

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 جرم مخصوص ظاهری خاک-روش کلوخه

SWRI-S-125

شماره ثبت:

Rev-01-1403/10

ویرایش اول:

۱۴۰۳



روش عملیاتی استاندارد تجزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 125	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
اندازه گیری جرم مفصوص ظاهری خاک-روش کلوفه		بخش آزمایشگاه‌ها	

روش عملیاتی استاندارد تجزیه خاک

اندازه گیری جرم مفصوص ظاهری خاک-روش کلوفه

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: ۳۱۱-۳۱۷۸۵

کد پستی: ۳۱۷۷۹۹۳۵۴۵

تلفن: ۰۲۶-۳۶۲۰۱۹۰۰

نمابر: ۰۲۶۳۶۲۱۰۱۲۱

پست الکترونیکی: info@swri.ir

وبسایت: <http://www.swri.ir>

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارندگان است.

روش عملیاتی استاندارد تمزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 125	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
اندازه گیری جرم مفصوص ظاهری خاک- (روش کلوفه)		بخش آزمایشگاه‌ها	

فهرست مطالب

- ۱- مقدمه..... ۱
- ۲- اصول..... ۳
- ۳- وسایل..... ۳
- ۴- مواد و/یا واکنشگرها..... ۴
- ۵- روش کار..... ۴
- ۶- محاسبات و گزارش نتایج..... ۵
- ۷- منابع مورد استفاده..... ۷
- پیوست ۱- تغییرات گرانروی و جرم مخصوص آب خالص در دماهای مختلف (IAPWS 2008)..... ۸

روش عملیاتی استاندارد تمیزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 125	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
صفحه ۱ از ۱۳	اندازه گیری جرم مخصوص ظاهری خاک-روش کلوفه		بخش آزمایشگاه‌ها

۱- مقدمه

خاک متشکل از ذرات جامد (معدنی و آلی) در اندازه‌های مختلف است که توسط مواد آلی، اکسیدهای معدنی و ذرات رس باردار به یکدیگر متصل شده‌اند. فضاهای بین ذرات خاک به صورت شبکه پیچیده‌ای از منافذ در اندازه‌های متنوع به هم متصل شده‌اند. منافذ کل خاک شامل منافذ بین ذرات خاک و فضای بین خاکدانه‌های خاک است. خاک از طریق این منافذ آب و هوا را با محیط مبادله می‌کند [۱].

جرم مخصوص ظاهری عبارتست از جرم خاک خشک به حجم کل خاک (مجموع حجم ذرات جامد و منافذ بین ذرات خاک) در شرایط طبیعی است [۲] و به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\rho_b = \frac{M_d}{V_t} \quad (1)$$

که در آن،

ρ_b : جرم مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب.

M_d : جرم خاک خشک بر حسب گرم.

V_t : حجم کل خاک بر حسب سانتی‌متر مکعب.

واحدهای مرسوم جرم مخصوص ظاهری مگاگرم بر متر مکعب یا معادل آن گرم بر سانتی‌متر مکعب است. جرم مخصوص ظاهری خاک یکی از مشخصات فیزیکی و پرکاربرد خاک است و در موارد زیادی مانند محاسبه تخلخل خاک، تبدیل روابط جرمی و حجمی خاک به یکدیگر و محاسبه جرم حجم معینی از خاک کاربرد دارد [۳]. جرم مخصوص ظاهری مستقیماً نشان‌دهنده میزان فشردگی خاک است و در مواردی با استفاده از آن می‌توان به وضعیت ساختمان خاک پی برد. همچنین این ویژگی در برآورد نگهداشت آب در خاک موردنیاز بوده و دانستن آن به عنوان یک عامل ورودی در مدل‌هایی که به بررسی آب، املاح و رسوبات می‌پردازند ضروری است [۴]. هدایت گرمایی، گنجایش گرمایی ویژه و مقاومت در برابر نفوذ از ویژگی‌های وابسته به مقدار جرم مخصوص ظاهری هستند. جرم مخصوص ظاهری یک ویژگی ثابت خاک نیست و بسته به نوع کاربری اراضی، نحوه کشت و فعالیت‌های خاک‌ورزی

روش عملیاتی استاندارد تمیزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 125	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
صفحه ۲ از ۱۳	اندازه گیری جرم مخصوص ظاهری خاک-روش کلوفه	بخش آزمایشگاه‌ها	

در آن تغییر می‌کند. مقدار جرم مخصوص ظاهری بستگی به بافت، ساختمان، محتوی ماده آلی و فشردگی خاک دارد. معمولاً جرم مخصوص ظاهری خاک‌های شنی حدود $1/6$ گرم بر سانتی‌متر مکعب (به علت فضای منافذ کل کمتر)، خاک‌های رسی و لومی حدود $1/3$ گرم بر سانتی‌متر مکعب و خاک‌های پیت حدود $0/25$ گرم بر سانتی‌متر مکعب است [۵]. نظریه‌های زیادی برای تعداد نمونه‌های موردنیاز برای تعیین جرم مخصوص ظاهری وجود دارد. برخی محققان برای تعیین جرم مخصوص ظاهری چهار نمونه [۶] و برخی ۵ تا ۲۰ نمونه استوانه با قطر $7/5$ سانتی‌متر را لازم می‌دانند [۷].

برای تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک، باید جرم ذرات و حجم کل خاک به دقت اندازه‌گیری شود. در مبحث جرم مخصوص ظاهری نحوه به دست آوردن حجم کل نمونه مهم است؛ زیرا جرم نمونه به سادگی با توزین خاک خشک شده در آون به دست می‌آید.

چهار روش رایج برای اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری وجود دارد که عبارتند از: روش استوانه، کلوخه، گودال و روش غیرمستقیم (مانند تابش اشعه گاما و...). در روش استوانه، نمونه‌برداری در محل صورت می‌گیرد و در بیشتر خاک‌های کشاورزی و خاک‌های آلی قابل اجرا است. برای نمونه‌برداری به روش استوانه، خاک باید در شرایط رطوبتی خاص باشد (رطوبت نزدیک به ظرفیت مزرعه معادل، یا رطوبت در مکش بین ۱۰ تا ۳۳ کیلوپاسکال). ولی در روش کلوخه می‌توان نمونه‌ها را در شرایط خشک (شرایط طبیعی مزرعه) تهیه کرد. روش گودال نیز برای خاک‌های پر از قطعات بزرگ سنگ و یا دارای افق‌های نازک یا حساس به ریزش مناسب است [۸]. روش‌های غیر مستقیم هم شامل روش‌های غیر مخرب خاک و قابل اندازه‌گیری در محل هستند. لازم به یادآوری است در منابع علمی از توابع تبدیلی خاک نیز به عنوان روش غیرمستقیم برای برآورد جرم مخصوص ظاهری استفاده می‌شود. توابع تبدیلی^۱، روابط رگرسیونی هستند که با استفاده از برخی ویژگی‌های زودیافت می‌توانند ویژگی‌هایی که اندازه‌گیری آن‌ها زمان‌بر و پرهزینه است، را برآورد نمایند.

^۱Pedotransfer functions

روش عملیاتی استاندارد تمیزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 125	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
صفحه ۳ از ۱۳	اندازه گیری جرم مخصوص ظاهری خاک-روش کلوفه	بخش آزمایشگاه‌ها	

۲- اصول

دومین روش پرکاربرد برای اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری، روش کلوخه (کلوخه با پوششی از ماده آبریز مانند پارافین یا رزین) است [۹]. در این روش جرم مخصوص ظاهری بر اساس نسبت جرم کلوخه خشک به حجم آن به دست می‌آید. از قانون ارشمیدس برای تعیین حجم کلوخه استفاده می‌شود. برپایه این قانون، هنگامی که جسمی در آب یا هر سیال دیگری فرو می‌رود مقداری از آن جابجا می‌شود که این مقدار جابجایی وزن مشخصی دارد و برابر با مقدار نیروی شناوری است. از این‌رو، جرم مخصوص ظاهری از راه پوشش کلوخه توسط پارافین، ورقه پلاستیکی Saran و ... سپس غوطه‌ور کردن در مایع با جرم مخصوص مشخص به دست می‌آید. بخش حساس این آزمایش، پوشش‌دار کردن نمونه مانند پارافینه کردن کلوخه است که به تجربه کاربر وابسته است. زیرا غیریکنواختی ضخامت پوشش پارافین یکی از منابع اصلی خطای این روش است. برخی محققان مشاهده کردند که جرم مخصوص ظاهری اندازه‌گیری شده با این روش نسبت به روش استوانه و گودال بیش‌تر است؛ زیرا در این روش عملاً نقش منافذ بین خاکدانه‌ها یا کلوخه‌ها در جرم مخصوص ظاهری حذف می‌شود [۹، ۱۰].

این روش نیاز به کلوخه‌های پایدار دارد و برای خاک‌های سست که بدون کلوخه هستند، امکان‌پذیر نیست. زمانی که پایداری خاکدانه‌ها کمتر باشد، اندازه کلوخه‌ها به ۴ الی ۱۰ سانتی‌متر محدود می‌شود. لازم به یادآوری است کلوخه‌های کوچک برای این روش مناسب نیستند. نکته قابل توجه این است که حجم کلوخه اثر معناداری در دقت روش کلوخه دارد. معمولاً افزایش حجم کلوخه منجر به افزایش دقت می‌شود [۱۰].

۳- وسایل

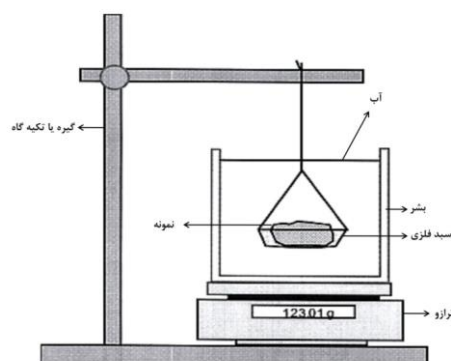
۱) ترازوی مخصوص: دارای قلابی برای آویزان کردن نخ یا سیم برای توزین نمونه‌های معلق در مایع. نمایی از این

ترازو در شکل ۱ نشان داده شده است.

۲) آون.

۳) نخ یا سیم.

روش عملیاتی استاندارد تمیزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 125	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
صفحه ۴ از ۱۳	اندازه گیری جرم مخصوص ظاهری خاک-روش کلوفه		بفش آزمایشگاه‌ها



شکل ۱- نمای کلی از دستگاه روش ارشمیدس شامل ترازو و نمونه غوطه ور در آب برای تعیین جرم مخصوص

۴- مواد و/یا واکنشگرها

۱) محلول Dow Saran F-310 :Saran در نسبت‌های جرمی ۱:۴ و ۱:۷ از رزین به حلال (استون یا متیل اتیل کتون^۱)؛ یا پارفین ذوب شده.

۵- روش کار

۱) کلوخه‌های طبیعی با حجم تقریبی ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی لیتر (به اندازه مشت) انتخاب کنید. در هر افق سه تکرار توصیه می‌شود. ذرات درشت روی کلوخه را از سطح آن جدا کنید. به آرامی قله‌های تیز و بیرون زده یا قسمت فشرده کلوخه را شکسته و شکل کلی کلوخه را به صورت صاف دریاورید. در صورت وجود ریشه‌های بیرون زده، آن‌ها را قیچی کنید.

۲) کلوخه را با نخ محکم ببندید. سعی کنید دو حلقه نخ با زاویه قائم با یکدیگر دور کلوخه ببندید. مقداری از نخ را برای آویزان شدن کلوخه از قلاب ترازوی مخصوص قرار دهید. نخ را پیش از بستن وزن کنید (m_1).

۳) جرم کلوخه و نخ را تعیین کنید (m_2).

۴) کلوخه را در حالت آویزان از نخ، وارد پارافین و یا محلول Saran کنید. مطمئن شوید کلوخه کاملاً در برابر آب نفوذناپذیر شده است.

^۱ Methyl ethyl ketone

روش عملیاتی استاندارد تمیزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 125	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
صفحه ۵ از ۱۳	اندازه گیری جرم مفصوص ظاهری خاک-روش کلوفه		بفش آزمایشگاه‌ها

۵) کلوخه و نخ را به همرا پوشش آب گریز وزن کنید (m_3).

۶) کلوخه با پوشش آب گریز را از قلاب زیر ترازوی مخصوص آویزان کنید تا در داخل ظرف آب زیر ترازو غوطه‌ور

شود. در این حالت جرم کلوخه را قرائت کنید (m_4). دمای آب را نیز اندازه‌گیری نمایید.

۷) برای تصحیح مقدار رطوبت کلوخه، مقداری از کلوخه اولیه را جدا کرده و جرم آن را پیش و پس از آون اندازه

بگیرید. جرم کلوخه قبل و بعد خشک شدن در آون به ترتیب m_5 و m_6 است.

۶- محاسبات و گزارش نتایج

رطوبت جرمی کلوخه (θ_m) بر حسب گرم آب در گرم خاک با استفاده از رابطه ۸ محاسبه می‌شود:

$$\theta_m = \frac{m_{H_2O}}{m_d} = \frac{m_w - m_d}{m_d} = \frac{m_5 - m_6}{m_6} \quad (۸)$$

که در آن،

m_{H_2O} : جرم آب بر حسب گرم.

m_d : جرم کلوخه خشک بر حسب گرم.

m_w : جرم کلوخه مرطوب بر حسب گرم.

رابطه ۸ به صورت جرمی-جرمی بوده و برای تبدیل به درصد، بایستی مقدار آن در ۱۰۰ ضرب شود.

جرم کلوخه مورد آزمایش بر حسب گرم از رابطه ۹ محاسبه می‌شود:

$$m = \frac{m_2 - m_1}{1 + \theta_m} \quad (۹)$$

جرم مفصوص ظاهری (ρ_b) بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب از رابطه ۱۰ به دست می‌آید:

$$\rho_b = \frac{m}{[(m_3 - m_4)/\rho_1] - [(m_3 - m_2)/0.9]} \quad (۱۰)$$

که در آن،

ρ_1 : جرم مفصوص آب در دمای مشاهده شده بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب (برای تصحیح اثر دما بر جرم

مفصوص آب به جدول پیوست ۱ مراجعه شود).

روش عملیاتی استاندارد تمیزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 125	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
صفحه ۶ از ۱۳	اندازه گیری جرم مخصوص ظاهری خاک-روش کلوفه		بخش آزمایشگاه‌ها

جرم مخصوص پارافین جامد معمولی در حدود 0.9 گرم بر سانتی متر مکعب است.

- جرم مخصوص ظاهری را بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب و با دو رقم اعشار گزارش نمائید.

نکات

- (۱) روش کلوخه معمولاً به دلیل در نظر نگرفتن منافذ بین خاکدانه‌ها نسبت به روش‌های استوانه و گودال بیش-برآوردی دارد.
- (۲) باید برای به دست آوردن کلوخه طبیعی دقت کرد. کلوخه‌های سطح یا نزدیک به سطح خاک نماینده مناسبی برای اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری نیستند. چون اغلب به خاطر عملیات خاکورزی و ادوات کشاورزی تشکیل شده‌اند.
- (۳) اگر هنگام توزین نمونه در آب، حباب‌هایی روی پوشش آب گریز ظاهر شود یا با گذشت زمان به علت نفوذ آب داخل کلوخه، جرم کلوخه افزایش یابد؛ باید نمونه دور انداخته و آزمایش دوباره تکرار شود.
- (۴) برای افزایش دقت اندازه‌گیری می‌توان به جای نخ از سیم استفاده کرد. خیس شدن نخ هنگام غوطه ور شدن در آب، جرمی به آن اضافه می‌کند که در محاسبات نادیده گرفته می‌شود.
- (۵) در صورتی که ترازوی مخصوص در اختیار نباشد، برآورد حجم کلوخه از اختلاف آب جابجا شده در استوانه مدرج به دست می‌آید.
- (۶) در صورتی که بیشتر از 5 درصد جرم کلوخه را ذرات درشت تر از 2 میلی‌متر تشکیل دهد باید این ذرات از کلوخه جدا شده و در محاسبات لحاظ و نتایج تصحیح شود.
- (۷) در روش کلوخه از مواد مختلفی برای دفع آب از سطح کلوخه می‌توان استفاده کرد. یکی از این مواد پارافین است که می‌توان با ذوب کردن و غوطه‌ور کردن کلوخه‌ها در آن، پوشش مناسب را ایجاد کرد. باید دقت شود که دمای پارافین مذاب بین 65 الی 70 درجه سانتی‌گراد باشد. در دماهای بالاتر، پارافین وارد منافذ خاک شده و باعث خطا در انجام محاسبات می‌شود. جرم مخصوص پارافین جامد معمولی در حدود 0.9 گرم بر سانتی متر

روش عملیاتی استاندارد تجزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 125	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
صفحه ۷ از ۱۳	اندازه گیری جرم مفصوص ظاهری خاک-روش کلوفه		بخش آزمایشگاه‌ها

مکعب است؛ هرچند جرم مخصوص همه انواع پارافین یکسان نیست و باید جرم مخصوص دقیق آن در آزمایشگاه

اندازه‌گیری و یا از اطلاعات بروشور یا برجسب کالای خریداری شده به دست آید.

۷- منابع مورد استفاده

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.

- Rasiah, V. and B. Kay, *Characterizing changes in aggregate stability subsequent to introduction of forages*. Soil Science Society of America Journal, 1994. **58**(3): p. 935-942.
- Tamminen, P. and M. Starr, *Bulk density of forested mineral soils*. 1994.
- Curtin, D., et al., *Long-term management and clay dispersibility in two Haploborolls in Saskatchewan*. Soil Science Society of America Journal, 1994. **58**(3): p. 962-967.
- Movahedi Naeini, S.A. and M. Rezaei, *Soil physics: Fundamentals and application*. 1 ed. 2008, Gorgan: Grgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 476.
- Carter, M., *Soil sampling and methods of analysis*. Lewis Publ., Boca Raton, FL. Soil sampling and methods of analysis. Lewis Publ., Boca Raton, FL., 1993: p. -.
- Terry, T., D. Cassel, and A. Wollum, *Effects of soil sample size and included root and wood on bulk density in forested soils*. Soil Science Society of America Journal, 1981. **45**(1): p. 135-138.
- Page-Dumroese, D.S., et al., *Comparison of methods for determining bulk densities of rocky forest soils*. Soil Science Society of America Journal, 1999. **63**(2): p. 379-383.
- Casanova, M., et al., *Direct measurement and prediction of bulk density on alluvial soils of central Chile*. Chilean journal of agricultural research, 2016. **76**(1): p. 105-113.
- Rossi, A.M., et al., *Bulk density determination by automated three-dimensional laser scanning*. Soil Science Society of America Journal, 2008. **72**(6): p. 1591-1593.

روش عملیاتی استاندارد تجزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	 بخش آزمایشگاه‌ها
SWRI-S- 125	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
صفحه ۸ از ۱۳		اندازه گیری جرم مخصوص ظاهری خاک-روش کلوفه	

پیوست‌ها

پیوست ۱- تغییرات گرانی و جرم مخصوص آب خالص در دماهای مختلف (IAPWS 2008)^۱

دما (درجه سلسیوس)	گرانی (سانتی پواز)	جرم مخصوص (گرم بر سانتی متر مکعب)
۲	۱/۶۷۳۵	۰/۹۹۹۹
۳	۱/۶۱۹۰	۱/۰۰۰۰
۴	۱/۵۶۷۳	۱/۰۰۰۰
۵	۱/۵۱۸۲	۱/۰۰۰۰
۶	۱/۴۷۱۵	۰/۹۹۹۹
۷	۱/۴۲۷۱	۰/۹۹۹۹
۸	۱/۳۸۴۷	۰/۹۹۹۹
۹	۱/۳۴۴۴	۰/۹۹۹۸
۱۰	۱/۳۰۵۹	۰/۹۹۹۷
۱۱	۱/۲۶۹۲	۰/۹۹۹۶
۱۲	۱/۲۳۴۰	۰/۹۹۹۵
۱۳	۱/۲۰۰۵	۰/۹۹۹۴
۱۴	۱/۱۶۷۳	۰/۹۹۹۲
۱۵	۱/۱۳۷۵	۰/۹۹۹۱
۱۶	۱/۱۰۸۱	۰/۹۹۸۹
۱۷	۱/۰۷۹۸	۰/۹۹۸۸
۱۸	۱/۰۵۲۶	۰/۹۹۸۶
۱۹	۱/۰۲۶۶	۰/۹۹۸۴
۲۰	۱/۰۰۱۶	۰/۹۹۸۲
۲۱	۰/۹۷۷۵	۰/۹۹۸۰
۲۲	۰/۹۵۴۴	۰/۹۹۷۸
۲۳	۰/۹۳۲۱	۰/۹۹۷۵
۲۴	۰/۹۱۰۷	۰/۹۹۷۳
۲۵	۰/۸۹۰۰	۰/۹۹۷۰
۲۶	۰/۸۷۰۱	۰/۹۹۶۸
۲۷	۰/۸۵۰۹	۰/۹۹۶۵
۲۸	۰/۸۳۲۴	۰/۹۹۶۲
۲۹	۰/۸۱۴۵	۰/۹۹۵۹
۳۰	۰/۷۹۷۲	۰/۹۹۵۶
۳۱	۰/۷۸۰۵	۰/۹۹۵۳
۳۲	۰/۷۶۴۴	۰/۹۹۵۰
۳۳	۰/۷۴۸۸	۰/۹۹۴۷
۳۴	۰/۷۳۳۷	۰/۹۹۴۴
۳۵	۰/۷۱۹۱	۰/۹۹۴۰
۳۶	۰/۷۰۵۰	۰/۹۹۳۷
۳۷	۰/۶۹۱۳	۰/۹۹۳۳
۳۸	۰/۶۷۸۰	۰/۹۹۳۰
۳۹	۰/۶۶۵۲	۰/۹۹۲۶
۴۰	۰/۶۵۲۷	۰/۹۹۲۲

^۱ Thermophysical properties of water and steam" (TPWS) of the International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS).

روش عملیاتی استاندارد تجزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 125	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
		اندازه گیری جرم مفصوم ظاهری خاک-روش کلوفه	بخش آزمایشگاهها

تهیه و تدوین:

روبا طلوعی

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

محمد حسین محمدی

عضو هیات علمی گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

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.

مصطفی مارزی

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.

سپاس‌گزاری

بدینوسیله از کلیه کارشناسان محترم بخش آزمایشگاهها (بخش تحقیقات شیمی و فیزیک خاک و فناوری کود) 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

Soil Bulk Density Determination-Clod Method

Record No: SWRI-S-125

Version: Rev-01-1403/10

2025

