براورد کربن آلی خاک در مراحل مختلف رشد گیاه با استفاده از مدلسازی طیف بازتابی (مطالعه موردی: کشت و صنعت مغان)

حمید رضا متین فر و وحید سروی مغانلو
دانشیار و دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشگاه لرستان

چکیده

ماده الی خاک یکی از حیاتی ترین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک است که نقش مهمی در بهبود ساختمان خاک و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی دارد. هدف از این پژوهش ارائه تخمینی مناسب برای براورد کربن آلی خاک در کشت و صنعت مغان در مراحل مختلف رشد بمنظور مدیریت مناسب خاک با استفاده از روشهای رگرسیونی حداقل مربعات جزیی (PLSR) و روش رگرسیون درختی (BRT) در حالت اعتبارسنجی داخلی می باشد. بدین منظور پس از انتخاب ۳۰ مزرعه آماده شده برای کشت ذرت دانه ای در پنج مرحله از مزارع نمونه برداری گردیده و علاوه بر اندازه گیری مشخصات فیزیکوشیمیایی خاکها با استفاده از روش استاندارد، نمونه های هواخشک شده توسط دستگاه فیلد اسپک ۳ طیف سنجی گردید. نتایج پردازش داده ها نشان داد که نتایج بدست آمده ضریب همبستگی و دقت سنجی مدلها بر روی طیفهای خام و مشتق اول در هر دورش PLSR و BRT مشابه بوده و دقت مدل PLSR بیشتر از مدل BRT میباشد. همچنین بهترین مرحله برای براورد کربن آلی خاک با استفاده از مدل PLSR در مرحله قبل از کشت با میزان R^2=O.78 ، RMSE=3.11 و PRD=1.98 می‌باشد.

واژه های کلیدی: طیف سنجی، PLSR، BRT ، کربن آلی

مقدمه

پایش های زیست محیطی و حرکت به سوی کشاورزی دقیق و پایدار نیاز به اطلاع از وضعیت خاک با دقت مناسب و هزینه حداقل است . از طرفی نیاز روزافزون به مدیریت پایدار اراضی، اهمیت توجه به کیفیت خاک و شاخص های مربوطه را بیش از پیش می طلبد. تاکنون مطالعات زیادی در مورد ارائه شاخص های کیفیت خاک انجام شده است که در بسیاری موارد اتفاق نظر کافی در مورد چگونگی تفسیر این شاخص ها حاصل نشده است (حسنی و همکاران، ۱۳۹۲). طیف سنجی بازتابی مرئی-فروسرخ بر مبنای حساسیت ترکیبات آلی و معدنی خاک به بازتاب امواج مرئی و فروسرخ استوار شده است و از این ویژگی برای مطالعات کشاورزی و زیست محیطی خاکها استفاده میشود. طی دو دهه اخیر، تحقیقات در مورد طیف سنجی در محدوده مرئی و فروسرخ در علوم خاک به سرعت افزایش یافته است (**Shepherd et al, 2007**). فرکانسهای پایه¬ای مولکولی مرتبط با اجزای خاک بیشتر در دو محدوده مرئی و فروسرخ وجود دارد. تمرکز بیشتر مطالعات، روی اجزای اصلی خاک مانند مواد آلی خاک، بافت خاک، مینرالوژی خاک و همچنین، دسترسی عناصر غذایی خاک، حاصلخیزی خاک، ساختمان خاک وفعالیت های میکروبی آن می باشد (جلالی و همکاران، ۲۰۰۵). دستگاه طیف سنج به دلیل داشتن تعداد باندهای طیفی زیاد، انعکاس صورت گرفته از پدیدهها را در سراسر طیف الکترو مغناطیس در محدوده ۳۵۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر را ثبت میکند. دادههای طیف سنجی از سطح برگ گیاه در بخش مرئی و مادون قرمز طیف الکترو مغناطیس بر اساس، اصل عمل متقابل نور و گیاه و تاثیر برگ سبز بر طیف الکترو مغناطیس می- باشد. انعکاس صورت گرفته خاک این امکان را فراهم می کند تا بتوان کمیت پارامترهای شیمیایی خاک را مشخص کرد (**Tian et al, 2013**).

پژوهشگران و محققان از تکنیکها و روشهای مختلفی از جمله نمونه¬برداری شبکه¬ای و منطقه ای برای تعیین توزیع مواد آلی خاک استفاده میکنند. اما این روشها دارای مشکلاتی هستند، از جمله این که عموماً هزینه نمونه برداری و تجزیه نمونه¬ها، تعیین کننده مقیاس نقشه برداری است و این در حالی است که خصوصیات خاک ممکن است در مقیاس کوچک

تری نسبت به مقیاس نقشه تغییر کند و مناطقی با میزان مواد آلی کم یا زیاد نادیده گرفته شوند (**Vulcan et al, 2010**). با توجه به مسئله مطرح شده، نیاز به روشهای کم-هزینه و سریع برای آنالیز خاک احساس میشود. با بررسی قابلیت داده¬های طیفی ماهوارها¬ی در این زمینه و اثبات کارایی این داده¬ها، مشکلات فوق تا حدودی برطرف می شود. برآورد خصوصیات خاک با تصاویر ماهوارهای و سنجش از دور به عنوان تکنیکی ارزنده برای تعیین خصوصیات سطحی خاک شناخته شده است. در طی سالیان گذشته مطالعات زیادی برپایه استفاده از تصاویر ماهواره¬ای یا طیف سنجی آزمایشگاهی برای براورد کربن آلی خاک صورت گرفته است. استفاده از این تکنیک بخصوص در کشور خودمان که در اقلیم خشک و نیمه خشک قرار داشته و میزان کربن آلی خاک درحد متوسط به پایین هست می¬تواند کمک شایانی در مدیریت میزان کربن آلی خاک کند. بنابراین هدف از این مطالعه براورد میزان کربن آلی خاک در مزارع ذرت دانه دشت مغان در مراحل مختلف رشد با استفاده از داده های طیف سنجی و پردازش آنها میباشد.

مواد و روش‌ها

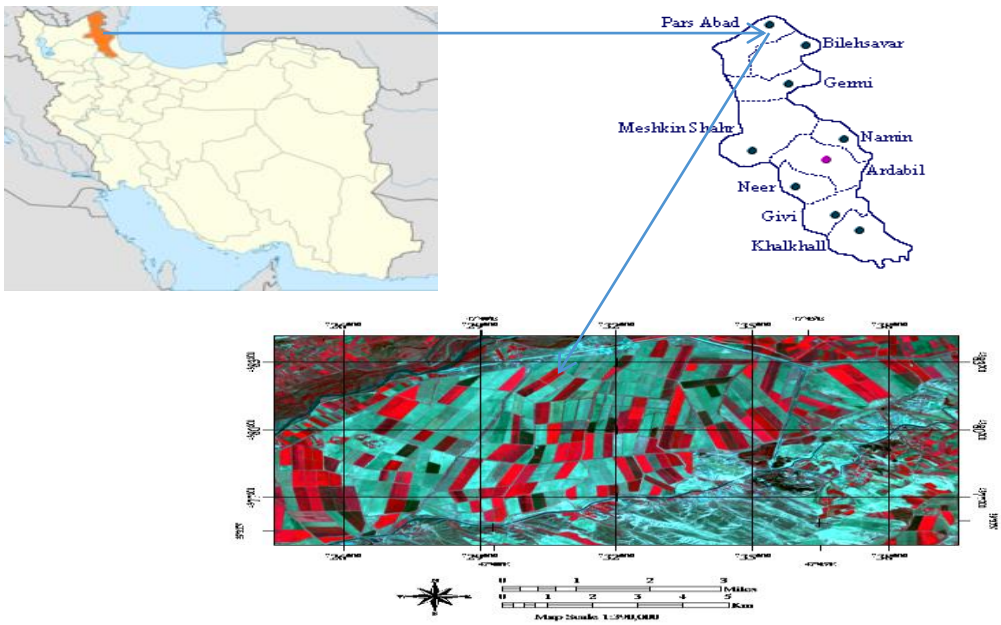
منطقه مورد مطالعه در این پروژه کشت و صنعت مغان واقع در شهرستان پارس¬آباد در شمال استان اردبیل می¬باشد، شهرستان پارس‌آباد در قسمت شمالی جلگه مغان قرار گرفته و با مساحت ۱۵۵۴ کیلومترمربع، شمالی‌ترین شهرستان استان می‌باشد. که از لحاظ موقعیت جغرافیایی بین ۳۹درجه و۲۰دقیقه تا ۳۹درجه و۴۲دقیقه عرض شمالی و۴۷درجه و۳۰دقیقه تا۴۸درجه و۱۰دقیقه طول شرقی از نصف النهارگرینویچ واقع شده و از سطح دریا بطور متوسط ۴۵ متر ارتفاع دارد.

در این مطالعه بمنظور براورد میزان کربن آلی خاک با استفاده از طیف سنجی آزمایشگاهی ۳۰ مزرعه که برای کشت ذرت بذری انتخاب شده بودند ابتدا با استفاده از دستگاه GPS موقعیت مزارع مشخص گردید. سپس بعد از اماده سازی مزرعه قبل از کاشت از این مزارع نمونه برداری گردید و در ادامه در مراحل مختلف رشد شامل مرحله چهار برگی، هشت برگی، مرحله پوشش گیاهی کامل و قبل برداشت نمونه های خاکی مرکب از هر مزرعه تهیه گردید. نمونه ها پس از انتقال به آزمایشگاه در هوای تازه خشک شده و سپس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها با استفاده از روشهای استاندارد مورد تجزیه قرار گرفت که شامل :فسفر قابل استفاده خاک به روش اولسن، نیتروژن کل خاک به روش کجلدال، پتاسیم در عصاره استات آمونیوم، کربن آلی خاک به روش والکلی بلاک، میزان عناصر میکرو شامل آهن؛ روی؛ منگنز جذب استفاده به روش لیندسی و نورول (DTPA) می باشند.

بازتاب طیفی: تهیه طیف خاک ها در یک اتاق تاریک و با شرایط استاندارد انجام شد. طیف سنجی نمونه‌های خاک با استفاده از دستگاهField spec شرکت آمریکا ASD اسکن شدند. بازتاب مطلق نمونه‌ها در دامنه ۳۵۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر و با درجه وضوح یک نانومتر ثبت شدند ، نمونه‌های هوا خشک در یک پتری دیش با قطر۱۰ سانتی متر و عمق یک سانتی متر قرار داده شدند. منبع نور یک لامپ تنگستن هالوژن کوارتز بود که داخل محفظه نوری سنجده نگه داری میشد. نور از فاصله ۲۰ سانتی متری با زاویه ۲۰ درجه نسبت به عمود به هر نمونه تابانده شد و بازتاب از طریق یک چشمی فایبراپتیک که به طور عمودی با فاصله۱۵ سانتی متری در بالای پتریدیش قرار داشت، ثبت شد . بمنظور کاهش خطا حاصل از شرایط محیطی، در حین طیف سنجی از هر نمونه خاک ۵ اسکن تهیه گردیده و در محاسبات از میانگین ۵ اسکن استفاده گردید.

در این پژوهش از دو مدل برای پردازش داده ها استفاده شد که اولین مدل PLSR بود، مدل PLSR که توسط WOLD و همکاران (۲۰۰۱) ارائه شد و کاربرد زیادی از آن زمان در تجزیه و تحلیل آنالیزهای طیفی دارد با ایجاد یک رابطه خطی چند متغییره، ارتباطی بین دو ماتریس X و Y برقرار می‌کند. این مدل زمانی کارایی دارد که تعداد زیادی متغییر قابل براورد وجود داشته باشد و بین آنها رابطه قوی وجود داشته باشد. مدل دیگر مورد استفاده در این روش، روش رگرسیون درختی (BRT) بود. در این پژوهش برای مدل سازی از اعتبارسنجی داخلی (CROSS VALIDATION) با استفاده از تمام نمونه های مورد استفاده در واسنجی بود. برای پردازش طیفها توسط هر دو مدل از نرم افزار unscramble X استفاده شد. توانایی این روش‌ها در پیش‌بینی ویژگیهای خاک از طریق ضریب تبیین (R^2) بین مقادیر برآورد شده و مقادیر اندازه‌گیری شده و همچنین از

طریق ریشه میانگین مربعات خطای برآورد (RMSE) تعیین شد. یکی دیگر از روشهای دقت آزمایی که دراین پژوهش استفاده شد آماره RPD بود. این آماره از نسبت خطای استاندارد داده‌ها به RMSE مدل بدست آمد.مقادیر RPD >۲ بیانگر دقت بسیار بالا RPD=۱/۴-۲ بیانگردقت خوب و مقادیر RPD کمتر از ۱/۴ بیانگر دقت ضعیف فرایند پردازش است.



شکل ۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه (کشت و صنعت مغان)

جدول ۱) مختصات جغرافیایی مزارع نمونه برداری شده و میزان کربن الی خاک در مراحل مختلف نمونه برداری

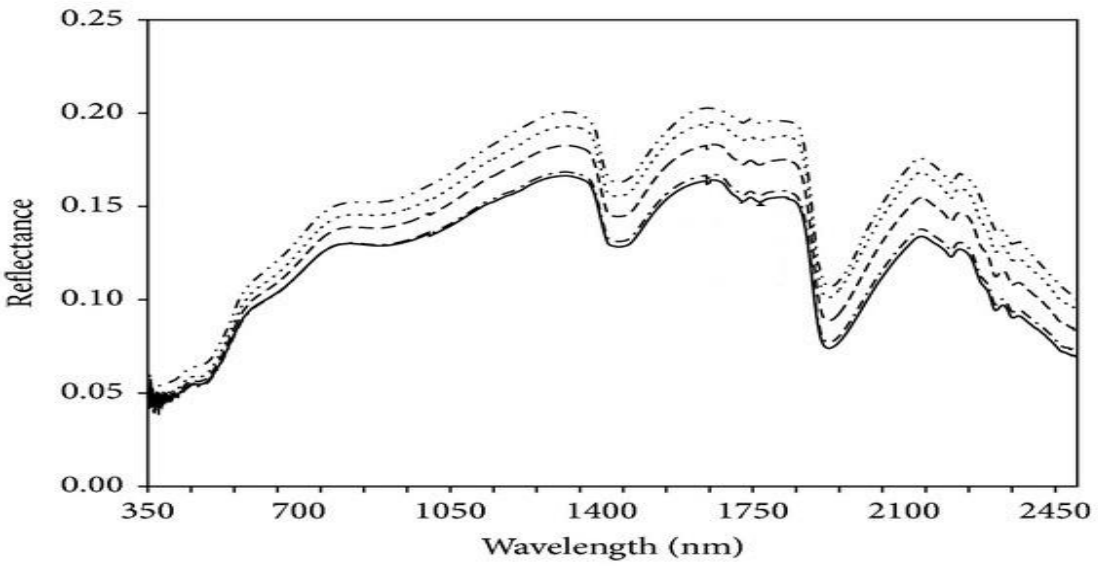
شماره نمونه ها	مختصات جغرافیایی نمونه ها	میزان کربن الی مرحله اول	میزان کربن الی مرحله دوم	میزان کربن الی مرحله سوم	میزان کربن الی مرحله چهارم	میزان کربن الی مرحله پنجم
۱	38 S 727490 4376606	۱/۲۱	۱/۲۸	۱/۲۴	۱/۲۶	۱/۱۸
۲	38 S 727523 4377180	۱/۰۴	۱/۱۱	۱/۰۸	۱/۰۸	۱/۱۱
۳	38 S 727713 4378577	۱/۳۲	۱/۳۱	۱/۲۸	۱/۲۷	۱/۲۱
۴	38 S 727974 4378515	۱/۱۸	۱/۲	۱/۱۵	۱/۱۳	۱/۱
۵	38 S 727368 4370997	۱/۱۴	۱/۱۶	۱/۱۴	۱/۱۱	۱/۰۴
۶	38 s 727398 4370657	۱/۳۲	۱/۳۵	۱/۳۴	۱/۳۱	۱/۲۱
۷	38 S 728235 4379345	۱/۴۴	۱/۴۵	۱/۳۹	۱/۲۹	۱/۱۴
۸	38 S 728163 4380522	۱/۰۴	۱/۰۸	۱/۰۸	۱/۱۱	۱/۱۸
۹	38 S 729241 4381212	۱/۱۶	۱/۱۶	۱/۱۹	۱/۱۷	۱/۱۹
۱۰	38 S 728729 4382122	۱/۱۸	۱/۲	۱/۱۶	۱/۱۴	۱/۱۲
۱۱	38 S 730308 4376847	۱/۳۴	۱/۲۹	۱/۲۹	۱/۲۱	۱/۲۵
۱۲	38 S 730265 4378910	۱/۱۲	۱/۱۱	۱/۱۴	۱/۱	۱/۱۴
۱۳	38 S 730031 4379592	۱/۱۶	۱/۱۸	۱/۲۱	۱/۱۸	۱/۲۱
۱۴	38 S 731435 4381640	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۱۶	۱/۱۱	۱/۲۱
۱۵	38 S 729620 4381197	۱/۱۶	۱/۱۳	۱/۲۱	۱/۱۷	۱/۱۹
۱۶	38 S 732335 4377425	۱/۹۲	۱/۹۶	۱/۸۷	۱/۷۵	۱/۸۷
۱۷	38 S 731922 4377368	۱/۳۲	۱/۲۸	۱/۳۰	۱/۲۱	۱/۲۳

۱۸	38 S 732874 4377646	۱	۱/۰۴	۱/۰۸	۱/۰۴	۱/۱
۱۹	38 S 732389 4378356	۱/۲۴	۱/۲۸	۱/۳۲	۱/۲۷	۱/۳۱
۲۰	38 S 731858 4380195	۱/۲۴	۱/۳۷	۱/۲۷	۱/۲۱	۱/۲۲
۲۱	38 S 732837 4379840	۱/۳۲	۱/۳۵	۱/۲۷	۱/۲۴	۱/۲۶
۲۲	38 S 734393 4379763	۱/۳۶	۱/۳۷	۱/۳۲	۱/۲۹	۱/۳۲
۲۳	38 S 736157 4380685	۱/۲	۱/۲۱	۱/۲۴	۱/۲	۱/۲۴
۲۴	38 S 733955 4380529	۱/۲۱	۱/۲۲	۱/۲۴	۱/۱۴	۱/۱۸
۲۵	38 S 734087 4381773	۱/۴۲	۱/۴۷	۱/۳۴	۱/۳	۱/۲۱
۲۶	38 S 736628 4380663	۱/۴۴	۱/۲۸	۱/۲۲	۱/۲۱	۱/۲۶
۲۷	38 S 738531 4382171	۱/۲۲	۱/۲۴	۱/۲	۱/۱۴	۱/۱۸
۲۸	38 S 737231 4381245	۱/۴۲	۱/۳۸	۱/۳۴	۱/۲۴	۱/۳۱
۲۹	38 S 733955 4380545	۱/۳۲	۱/۲۴	۱/۲۱	۱/۱۷	۱/۲۱
۳۰	38 S 729620 4381209	۱/۲۱	۱/۲۲	۱/۱۷	۱/۱۴	۱/۱۶

جدول ۱ بیانگر میزان کربن آلی خاک در مراحل مختلف نمونه برداری خاک می‌باشد. بررسی میزان کربن آلی خاک در مراحل مختلف نمونه برداری نشان می دهد که میزان کربن آلی خاکی در طی مرحله رشد گیاه با تغییرات اندکی همراه می‌باشد.

نتایج و بحث

شکل ۲ نشان دهنده طیف بازتابی نمونه خاک یکی از مزارع در پنج مرحله نمونه برداری می باشد.در این شکل طیف مرحله اول بصورت خط توپر و بقیه مراحل بصورت خط چین نشان داده شده است. همانگونه که از تصویر مشخص هست بازتاب خاک عمدتا در محدوده مرئی پایین و در محدوده فروسرخ بالا میباشد. تغییر در میزان بازتاب عمدتا می‌تواند ناشی از تغییرات در تغییر نسبت اکسدهای اهن و الومنیوم و نسبت اجزای کربن آلی خاک که بصورت مستقیم طیف بازتابی خاک را تحت تاثیر قرار می دهند باشد.



شکل ۲) نمای طیفی نمونه های خاک یکی از مزارع در پنج مرحله نمونه برداری

همانطور که گفته شد در این مطالعه پیش بینی میزان کربن آلی خاک با استفاده از اعتبارسنجی داخلی است. براین اساس جدول ۲ نشان دهنده میزان همبستگی (R^2) و مجموع مربعات خطا (RMSE) و RPD برای طیفهای خام و مشتق اول در مراحل مختلف رشد با استفاده از دو مدل PLSR و BRT می‌باشد.

جدول ۲- نتایج اعتبارسنجی داخلی براوردهای طیف بینی مرئی-فروسرخ با روش های PLSR و BRT در مراحل مختلف نمونه برداری برای براورد کربن آلی خاک

مراحل نمونه برداری	مدل ها	طیف خام			مشتق اول		
		R^2	RMSE	RPD	R^2	RMSE	RPD
۱	PLSR	۰/۷۷	۲/۸۲	۲/۹۲	۰/۷۸	۳/۱۱	۱/۹۸
۲	PLSR	۰/۷۴	۲/۷۶	۱/۹۸	۰/۷۶	۲/۹۸	۱/۰۳۸۶
۳	PLSR	۰/۷۵	۲/۹۱	۲/۰۱	۰/۷۴	۲/۸۷	۱/۹۵
۴	PLSR	۰/۷۲	۲/۸۱	۱/۸۷	۰/۷۶	۳/۰۶	۱/۷۵
۵	PLSR	۰/۷۳	۲/۶۵	۱/۹۵	۰/۷۵	۲/۷۶	۱/۸۲
۱	BRT	۰/۶۵	۳/۰۲	۱/۶۸	۰/۶۷	۳/۰۳	۱/۵۱
۲	BRT	۰/۶۳	۲/۹۵	۱/۵۹	۰/۶۴	۲/۸۱	۱/۴۸
۳	BRT	۰/۶۴	۲/۸۷	۱/۷۱	۰/۶۵	۲/۹۱	۱/۶۱
۴	BRT	۰/۶۱	۳/۲۱	۱/۶۵	۰/۶۳	۳/۱۸	۱/۵۸
۵	BRT	۰/۶۳	۲/۸۰	۱/۹۱	۰/۶۲	۲/۵۶	۱/۷۱

بررسی نتایج همبستگی بین میزان کربن آلی خاک با نمونه های طیفی خاک نشان دهنده رابطه مثبت و معنی دار بین میزان این ترکیب و نمونه های طیفی در هر دو مدا PLSR و BRT است. و این مدلها کارایی بالایی از خود برای پیش بینی و براورد این ترکیبات از داده های طیفی از خود نشان می دهند بطوریکه در مرحله قبل از کشت در مدل PLSR در نمونه های طیفی مشتق اول مدل با ضریب همبستگی ۰/۷۸ و میزان RPD=1.98 از توانایی بالایی در براورد میزان کربن الی خاک برخوردار است. در سایر مراحل نمونه براری نیز توانایی مدل PLSR نسبت به مدل BRT بالا بوده و بین داده های آماری طیف خام و مشتق اول تفاوت معنی دار مشاهده نشد، و نتایج هر دو تقریبا مشابه هم می باشند. مطالعات محتلفی در این زمینه انجام شده است که از ان جمله میتوان به نتایج مطالعات stiowart و همکاران (۲۰۱۲) اشاره کرد ، نتایج این مطالعه نشان داد که مدل PLSR در براورد میزان کربن آلی و رس خاک نسبت به مدل BRT از کارایی بالایی برخوردار بوده و توانایی مدل PLSR در براورد کربن آلی خاک بیشتر از براورد میزان رس خاک است. اما در مقابل نتایج مطالعات حسنی و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد که توانایی مدل BRT نسبت به مدل PLSR در براورد مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک بیشتر از مدل PLSR بود ولی با این وجود تفاوت بین براورد این مدلها معنی دار نبود.

با توجه به تغییرپذیری خصوصیات خاک از لحاظ مکانی و زمانی و پرهزینه بودن و وقت گیر بودن روشهای آزمایشگاهی استفاده از روش طیف سنجی مرئی و فروسرخ به عنوان یک روش جایگزین می تواند نقش موثری در براورد میزان عناصر غذایی خاک و سایر مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در مراحل مختلف رشد بمنظور مدیریت مناسب و افزایش راندمان تولید محصولات کشاورزی داشته باشد.

منابع

بابائیان، ا. و جلالی، و. ۱۳۹۵. براورد مقدار کربن آلی خاک با استفاده از داده های ابرطیفی در گستره VIS-VIR-SWIR. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدارو جلد ۶، شماره ۲، صفحه های: ۶۵-۸۲.

حسنی، ا. بهرامی، ح. نوروزی، ع. و اوستان، ش. ۱۳۹۳. استفاده از روش طیف سنجی بازتابی مرئی –فروسرخ در براورد برخی از ویژگی های خاک در خاکهای گچی و اهکی. نشریه علمی پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۶، شماره ۲، صفحه های: ۱۲۵-۱۳۸.

Shepherd, K.D., and Walsh, M.G. 2007. Infrared spectroscopy-enabling an evidence based diagnostic surveillance approach to agricultural and environmental management in developing countries. J. Near Inf. Spect. 15: 1. 1-19.

Tian, Y., Zhang, J., Yao, X., Cao, W., and Zhu, Y. 2013. Laboratory assessment of three quantitative methods for estimating the organic matter content of soils in China based on visible/near-infrared reflectance spectra. Geoderma. 202-203: 161-170.

Stenberg, B., R.A. Viscarra Rossel, A.M. Mouazen and J. Wetterlind. 2010. Visible and nearin frared spectroscopy in soil science. Advances in Agronomy, 107: 163-215.

Wold, S., M. Sjostrom and L. Eriksson. 2001. PLS-regression: a basic tool of chemometrics. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 58: 109–130.

Vulcan Bilgili, A., H.M. Van Es, F. Akbas, A. Durak and W.D. Hively. 2010. Visible nearinfrared reflectance spectroscopy for assessment of soil properties in a semi-arid area of Turkey. Journal of Arid Environments, 74: 229–238.

Estimation of soil organic carbon at different growth stages of the plant with the use of reflective spectrum modeling (case study: moghan agro-industry)

H. R. Matinfar and V. Sarvi Moghanlo,
Ph.D student and associated professor, Department of Soil Science, Lorestan University

Abstract

Soil organic matter is one of the most important physical and chemical properties of soil, which plays an important role in improving soil structure and increase its ability to absorb nutrients. The aim of this study is to provide a good approximation for estimating soil organic carbon Moghan area at different growth stages for proper management of soil using regression methods Partial Least Squares (PLSR) and regression tree (BRT) in validated internally. Therefore, in order to select the farm after 30 prepared for the cultivation of corn in five stages of sampling, and farms in addition to measuring the specifications of the application physic-chemical using the standard method, the sample is air-dry by fieldspect spectroscopy devices. The results of the data processing showed that the results achieved and the accuracy of the correlation coefficient assessment of raw brown spectrums and models on the first derivative in any similar BRT PLSR dorsh, and the accuracy of the model is the model most of the BRT PLSR. It is also the best stage for estimation of soil organic carbon using PLSR on stage before the cultivation with R2 = RMSE =. 78 O, 3.11 and PRD = 1.98 fitted.

Keywords: PLSR, spectroscopy, organic carbon, BRT