نشان داده و به‌شکل رایج در آزمایشگاه‌های خاک و آب کشور استفاده می‌شود.

۲- اصول

محلول DTPA (۰/۰۰۵ مولار) در pH ۷/۳ با تری اتانول آمین (TEA) ۰/۱ مولار در حضور کلسیم کلرید ۰/۰۱ مولار بافر می‌شود. سرعت آزاد شدن آهن، منگنز، روی یا مس با DTPA شدیداً به pH بستگی دارد. pH ۷/۳ برای جلوگیری از انحلال کلسیم کربنات و آزاد شدن احتمالی شکل محبوس شده این عناصر (به ویژه آهن و روی) که در pH‌های پایین‌تر اتفاق می‌افتد و جلوگیری از کاهش در آزادسازی آن‌ها که در pH‌های بالاتر رخ می‌دهد، انتخاب

روش عملیاتی استاندارد تجزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 115	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
صفحه ۲ از ۱۰	اندازه‌گیری آهن، روی، مس، منگنز قابل استفاده		

شده است. تری اتانول آمین به دلیل ثابت تفکیک $(pK_a=7/8)$ و اینکه طی تجزیه با دستگاه جذب اتمی تمیز می‌سوزد و مزاحمت کمی ایجاد می‌کند به عنوان بافر انتخاب شده است. در pH ۷/۳ و Ca^{2+} ۰/۰۱ مولار، DTPA با کلسیم کاملاً کمپلکس شده است. آهن، منگنز، روی یا مس برای تشکیل کمپلکس با DTPA به خوبی با کلسیم رقابت می‌کنند. مولکول‌های DTPA کمپلکس‌های محلول در آب با آهن، منگنز، روی یا مس تشکیل می‌دهند و در نتیجه فعالیت این عناصر در محلول خاک کاهش می‌یابد. در پاسخ، آهن، منگنز، روی یا مس از سطوح خاک واجذب می‌شوند تا غلظت این عناصر در محلول خاک را بافر کنند. تقریباً ۵۰ درصد از کلسیم اضافه شده با DTPA کمپلکس شده است و ۵۰ درصد باقیمانده به شکل Ca^{2+} در محلول وجود دارد. این ۵۰ درصد Ca^{2+} اضافی غلظت کلسیم در محلول خاک را افزایش می‌دهد و از انحلال کلسیم کربنات جلوگیری می‌کند. در pH ۷/۳، تقریباً ۷۵ درصد از کل TEA به شکل تری اتانول آمین پروتونه ($HTEA^+$) حضور دارد. $HTEA^+$ می‌تواند با Ca^{2+} برای مکان‌های تبادل کاتیونی رقابت کند و در نتیجه غلظت Ca^{2+} در محلول خاک را افزایش می‌دهد و انحلال کلسیم کربنات را کند می‌کند.

۳- وسایل

- ۱) ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم.
- ۲) پیپت ۲۰ میلی‌لیتری.
- ۳) بشر ۱۰۰۰ میلی‌لیتری.
- ۴) ارلن مایر ۱۲۵ یا ۲۵۰ میلی‌لیتری.
- ۵) بالن حجمی ۱۰۰۰ میلی‌لیتری.
- ۶) شیکر رفت و برگشتی یا دورانی.
- ۷) pH متر.
- ۸) دستگاه جذب اتمی یا ICP.

روش عملیاتی استاندارد تمیزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 115	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
صفحه ۳ از ۱۰	اندازه‌گیری آهن، روی، مس، منگنز قابل استفاده		
بخش آزمایشگاه‌ها			

۴- مواد و/یا واکنشگرها

(۱) تری اتانول آمین، TEA ($C_6H_{15}NO_3$) با چگالی ۱/۱۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب.

(۲) دی اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید، DTPA ($C_{14}H_{23}N_3O_{10}$).

(۳) کلسیم کلرید ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$).

(۴) هیدروکلریک اسید (HCl)، ۶ مولار.

۴-۱- تهیه محلول عصاره‌گیر

(۱) ۱۴/۹۱ گرم تری اتانول آمین (TEA)، ۱/۹۶۷ گرم DTPA و ۱/۴۷ گرم کلسیم کلرید را در تقریباً ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل نمائید.

(۲) پس از انحلال DTPA، حجم محلول را به ۹۰۰ میلی‌لیتر برسانید. با HCl ۶ مولار (تقریباً ۸/۳ میلی‌لیتر) pH محلول را روی ۷/۳ تنظیم کنید و حجم نهایی را به یک لیتر برسانید.

۵- روش کار

(۱) ۱۰ گرم خاک هوا خشک عبور داده شده از الک ۲ میلی‌متری را توزین و در یک ارلن مایر ۱۲۵ میلی‌لیتری قرار دهید.

(۲) سپس به آن ۲۰ میلی‌لیتر محلول عصاره‌گیر اضافه کنید.

(۳) درب ارلن را بسته و آن را روی یک شیکر رفت و برگشتی قرار داده و به مدت دقیقاً ۲ ساعت با سرعت ۱۸۰ دور در دقیقه با شیکر دورانی در دمای اتاق (۲۳ درجه سانتی‌گراد) تکان دهید. از آنجا که این روش سینتیکی است، مدت، دما، سرعت تکان دادن متغیرهای بسیار مهم آزمایشی هستند.

(۴) بلافاصله نمونه را از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ (۰/۴۵ میکرومتر) عبور دهید.

(۵) غلظت عناصر کم مصرف (Fe، Mn، Zn و Cu) در این عصاره می‌تواند با دستگاه جذب اتمی یا ICP اندازه‌گیری شود.

روش عملیاتی استاندارد تجزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب		
SWRI-S- 115	شماره ثبت			
Rev-01-1403/10	ویرایش اول			
صفحه ۴ از ۱۰		اندازه‌گیری آهن، روی، مس، منگنز قابل استفاده		بفش آزمایشگاه‌ها

۶- محاسبات و گزارش نتایج

$$(1) \quad \text{غلظت عنصر کم مصرف در عصاره (mg/L)} = \text{غلظت عنصر کم مصرف (mg/kg)} \times \frac{20}{10} \times \text{درجه رقت}$$

- غلظت عناصر کم مصرف را بر حسب میلی گرم در کیلوگرم و با دو رقم اعشار گزارش نمائید.

نکات

(۱) در این روش دما و مدت و سرعت تکان دادن نمونه بر نتایج تاثیرگذار است از این رو، عصاره‌گیری باید همانند روش کار انجام شود.

(۲) اگر حجم عصاره برای قرائت ناکافی باشد، می‌توان وزن نمونه خاک و حجم محلول عصاره‌گیر را دو برابر کرد (۲۰ گرم خاک و ۴۰ میلی لیتر عصاره‌گیر) و از این رو باید از ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری استفاده شود.

(۳) به طور کلی بهتر است عصاره‌گیری و قرائت در یک روز یا حداکثر با یک روز فاصله انجام شود. اگر اندازه‌گیری تا یک یا دو روز پس از عصاره‌گیری انجام نمی‌شود برای جلوگیری از رشد باکتری‌ها باید عصاره را در یخچال نگهداشت.

(۴) این روش برای استفاده در خاک‌های خنثی و آهکی توصیه شده است.

(۵) در این روش از وسایل فلزی که نیاز به تماس مستقیم با مخلوط خاک و عصاره‌گیر دارند نباید استفاده کرد.

(۶) تمام ظروف قبل و پس از عصاره‌گیری باید با اسید (مثلاً HCl یک مولار) شسته شوند.

(۷) برای تهیه استانداردها لازم است از آب مقطر دیونیزه^۱ استفاده نمود.

۷- منابع مورد استفاده

۱. شهبازی، ک.، مارزی، م.، محمدی، م.، ح.، اسدی، ح.، فتحی گردلیدانی، ا.، هاشمی نسب زواره، ک.، طلوعی، ر.، بهشتی، م.، آویژگان، ا.، چراغی، م. ۱۴۰۳. روش‌های تجزیه خاک: نمونه برداری، روش‌های شیمیایی و فیزیکی. موسسه تحقیقات خاک و آب. ۱، ۱-۱۰۷۴.

2. Malakouti, M.J., N. Karimian, and P. Keshavarz, *A comprehensive method of diagnosing and recommending optimal fertilizer for sustainable agriculture*. Seventh ed. 2008, Tehran: Publications of Tarbiat Modares University.

^۱ Deionized water

روش عملیاتی استاندارد تجزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 115	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
صفحه ۵ از ۱۰	اندازه‌گیری آهن، روی، مس، منگنز قابل استفاده		بخش آزمایشگاه‌ها

3. Lindsay, W.L. and W.A. Norvell, *Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper*. Soil science society of America journal, 1978. **42**(3): p. 421-428.
4. Lindsay, W.L. and W.A. Norvell, *Development of a DTPA micronutrient soil test*. p 84, in *Agronomy abstracts*. 1969, ASA, Madison, WI.

روش عملیاتی استاندارد تمیزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 115	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
		اندازه‌گیری آهن، روی، مس، منگنز قابل استفاده	بخش آزمایشگاه‌ها

تهیه و تدوین:

ارژنگ فتحی گردیدانی

دانش آموخته دکتری دانشگاه تهران، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

مصطفی ماززی

عضو هیات علمی بخش آزمایشگاه‌ها (بخش تحقیقات شیمی و فیزیک خاک و فناوری کود)، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران.

کریم شهبازی

رئیس بخش آزمایشگاه‌ها (بخش تحقیقات شیمی و فیزیک خاک و فناوری کود)، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران.

سپاس‌گزاری

بدینوسیله از کلیه کارشناسان محترم بخش آزمایشگاه‌ها (بخش تحقیقات شیمی و فیزیک خاک و فناوری کود) بویژه آقایان مهندس منصور کوهستانی، دکتر میثم چراغی و دکتر سجاد بیات که تجربیات سالیان متمادی کار در آزمایشگاه را سخاوتمندانه در اختیار مولفان قرار دادند، تشکر و قدردانی می‌گردد. این روش عملیاتی استاندارد تجزیه خاک با حمایت مالی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و محل موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شده است و بدین وسیله نویسندگان از آن مجموعه محترم تقدیر می‌نمایند.



MINISTRY OF AGRICULTURE - JAHAD
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Soil and Water Research Institute of Iran
Laboratories Division

Standard Operation Procedure for Soil Analysis

Determination of Available Fe, Zn, Cu, and Mn

Record No: SWRI-S-115

Version: Rev-01-1403/10

2025

