

جمهوری اسلامی ایران

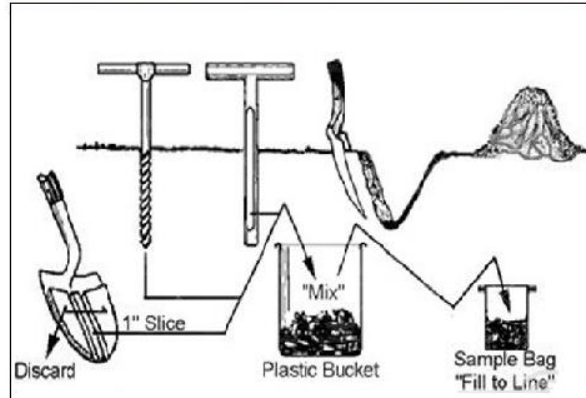
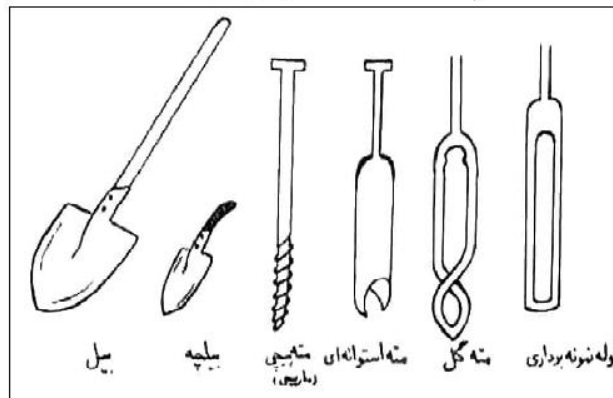
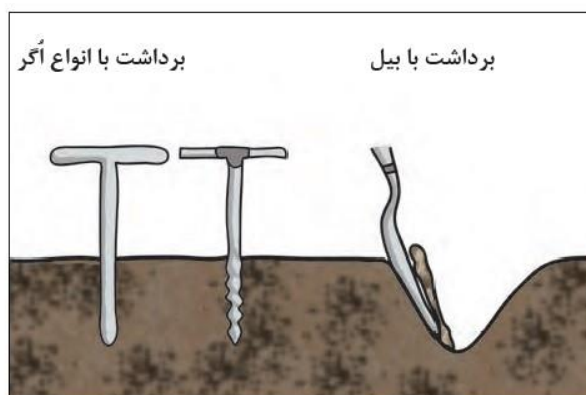
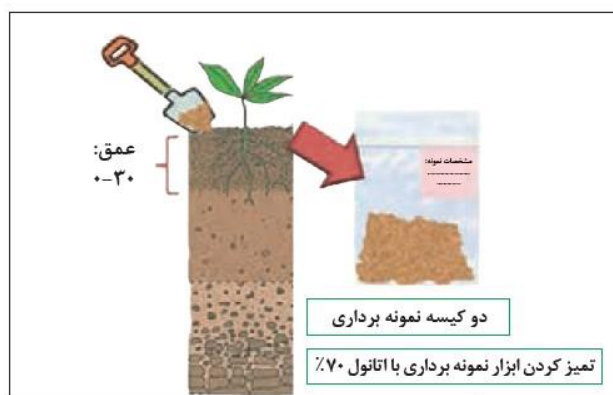
وزارت جهاد کشاورزی

معاونت آب و خاک

شیوه نامه

مطالعات خاک سطحی و تهیه نقشه های اختصاصی

فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک



دفتر امور خاک کشاورزی

زمستان ۱۴۰۳

این شیوه نامه در راستای تحقق بخشیدن به مفاد (۷) و (۸) قانون حفاظت از خاک مصوب سال ۱۳۹۸، ماده (۴) و بند (۲) ماده (۱۵) آیین نامه اجرایی قانون حفاظت از خاک مصوب سال ۱۴۰۲ و نیز دستیابی به یک روش واحد در نمونه برداری، روش های تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک توسط دفتر امور خاک کشاورزی تهیه شده و برای تمام مطالعات خاکشناسی سطحی و حاصلخیزی خاک لازم الاجرا می باشد.

تمام اندازه گیری های آزمایشگاهی شیمیایی و فیزیکی باید بر اساس اصول اندازه گیری بیان شده در کتاب روشهای تجزیه خاک: نمونه برداری، روشهای شیمیایی و فیزیکی به شماره ثبت ۳۱۴۰۳۲ که در سال ۱۴۰۳ توسط موسسه تحقیقات خاک و آب منتشر شده است، صورت پذیرد.

فهرست عناوین :

شماره صفحه

۱- نمونه برداری خاک سطحی.....	۴
۱-۱- اهمیت و ضرورت آزمون خاک سطحی در اراضی کشاورزی.....	۴
۲- روش های نمونه برداری خاک.....	۶
۲-۱- عمق نمونه برداری.....	۶
۲-۲- انواع نمونه خاک.....	۶
۲-۳- الگوی نمونه برداری.....	۷
۲-۳-۱- نمونه برداری خاک به روش منظم (سیستماتیک).....	۷
۲-۳-۲- زمان نمونه برداری از خاک.....	۱۱
۲-۳-۳- نکات مهم در مراحل مختلف نمونه برداری از خاک.....	۱۲
۲-۳-۳-۱- شرایط مجری مطالعات.....	۱۲
۲-۳-۳-۲- شرایط آزمایشگاه.....	۱۳
۳- تهیه نقشه های اختصاصی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک.....	۱۴
۳-۱- پردازش داده ها.....	۱۵
۳-۲- روش وزن دهی معکوس فاصله (IDW).....	۱۶
۳-۳- مراحل انجام کار.....	۱۷
۴- محتوای گزارش نهائی مطالعات خاک سطحی.....	۱۸

فهرست شکل ها :

- شکل ۱- توصیف گرافیکی قانون لیبیگ بوسیله بشکه.....۴
- شکل ۲ - نمونه های سیستماتیک در دو بعد. طراحی A از تمام واحدها در تقاطع خطوط موازی با فاصله مساوی و طراحی B از تمام واحدها در تقاطع خطوط موازی با فاصله مساوی تشکیل شده و مثلث ها با کشیدن خطوط افقی از طریق تقاطع ها تشکیل می شوند.....۷
- شکل ۳- تصویر شماتیک نحوه نمونه برداری مرکب در شبکه منظم.....۹
- شکل ۴ - تهیه عکس با تابلو از محل نمونه برداری با درج شماره نمونه، کاربری و تاریخ نمونه برداری.....۱۱

فهرست جداول :

- جدول ۱: حق الزحمه انجام مطالعات افق سطحی خاک با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰.....۲۰
- جدول ۲: هزینه انجام آزمایش های شیمیایی نمونه های خاک سطحی.....۲۰
- جدول ۳: هزینه انجام آزمایش های نمونه های آب.....۲۱

۱- نمونه برداری خاک سطحی

۱-۱- اهمیت و ضرورت آزمون خاک سطحی در اراضی کشاورزی

برای بدست آوردن حداکثر محصول و افزایش بهره وری در بخش کشاورزی در درجه اول باید کاری کرد که میزان محصول در واحد سطح بالا رود. یکی از موثرترین راه های افزایش محصول در کشاورزی پایدار، تامین عناصر غذایی ضروری خاک در حد مطلوب با استفاده از انواع کودهای شیمیایی، آلی و زیستی است. برای نیل به این هدف، آگاهی از خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و حاصلخیزی خاک، ضروری است. ضمن اینکه آگاهی از وضعیت خاک از مصرف بی رویه و غیر ضروری برخی از کودهای شیمیایی نیز جلوگیری می کند.

قانون حداقل لیبیگ (Liebig's Law of the Minimum) که اغلب به اختصار قانون لیبیگ یا قانون حداقلی نیز نامیده می شود یکی از یافته های اصلی علوم کشاورزی است که توسط کارل اسپیرینگل (۱۸۴۰) عنوان و سال ها بعد توسط یاستوس وان لیبیگ عمومیت یافت. این قانون بیان می کند که رشد نه توسط کل منابع موجود، بلکه توسط کمیاب ترین منبع (عامل محدودکننده) دیکته می شود. به عبارت دیگر، رشد گیاه تحت تاثیر عنصری است که کمترین مقدار را در محیط زیست آن گیاه (خاک) داراست به عنوان مثال: با توجه به شکل (۱)؛ اگر خاکی از نظر عنصر پتاسیم مورد نیاز یک گیاه، کمبود داشته باشد حتی اگر مقدار عناصر نیتروژن، فسفر، منیزیم، کلسیم و بقیه عناصر در حد مطلوب و یا بیشتر از حد نیاز گیاه باشند، گیاه به رشد و عملکرد مطلوب نخواهد رسید. به عبارت ساده "زنجیر از ضعیف ترین حلقه آن پاره خواهد شد" در علم کشاورزی برای نشان دادن این قانون از "بشکه لیبیگ" استفاده می کنند، براساس این قانون استفاده از عناصر غذایی بایستی متناسب با نیاز گیاه بوده و تمام عناصر مطابق نیاز در اختیار گیاه قرار گیرد.

استفاده مستمر و پیوسته از خاک در کشاورزی متراکم (Intensive Agriculture)، سبب گسترش تخلیه-ی تعداد بیشتری از عناصر غذایی از خاک شده است. با پیشرفت های علمی صورت گرفته در مهندسی علوم خاک، شناسایی به موقع کمبود عناصر غذایی از طریق آزمون خاک و رفع آن قبل از کشت گیاه، امکان پذیر شده است.



شکل ۱- توصیف گرافیکی قانون لیپیگ بوسیله بشکه

یکی از بهترین راه های رسیدن به هدف افزایش عملکرد در واحد سطح، استفاده صحیح از کودهای مختلف است. مهم ترین نکته در رسیدن به این هدف، شناسایی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از نظر مواد غذایی موجود در آن به لحاظ شیمیایی، حاصلخیزی و تغذیه ای است. جهت پی بردن به وضعیت حاصلخیزی خاک، تعیین نوع کشت مناسب و روش های صحیح کشت و آبیاری، بایستی خاک را در آزمایشگاه تجزیه کرد. اولین گام در انجام انواع تجزیه های آزمایشگاهی خاک، نمونه برداری صحیح از خاک است. اگر نمونه برداری خاک به صورت اصولی انجام نپذیرد و از دقت کافی برخوردار نباشد، نتایج به دست آمده از تجزیه های آزمایشگاهی نمی تواند بیانگر شرایط واقعی خاک باشد، در نتیجه توصیه ها و پیشنهادات کارشناسان علیرغم وجود نتایج آزمایشگاهی، موثر نخواهد بود. بنابراین چگونگی برداشت نمونه های خاک به همان اندازه تجزیه های آزمایشگاهی دارای اهمیت می باشد، زیرا اعتبار نتایج آزمایشگاهی به صحت و دقت نمونه برداری بستگی دارد. یکی از مهم ترین مسایل نمونه برداری این است که نمونه برداشت شده باید معرف شخصیت واقعی خاک مورد نظر باشد. به همین منظور زمین باید از قبل به قطعات یکنواخت از نظر فرسایش، بافت، رنگ، شیب، نوع کشت و تناوب تقسیم شود. به سبب اینکه در موقعیت هایی که سراسیمی بیشتر است، به هنگام بارندگی یا آبیاری، مواد غذایی و املاح بیشتر

در معرض تهدید قرار گرفته، انتقال یافته و از بین می رود و بالعکس در نقاط گودی نیز تجمع املاح و عناصر غذایی بیشتر است.

۲- روش های نمونه برداری خاک

۲-۱- عمق نمونه برداری: عمق مناسب برای بیشتر گیاهان زراعی صفر تا ۳۰ سانتی متر است. عمق مورد نظر در این دستورالعمل، لایه ی پیوسته ای از سطح خاک تا عمق ۳۰ سانتی متری است. مقادیر نمونه ی خاک برداشت شده از سطح تا عمق ۳۰ سانتی متری، باید متناسب و همگون باشد.

۲-۲- انواع نمونه خاک: انواع نمونه خاک عبارتند از: تکی (ساده) و مرکب.

نمونه تکی (ساده) (Single Soil Sampling): اگر هر یک از نمونه های برداشت شده جداگانه مورد تجزیه قرار گیرد به آن نمونه ساده گویند. به علت هزینه های زیاد و همچنین بالا بودن احتمال خطا، این روش نمونه برداری توصیه نمی شود.

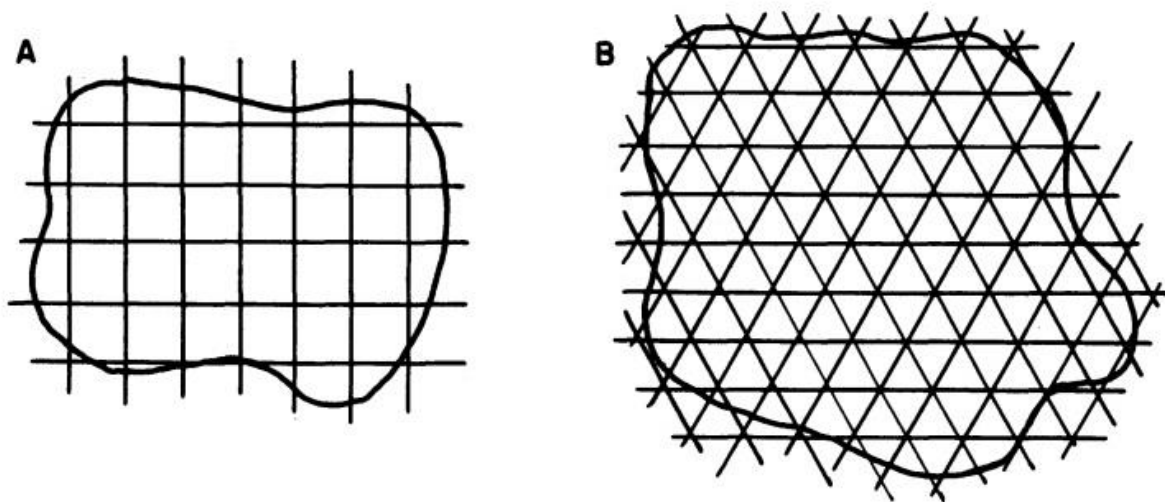
نمونه مرکب (Composite Soil Sampling): اگر تعدادی نمونه ساده را مخلوط کرده و یک نمونه نهایی برداریم به آن نمونه مرکب گویند. در این دستورالعمل از روش نمونه برداری مرکب استفاده می گردد. تفاوت اصلی نمونه ساده و مرکب، مخلوط کردن نمونه های برداشته شده است. در نمونه ساده، نمونه برداری خاک از هر محل به صورت مستقل انجام می شود اما در نمونه مرکب تعدادی نمونه در یک محدوده ی با شرایط یکسان (عمق، مقدار و نحوه نمونه برداری از خاک) با هم مخلوط شده و نمونه نهایی از آن برداشت و به آزمایشگاه منتقل می شود.

۲-۳- الگوی نمونه برداری

برای مشخص کردن الگوی نمونه برداری از خاک یعنی شیوه حرکت شما در زمین و مکان‌های برداشت نمونه باید یکنواخت بودن شرایط مزرعه را به طور کلی مورد بررسی قرار داد. برای مثال مواردی مانند شیب زمین، رنگ و بافت خاک و نحوه مدیریت مزرعه (نحوه آبیاری، کوددهی و غیره) باید شرایط یکسانی داشته باشند. اگر در تمام مزرعه شرایط یکسانی وجود دارد، کل مزرعه را یک قطعه در نظر گرفته و در فواصل مشخص نمونه برداری انجام پذیرد. روش‌های متفاوتی از جمله منظم (سیستماتیک)، نامنظم (غیرسیستماتیک) و تصادفی برای نمونه برداری از خاک وجود دارند.

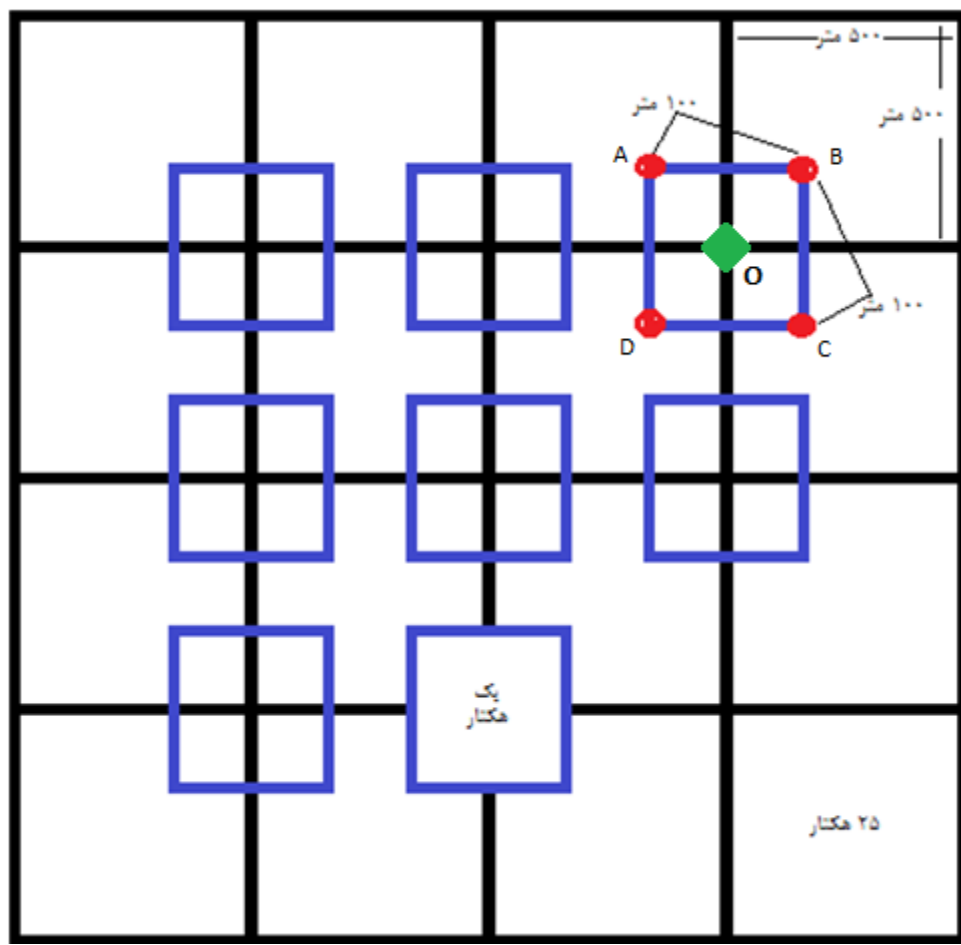
۲-۳-۱- نمونه برداری خاک به روش منظم (سیستماتیک):

در این دستورالعمل از نمونه برداری خاک به روش منظم استفاده می شود. روش نمونه برداری منظم یا سیستماتیک شامل دو روش شبکه بندی منظم و ترانسکت (Transect) می باشد (شکل ۲). در روش شبکه بندی، زمین به شبکه های منظم تقسیم شده و نمونه برداری (نمونه مرکب) از محل تقاطع نقاط شبکه و یا وسط هر شبکه انجام می شود. توجه داشته باشید که این روش، منطقه مورد نظر را به خوبی پوشش می دهد. در روش ترانسکت، خطوط یا مسیر مستقیمی در طول زمین در نظر گرفته می شود و نمونه برداری خاک در امتداد آن خطوط از فواصل مساوی انجام می شود. استفاده از این روش، زمانی مفید است که احتمال می دهید خصوصیات خاک در جهت خاصی تغییر می کنند. فاصله انتخاب شده برای شبکه یا ترانسکت باید از فاصله ای که احتمال می دهیم خصوصیات مورد نظر تغییر می کنند، کمتر باشد.



شکل ۲ - نمونه های سیستماتیک در دو بعد. طراحی A از تمام واحدها در تقاطع خطوط موازی با فاصله مساوی و طراحی B از تمام واحدها در تقاطع خطوط موازی با فاصله مساوی تشکیل شده و مثلث ها با کشیدن خطوط افقی از طریق تقاطع ها تشکیل می شوند.

توضیح مهم: با توجه به بررسی های مطالعاتی، تحقیقاتی و میدانی صورت گرفته در دفتر امور خاک، توصیه می شود که در تهیه نمونه های خاک جهت انجام تجزیه های آزمایشگاهی از روش شبکه بندی نوع A (مربعی) و نمونه برداری مرکب استفاده شود (شکل ۳). برای تسهیل در پیدا کردن نقاط نمونه برداری، در صورت دسترسی به اینترنت در صحرا، بهتر است فایل KMZ نقاط نمونه برداری، تهیه و به Google earth گوشی های هوشمند منتقل شود. با فعال کردن گزینه Location در نرم افزار مذکور، امکان یافتن نقاط به همراه جاده های قابل دسترسی، آسان تر از دستگاه GPS است.



شکل ۳- تصویر شماتیک نحوه نمونه برداری مرکب در شبکه منظم

الف- با در نظر گرفتن اینکه در مقیاس مطالعات ۱:۵۰۰۰۰ برداشت ۴۰ نمونه سطحی به ازای هر ۱۰۰۰ هکتار مد نظر می باشد لذا در هر ۲۵ هکتار از اراضی نیاز به یک نمونه مرکب وجود دارد، در تصویر شماتیک شماره ۳ شبکه بندی به قسمی صورت می پذیرد که هر مربع کوچک مشکی دارای مساحت ۲۵ هکتار بوده و نمونه برداشت شده از محل تلاقی مربع های مشکی می باشد. نقطه تلاقی مربع های مشکی (نقطه O لوزی سبز رنگ) مرکز یک مربع فرضی آبی رنگ به مساحت ۴۰۰۰ متر مربع (۰/۴ هکتار) تا ۱۰۰۰۰ متر مربع (یک هکتار) می باشد و نمونه های مرکب از نقاط A و B و C و D قرمز رنگ (چهار گوش مربع کوچک) و نقطه O سبز رنگ (مرکز

مربع کوچک) برداشته و در محل نقطه O (لوزی سبز رنگ) مخلوط و یک نمونه مرکب که معرف یک مربع مشکی ۲۵ هکتاری است، برداشت و به آزمایشگاه منتقل می شود. این مراحل برای نقاط تلاقی دیگر نیز تکرار می گردد.

ب- در نمونه برداری مرکب به روش مربعی توصیه شده که نیاز به تهیه ۵ نمونه از چهار گوش و مرکز آن است، از هر یک از ۵ نقطه باید حداقل ۲ کیلوگرم خاک، به صورت پیوسته از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر برداشت و پس از اختلاط کامل پنج نمونه، مقدار ۱/۵ تا ۲ کیلوگرم خاک به آزمایشگاه منتقل گردد.

پ- در زمانی که خاک خشک و سخت شده باشد، استفاده از بیل به تنهایی برای تهیه نمونه خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر کافی نیست و همراه داشتن کلنگ برای ایجاد یک چاله تا عمق ۳۰ سانتی متر، ضروری است.

ت- به منظور مستند سازی فعالیت نمونه برداری خاک و ثبت آن در آرشیو سوابق مطالعات خاکشناسی، تهیه حداقل یک عکس در هر محل نمونه برداری (نقطه اصلی) به همراه ثبت مختصات عکس و تابلویی با شماره محل نمونه برداری، نوع کاربری و تاریخ نمونه برداری ضروری است (شکل ۴). جهت ثبت مختصات محل نمونه برداری در زمان تهیه عکس در گوشی های هوشمند کفایت که در تنظیمات برنامه دوربین، گزینه برچسب موقعیت (Location tag/info) فعال گردد.



شکل ۴ - تهیه عکس با تابلو از محل نمونه برداری با درج شماره نمونه، کاربری و تاریخ نمونه برداری

ث- در صورت عدم امکان نمونه برداری در نقاط از پیش طراحی شده (به هر دلیل)، ضروری است که مختصات جدید، ثبت و در فایل نهایی نقاط نمونه برداری نیز اصلاح شود.

ج- چنانچه در هنگام نمونه برداری یک یا تعداد بیشتری از گوشه ها، در کاربری های متفاوت باشند، توصیه می شود با جابجایی هایی، کلیه نمونه ها در محدوده ی یک نوع کاربری قرار گیرند. به عنوان مثال، از تلفیق نمونه

های با کاربری زراعی با کاربری باغ و یا از تلفیق کاربری های زراعی با مزارع یونجه و شبدر و حتی برخی بقولات دانه ای مانند سویا حتی المقدور اجتناب گردد. در مناطق با استعداد شوری بالا مانند خوزستان از اختلاط نمونه های خاک اراضی کشاورزی در حال کشت با اراضی بایر اجتناب گردد.

چ- اطلاعات مربوط به شماره نمونه، کاربری، تاریخ و نام محل نمونه برداری بر روی کاغذ یا کارت، برای هر نمونه ثبت و به آزمایشگاه منتقل گردد (شکل ۴).

۲-۳-۲- زمان نمونه برداری از خاک

بهترین زمان نمونه برداری از خاک، بعد از برداشت تا پیش از کاشت محصول و قبل از اضافه کردن هر نوع کودی به خاک است. در چنین زمانی، خاک در اوج تخلیه عناصر غذایی قرار داشته و آگاهی از وضعیت حاصلخیزی آن می تواند در توصیه های کودی برای کاشت محصول جدید، قابل استفاده باشد.

۲-۳-۳- رعایت نکات زیر در فرایند پهنه بندی ضروری است:

۲-۳-۱- شرایط مجری مطالعات

الف- این مطالعه می تواند توسط شرکت های مهندسین مشاور و شرکت های دانش بنیان مرتبط با موضوع، با رعایت قانون برگزاری مناقصات و آئین نامه خرید خدمات مشاوره انجام شود.

ب- مجری مطالعات موظف هستند، پیش از شروع عملیات نمونه برداری، محدوده انجام مطالعه و طراحی نقاط نمونه برداری را در قالب نقشه و مختصات نقاط در اختیار کارفرما قرار داده و بازه زمان نمونه برداری را اعلام نماید تا با ایجاد هماهنگی های لازم، نظارت بر حسن انجام کار صورت گیرد.

پ- این مطالعات با نظارت مستقیم ناظر معرفی شده از سوی دفتر امور خاک معاونت آب و خاک انجام خواهد شد.

ت- مسئول انجام مطالعه (مجری) موظف است آموزش های مربوط به نمونه برداری صحیح و دقیق خاک را به کارشناس مسئول خود که حتما باید دارای حداقل مدرک کاردانی و یا کارشناسی خاکشناسی باشد، ارائه دهد. برای مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی یا دانشگاه ها لازم است عضو هیات علمی مجری و کارشناس همکار معرفی شود.

ث- مجری می بایست سابقه مفید و دقیق مسئول و گروه انجام مطالعه را در زمینه پهنه بندی و تدوین گزارش را به دفتر امور خاک کشاورزی معاونت آب و خاک معرفی کند. عضویت یک کارشناس دارای دانش و تجربه در زمینه حاصلخیزی و تغذیه گیاه در گروه ضروری است. در صورتیکه فرد معرفی شده فاقد صلاحیت برای انجام مطالعه تشخیص داده شد، مجری می بایست فرد جایگزین را معرفی نماید.

ج- مجری لازم است در هنگام شرکت در مناقصه، آزمایشگاه محل انجام آزمایشات جدول (۲) را معرفی نماید. نماینده مدیریت آب و خاک و امور مهندسی استان به همراه ناظر رسمی معرفی شده پیش از عقد قرار داد از

امکانات سخت افزاری و دستگاه‌های آماده سازی نمونه و آزمایشگاهی آزمایشگاه مربوطه بازدید نمایند. در صورتیکه کیفیت آزمایشگاه مورد تایید نماینده و ناظر نباشد، شرکت می بایست آزمایشگاه جدید واجد شرایط را معرفی نماید.

۲-۳-۳-۲- شرایط آزمایشگاه

الف-آزمایشگاه محل اندازه گیری ویژگی‌ها می بایست دارای تمدید مجوز از سوی سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی باشد و همچنین داده های حاصل از آزمایشات را به سه شکل تهیه نماید: ۱- جدول مکتوب با امضای کارشناس مسئول و مهر شرکت، ۲- ثبت داده ها در نرم افزار اکسل طبق فرمتی که از سوی کارفرما اعلام می شود، ۳- ثبت داده ها در سامانه مدیریت اطلاعات آزمایشگاه های خاک و آب وارد و تهیه نماید.

ب- مسئولیت مستقیم کنترل کیفی انجام تجزیه های آزمایشگاهی بر عهده مجری (شرکت دارای قرارداد) بوده و در صورتیکه از سوی ناظر معرفی شده از دفتر امور خاک کشاورزی برخی از ویژگی ها و در هر تعداد نمونه که مشکوک/ اشتباه تشخیص داده شود، آزمایشگاه مربوطه موظف است، بدون دریافت هزینه اقدام به تکرار اندازه گیری کند. همچنین لازم است آزمایشگاه مربوطه نمونه های خاک را تا تایید نهایی گزارش، در بانک نمونه خاک آزمایشگاه نگهداری کند.

پ- جهت کنترل و نظارت دقیق بر انجام کارهای آزمایشگاهی، کارفرما این حق را دارد که پس از ارائه نتایج آزمایشگاه، تعدادی از نمونه های خاک را به صورت تصادفی انتخاب و به آزمایشگاه مادر (موسسه تحقیقات خاک و آب) و یا آزمایشگاه های استانی تابعه و مورد تایید خود، برای صحت سنجی ارسال نماید.

ت- در صورتیکه آزمایشگاه فاقد دستگاه جذب اتمی برای اندازه گیری عناصر آهن، روی، مس و منگنز باشد، مجری مطالعات (مشاور) میبایست آزمایشگاه همکار دارای این دستگاه را معرفی نماید. پاسخ داده های آزمایشگاه همکار می بایست دارای امضای کارشناس مسئول و مهر آزمایشگاه باشد.

ث- در صورتیکه آزمایشگاه فاقد دستگاه صفحه فشار برای اندازه گیری ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دایم باشد مجری می بایست آزمایشگاه همکار دارای این دستگاه را معرفی نماید. پاسخ داده های آزمایشگاه همکار می بایست دارای امضای کارشناس مسئول و مهر آزمایشگاه باشد.

ج- در صورتیکه در منطقه ای سابقه مطالعات پیشین یا در هنگام نمونه برداری خاک وجود گچ را نشان ندهند، لازم نیست گچ اندازه گیری شوند.

چ- در صورتیکه pH در نمونه خاک اندازه گیری کمتر از ۵/۵ باشد، نیازی به اندازه گیری مواد خنثی شونده (درصد آهک فعال یا TNV) نیست.

ح- با توجه به اینکه اندازه گیری ویژگی های مرتبط با حاصلخیزی خاک، گیاه مبنا هستند، لازم است در هر منطقه با توجه به گیاه/ گیاهان زراعی غالب منطقه و حدود بحرانی آنها در استان مرزها و کلاس های پهنه بندی در نقشه ها تعیین شوند.

۳- تهیه نقشه های اختصاصی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک

شامل:

- pH خاک سطحی
- قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (ECe) خاک سطحی
- SAR و ESP خاک سطحی
- کلاس شوری-سدیمی (مانند S2A2) براساس دستورالعمل نشریه ۲۰۵ از طریق کد دهی به کلاس های فوق و پهنه بندی آن با استفاده از روش IDW و یا درخت تصمیم.
- درصد کربنات کلسیم خاک سطحی
- درصد گچ خاک سطحی (در صورت گچی بودن)
- درصد رس خاک سطحی
- درصد سیلت خاک سطحی

- درصد شن خاک سطحی
- کلاس بافت خاک سطحی از طریق کد دهی به هر یک از کلاس ها و پهنه بندی آن با استفاده از روش IDW و یا درخت تصمیم.
- مقدار سنگریزه سطحی (درصد حجمی)
- کرین آلی
- نیتروژن کل
- پتاسیم قابل جذب
- فسفر قابل جذب
- آهن قابل جذب
- منگنز قابل جذب
- روی قابل جذب
- مس قابل جذب

۳-۱- پردازش داده ها

برای اینکه بتوان از داده‌های گردآوری شده از مطالعات میدانی برای فرایند، ارزیابی و مدل سازی داده‌ها استفاده نمود، ضروری است این داده‌های در قالب یک پایگاه اطلاعاتی ذخیره شوند. لذا پس از پردازش داده‌ها (Data cleaning)، داده‌های نهایی در قالب یک جدول با فرمت اکسل ذخیره شوند. در این جداول طول و عرض جغرافیایی نقاط مطالعاتی ثبت و در مقابل هر نقطه مطالعاتی اطلاعات خصوصیات مورد نظر در افق سطحی خاک ذخیره می‌شود. برای استخراج آمار توصیفی داده ها می توان از نرم افزارهای SPSS و R استفاده کرد. جهت پهنه بندی و تهیه نقشه ها و همچنین تهیه ژئودیتابیس از نرم افزار ArcGIS استفاده شود. چنانچه از نرم افزار R برای پهنه بندی استفاده شود، ضروری است که نقشه های خروجی آن به نرم افزار ArcGIS انتقال و تحویل کارفرما گردد.

۳-۲- روش وزن دهی معکوس فاصله (IDW)

برای تهیه نقشه‌های میانابی از روش عکس مجذور فاصله (Inverse squared distance) که جزو روش‌های دقیق میانابی محسوب می‌گردد (وبستر و اولیور، ۲۰۰۱) استفاده شود و نقشه پراکنش جغرافیایی متغیرهای مورد مطالعه بر مبنای پارامترهای این روش تهیه شود.

روش عکس فاصله وزنی (IDW) مقدار یک کمیت در نقاطی با مختصات معلوم، با استفاده از مقدار همان کمیت در نقاط دیگری با مختصات معلوم بدست می‌آید. به عبارت دیگر، در این روش، ارزش یک متغیر براساس میانگین همسایه‌ها در محدوده‌های معین محاسبه می‌شود. به این ترتیب که معکوس فواصل از نقاط مجهول وزن دهی می‌شود. هرچه فاصله نقطه مجهول از نقاط معلوم کاهش یابد، وزن ارزش آن نقاط افزایش می‌یابد و نقاطی که ارزش آن نامعلوم است با استفاده از نقاط اطراف در یک شعاع مشخص برآورد می‌شود. هرچه فاصله داده معلوم از نقطه مجهول افزایش یابد، وزن‌ها براساس فاصله کاهش می‌یابند. هنگامی که توان صفر است نقش فاصله از بین می‌رود و مقدار نامعلوم از میانگین نقاط همسایه بدست می‌آید و اگر توان افزایش یابد، نقش فاصله افزایش می‌یابد و فاصله‌های نزدیکتر، وزن بالاتری می‌یابند.

$$\hat{Z}(x_i) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^\alpha} Z(x_i)}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^\alpha}}$$

که در آن: d_i ، عبارت از فاصله‌ی بین نقطه‌ی تخمین تا هر کدام از نمونه‌های واقع در همسایگی آن، $\hat{Z}(x_i)$ مقدار تخمینی خاصیت، نقطه‌ی $Z(x_i)$ مقدار مشاهده شده خاصیت مورد نظر در نقطه x_i و α ، عبارت از توان معکوس فاصله (پارامتر نمایی) می‌باشند.

۳-۳- مراحل انجام کار

مراحل انجام کار به شرح زیر است:

- ورود داده ها به همراه مختصاتشان در نرم افزار اکسل و تحویل این فایل به کارفرما پس از اتمام کار آزمایشگاهی.
- آنالیز آماری و تهیه جداول آمار توصیفی ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک سطحی.
- تهیه نقشه پهنه بندی وضعیت شوری و سدیمی و جدول توزیع فراوانی و مساحت آنها در راهنمای نقشه.
- تهیه نقشه پهنه بندی خصوصیات حاصلخیزی خاک شامل نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل جذب، آهن، روی، منگنز و مس قابل جذب و تقسیم بندی آنها بر اساس حدود بحرانی آنها در خاک (ترجیحاً دو طبقه در زیر و دو طبقه نیز در بالای حد بحرانی)
- تهیه نقشه بافت طبقات سطحی خاک (رس، سیلت و شن) و تعیین وسعت بافت طبقات سطحی خاک (با درجات مختلف) در محدوده طرح.
- تهیه نقشه کلاس بافت خاک سطحی از طریق کد دهی به هر یک از کلاس های بافتی و پهنه بندی آنها به روش IDW و یا درخت تصمیم.
- تهیه نقشه پهنه بندی خصوصیات شیمیایی خاک شامل گنجایش تبادل کاتیونی (CEC)، کربن آلی، واکنش خاک (pH)، آهک و گچ و تقسیم بندی آنها بر اساس گروه های خیلی کم، کم، متوسط و زیاد.
- توصیه کودی برای محصولات زراعی- باغی منطقه بر اساس نقشه های موضوعی و حاصلخیزی منتج از مطالعه خاک.
- راهکارهایی برای کاهش محدودیت های کمبود مواد آلی، فقر مواد غذایی، شوری، فرسایش، زهکشی و ... در خاک.

۴- محتوای گزارش نهائی مطالعات خاک سطحی

گزارش نهایی مطالعات خاک سطحی در بخش های زیر تهیه می شود:

فصل اول: مقدمه

(۱) مقدمه، شرح مطالعه، اهداف و راهنمای استفاده از گزارش مطالعه

فصل دوم: معرفی منطقه و روش انجام کار

(۱) وضعیت کلی منطقه -شرح کلیات محدوده مورد مطالعه

(۲) موقعیت و وسعت محدوده مورد مطالعه

(۳) آب و هوا و رژیم های رطوبتی و حرارتی خاک

(۴) زمین شناسی محدوده مطالعه و منطقه

(۵) فیزیوگرافی، پستی و بلندی و زهکشی

(۶) منابع آب

(۷) کاربری اراضی

(۸) گیاهان طبیعی

فصل سوم: پهنه بندی نقشه های مدیریت پذیر ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی

خاک

(۱) ارائه آمار توصیفی ویژگی های خاک (به همراه جداول)

(۲) ارائه نتایج پهنه بندی ویژگی های فیزیکی خاک به همراه نقشه های آنها

(۳) ارائه نتایج پهنه بندی ویژگی های شوری و سدیمی خاک به همراه نقشه های آنها

(۴) ارائه نتایج ویژگی های شیمیایی خاک شامل pH، کربن آلی، آهک، گچ و گنجایش تبادل کاتیونی به همراه نقشه های آنها

(۵) ارائه نتایج پهنه بندی ویژگی های حاصلخیزی خاک شامل عناصر غذایی پرمصرف و ریزمغذی به همراه نقشه های آنها

(۶) ارائه توصیه های کودی برای هر یک از گیاهان بر اساس آزمون خاک

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

(۱) نتیجه گیری

(۲) پیشنهادات و راه کارهای رفع یا کاهش محدودیت ها

منابع مورد استفاده:

پیوست:

(۱) نتایج تجزیه های فیزیکی و شیمیایی تمامی نمونه های خاک سطحی

(۲) داده های جغرافیائی شامل:

❖ جداول مختصات جغرافیایی تمامی نقاط مطالعاتی خاک سطحی

❖ نقشه نقاط نمونه برداری

❖ سایر لایه های اطلاعاتی

هزینه مطالعات خاکشناسی افق سطحی خاک (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر) باتهیه نقشه های مدیریت پذیر در سال ۱۴۰۳

جدول ۱: حق الزحمه انجام مطالعات افق سطحی خاک با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰					
ردیف	شرح	واحد	بهای واحد (ریال)	مقدار	بهای کل (ریال)
۱	هزینه برداشت ۴۰ نمونه مرکب از خاک سطحی (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر) در ۱۰۰۰ هکتار	هکتار	۵۶۰۰۰۰	۱۰۰۰	۵۶۰۰۰۰۰۰۰
۲	تهیه نقشه های اختصاصی برای تا ۲۰ ویژگی خاک (خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک)	ویژگی خاک	۲۵۰۰۰۰۰	۲۰	۵۰۰۰۰۰۰۰۰
	جمع				۱,۰۶۰,۰۰۰,۰۰۰

جدول ۲: هزینه انجام آزمایش های شیمیایی نمونه های خاک سطحی					
ردیف	شرح	واحد	بهای واحد (ریال)	مقدار	بهای کل (ریال)
۱	آماده سازی نمونه های خاک و الک کردن	نمونه	۶۸۵۳۱۲	۴۰	۲۷۴۱۲۴۸۰
۲	تعیین بافت خاک با آزمایش هیدرومتری	نمونه	۱۱۰۱۱۸۱	۴۰	۲۷۵۶۰۰۰۰
۳	تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک (در اراضی خیس به روش رینگ و در سایر مناطق به روش کلوخه و پارافین)	نمونه	۴۳۰۳۹۹	۲۰	۸۶۰۷۹۸۰
۴	تعیین جرم مخصوص حقیقی خاک	نمونه	۹۸۶۶۲۴	۲۰	۱۹۷۳۲۴۸۰
۵	اندازه گیری رطوبت در حد ظرفیت زراعی (FC) در کلاس های بافت غالب	نمونه	۷۵۴۰۰۶۳	۵	۳۷۷۰۰۳۱۵
۶	اندازه گیری رطوبت در نقطه پژمردگی دایم (PWP) در کلاس های بافت غالب	نمونه	۱۲۴۶۷۰۱۶	۵	۶۲۳۳۵۰۸۰
۷	تهیه گل اشباع	نمونه	۲۲۰۸۸۵	۴۰	۸۸۳۵۴۰۰
۸	قرائت pH در گل اشباع	نمونه	۸۸۳۴۶۸	۴۰	۳۵۳۳۸۷۲۰
۹	تهیه عصاره از گل اشباع	نمونه	۱۰۰۴۷۷۲	۴۰	۴۰۱۹۰۸۸۰
۱۰	قرائت EC در عصاره گل اشباع	نمونه	۸۳۷۱۶۸	۴۰	۳۳۴۸۶۷۲۰
۱۱	اندازه گیری گچ به روش استون در صورت مشاهده گچ در صحرا	نمونه	۱۸۷۸۰۶۷	۱۰	۱۸۷۸۰۶۷۰
۱۲	تعیین کربن آلی خاک	نمونه	۱۴۷۷۹۸۶	۴۰	۵۹۱۱۹۴۴۰
۱۳	تعیین مواد خنثی شونده (درصد آهک یا TNV) - درصد آهک فعال	نمونه	۱۱۹۳۵۷۴	۴۰	۴۷۷۴۲۹۶۰
۱۴	تعیین CEC خاک (گنجایش تبادل کاتیونی)	نمونه	۴۷۶۳۸۴۸	۲۰	۹۵۲۷۶۹۶۰
۱۵	تعیین مقدار کلسیم + منیزیم محلول در عصاره اشباع خاک	نمونه	۹۵۰۵۲۵	۴۰	۳۸۰۲۱۰۰۰
۱۶	تعیین فسفر قابل جذب به روش اولسن	نمونه	۲۴۰۹۸۴۹	۴۰	۹۶۳۹۳۹۶۰
۱۷	تعیین مقدار پتاسیم قابل جذب	نمونه	۱۸۱۱۳۶۸	۴۰	۷۲۴۵۴۷۲۰
۱۸	تعیین مقدار نیتروژن کل از رابطه نسبت کربن به نیتروژن ۱۰ الی ۱۲	نمونه	۰	۴۰	۰
۱۹	تعیین مقدار سدیم محلول در عصاره اشباع خاک	نمونه	۱۲۷۴۱۴۰	۴۰	۵۰۹۶۵۶۰۰

۲۰	تعیین نسبت جذب سدیم (SAR)	نمونه	۰	۴۰	۰
۲۱	بسته ی اندازه گیری آهن، روی، مس و منگنز قابل جذب (توام) به روش DTPA	نمونه	۹۰۴۳۴۷۴	۲۰	۱۸۰۸۶۹۴۸۰
۲۲	اندازه گیری بر قابل جذب خاک-آزومتین H	نمونه	۳۲۶۹۱۶۶	۲۰	۶۵۳۸۳۳۲۰
جمع			۱۰۴۲،۶۹۵،۴۰۵		

جدول ۳: هزینه انجام آزمایش های نمونه های آب

ردیف	شرح	واحد	بهای واحد (ریال)	مقدار	بهای کل (ریال)
۱	اسیدیته	نمونه	۶۶۱۶۷۴	۳	۱۹۸۵۰۲۲
۲	هدایت الکتریکی	نمونه	۸۳۷۱۶۸	۳	۲۵۱۱۵۰۴
۳	کل مواد محلول در آب (TDS)	نمونه	۴۷۴۰۰۰	۳	۱۴۲۲۰۰۰
۴	کربنات	نمونه	۸۵۴۳۵۸	۳	۲۵۶۳۰۷۴
۵	بی کربنات	نمونه	۸۵۴۳۵۸	۳	۲۵۶۳۰۷۴
۶	سولفات	نمونه	۱۹۶۴۶۱۳	۳	۵۸۹۳۸۳۹
۷	کلراید	نمونه	۱۰۳۱۷۲۲	۳	۳۰۹۵۱۶۶
۸	کلسیم	نمونه	۹۷۴۰۰۴	۳	۲۹۲۲۰۱۲
۹	منیزیم	نمونه	۹۵۰۵۲۵	۳	۲۸۵۱۵۷۵
۱۰	سدیم	نمونه	۱۲۷۴۱۴۰	۳	۳۸۲۲۴۲۰
۱۱	پتاسیم	نمونه	۱۸۱۱۳۶۸	۳	۵۴۳۴۱۰۴
جمع			۳۵،۰۶۳،۷۹۰		

۲،۱۳۷،۷۵۹،۱۹۵	مجموع جداول ۱، ۲ و ۳
۲،۱۳۷،۷۵۹،۱۹۵	جمع کل (هزینه های مطالعات خاک سطحی ۱:۵۰۰۰۰ در سطح ۱۰۰۰ هکتار و تهیه نقشه های ویژگی حاصلخیزی خاک سطحی)
۲۵۶،۵۳۱،۱۰۳	تهیه گزارش نهایی (۱۲ درصد مبلغ قرارداد)
۵۱۳،۰۶۲،۲۰۶	بالاسری مشاور (۲۴ درصد)
۲،۹۰۷،۳۵۲،۵۰۵	هزینه هر ۱۰۰۰ هکتار
۲،۹۰۷،۳۵۲	هزینه واحد هر هکتار