

أثر محتوى بعض ترب حوض مسكنة من الجيبس وكربونات الكالسيوم في قيم الانعكاسية الطيفية

الدكتور محمد حسام بهلوان*

الدكتور أحمد نعناع*

تاريخ الإيداع 11 / 11 / 2008. قبل للنشر في 2009/6/30

□ ملخص □

تهدف هذه الدراسة إلى معرفة تأثير محتوى التربة من الجيبس وكربونات الكالسيوم على قيم الانعكاسية الطيفية Spectral Reflectance (SR) للتربة الممتدة بين مسكنة غرب ومسكنة شرق، وقد أظهرت بيانات الانعكاسية الطيفية للتربة الصناعية التركيب التي تم تقديرها مخبرياً باستخدام جهاز الراديو متر FieldSpecPro تزايد قيم الانعكاسية (SR) مع ارتفاع محتوى التربة من كربونات الكالسيوم والجيبس، وأظهرت بيانات الانعكاسية الطيفية للتربة الطبيعية نفس السلوك بالنسبة لمحتواها من كربونات الكالسيوم والجيبس إذ سجلت أكبر كمية من الانعكاس (SR) في التربة الجيبسية الممتدة لترب مسكنة شرق (نسبة الجيبس حوالي 51 %)، وبشكل عام كان الانعكاس الطيفي للتربة يزداد بدءاً من المجال المرئي للطيف الكهرومغناطيسي (350-750 نانومتر) وصولاً إلى مجال الأشعة تحت الحمراء القريبة (1250-1750 نانومتر)، باستثناء عينات التربة الحاوية على نسب مرتفعة من الجيبس ($< 20\%$)، حيث تمتلك منحنى طيفي مختلف، يلاحظ فيه وجود انزياح shift واضح في قيم الانعكاسية الطيفية ضمن المجال (1250-1750 نانومتر)، وانزياح آخر ضمن المجال (1950-2050 نانومتر)، وهذا يعزى إلى وجود أحزمة امتصاص الماء Water absorption bands (عند 1450 - 1950 نانومتر)، بينما نجد أن هذا الانزياح في الانعكاسية الطيفية ضمن المجالين المذكورين كان أقل وضوحاً في التربة ذات المحتوى العالي من كربونات الكالسيوم.

الكلمات المفتاحية: الانعكاس الطيفي - التربة الجيبسية والتربة الكلسية - ترب حوض مسكنة - الراديو متر - منحنى الطيف.

*أستاذ مساعد - قسم علوم التربة - كلية الزراعة - جامعة حلب - حلب - سورية.

The Effect of Gypsum and Calcium Carbonate Content in Some of Maskana Basin Soils on Spectral Reflectance Values

Dr. Mohamed Hossam Bahlwan*
Dr. Ahmed Nanaa *

(Received 11 / 11 / 2008. Accepted 30/6/2009)

□ ABSTRACT □

The aim of this study is to identify the effect of gypsum and calcium carbonate content on spectral reflectance (SR) in Arid Regions soils (West Maskana and East Maskana). The data of (SR), determined using Spectroradiometer (FieldSpecPro), showed that spectral reflectance of studied soils (artificial and natural soils) increased from visible light (350 - 750 nm) to Near infrared NIR (1250 - 1750 nm), with an exception of soil samples of high gypsum content (> 20 %) ; these have a different spectral curve. The spectral curve of gypsiferous soils have a clear shift in (SR) values between (1250 - 1750 nm) and another shift between (1950 - 2050 nm) due to water absorption bands at (1450 and 1950 nm), while these shifts were less visible in soils of high calcium carbonate content.

Key words: Spectral Reflectance (SR), Gypsiferous soils & Calcareous Soils, Maskana Basin soils, Spectral Curve, Spectroradiometer.

* Associate Professor, Department of Soil and Land Reclamation, Faculty of Agriculture, Aleppo University, Aleppo, Syria.

مقدمة:

إن القدرة الانعكاسية أو الامتصاصية أو التبعثرية للأوساط والسطوح الطبيعية تتعلق بنوعية المادة وطول الموجة، ولذلك فإن سطح الصخور أو الترب أو النباتات المغطية لها أو غيرها من الموارد الطبيعية تملك الخصائص المادية التي تميز صفاتها الطيفية، وقد ذكر (رقية، 2005) إن أول من اهتم بدراسة الخصائص الطيفية للصخور المتكشفة، وقدر أهميتها في تفسير الصور الفضائية كان الباحثان راي وفيشر عام 1960 اللذان بحثا في الأطوال الموجية التي تكون فيها القدرة الانعكاسية لأنواع صخرية محددة على درجة عالية من الاختلاف، ودرسا في ذلك أربعة أنواع صخرية مختلفة (حجر رملي بني فاتح - حجر كلسي رمادي - غضار أحمر - حجر رملي رمادي) وحددا كيفية تغير القدرة الانعكاسية لهذه الصخور مع تغير طول الموجة ضمن المجال المرئي، وتم رسم المنحنى البياني الذي يمثل الشدة الانعكاسية لهذه الصخور.

لقد نشر (Clark, 1999) عدد هائل من الانعكاسات الطيفية للأشعة تحت الحمراء لمعادن مختلفة، والتي تضمنت العديد من المعادن الشائعة الوجود في الترب، وفي الواقع يعتمد الانعكاس من المواد المعدنية على التذبذب الجزئي لروابط الجزيئات الموجودة بالقرب من سطح تلك المواد، والمدى الطيفي الأمثل للاستخدام والكشف والتعرف على المعادن المختلفة هو في المجال (4 - 8 ميكرومتر)، وذلك لأن الذبذبة الأساسية للروابط بين ذرات السليكون والأكسجين Si - O تحدث في هذا المجال، ولقد استخدم (Hovis, 1966) المجال الطيفي للأشعة تحت الحمراء في التعرف على المعادن، وأكد أن الانعكاس الطيفي للأشعة تحت الحمراء لمعادن الكربونات والكبريتات والنترات وعائلة السيليكات تظهر أنماط نطاقية لامتصاص الطيفي والتي يمكن الكشف عنها بالمستشعرات Sensors الخاصة بأجهزة الاستشعار عن بعد، ولقد قام أحد الباحثين الأوائل في هذا المجال (da costa, 1979) بتلخيص نتائج العديد من الباحثين الذين تعاملوا مع السمات الضوئية لبعض المعادن الشائعة في مجال الطيف المرئي - والأشعة تحت الحمراء القريبة، ولقد كشف الباحث المذكور في تقريره أن العديد من المعادن كالكوارتز والفلسبارت ليس لها استجابة طيفية، بينما معادن أخرى مثل الجيبسيت والموسكوفيت أظهرت استجابة طيفية، قد ترجع أساساً إلى تأثيرات مجموعات الهيدروكسيل والأكاسيد وهيدروكسيدات الحديد والألمنيوم والتيتانيوم، و تعتبر هذه المعادن مهمة في دراسات علوم التربة بشكل عام.

لقد أوضح (Johannsen and Barney, 1976) أن أكثر العوامل الهامة المؤثرة في خصائص التربة وبالتالي على لونها هي المكونات المعدنية والكيميائية ورطوبة التربة وبناء التربة وحجم الحبيبات والمحتوى من المادة العضوية، وقد توصلت الدراسات الخاصة بتأثير المحتوى المعدني للتربة على انعكاس الموجات الكهرومغناطيسية إلى تحديد البصمات الطيفية للصخور والتربة من خلال مرشحات طيفية مختلفة وبمقارنة انعكاسات التربة موضع الدراسة بمنحنيات قياسية قد يمكن من تحديد العديد من خصائصها البيولوجية، وفي دراسات تمت في هذا المجال وجد أن هناك بعض المعادن التي يسود في تركيبها الكيميائي أيونات الحديدوز والحديدك تظهر استجابة عالية في مدى الأشعة الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي وهذه المعادن تشمل معادن الليمونيت والروتيل والهيماتيت والجيوتيت، وقد وجد (Obukhov and Orlove, 1964) أن الترب والآفاق ذات المحتوى العالي من مركبات الحديد سهلة التمييز بوساطة خصائص الانعكاس لأكسيد الحديدك باستخدام أجهزة القياس الطيفي إذ تكون كثافة الانعكاس في المجال من 0.50 إلى 0.64 ميكرومتر متناسبة عكسياً مع محتوى التربة من مركبات الحديد.

أما فيما يتعلق بمحتوى التربة من الجيبس Gypsum ومعادن الكالسيت Calcite والدولوميت Dolomite وعلاقتها بالانعكاسية الطيفية Spectral Reflectance (SR) فالدراسات تكاد تكون قليلة في هذا المجال، إلا أن المراجع قد أكدت على أنه إذا كان الماء موجود في أطراف المعادن كما هو الحال في الجيبس فإنه يظهر حقلين استجابة مميزين ويكونان عند المدى (1.4 - 1.9 ميكرومتر) على الترتيب، وهناك عدة استجابات للأطوال الموجية تكون مميزة للكربونات وهي: 2.0 - 2.16 - 2.35 - 2.55 ميكرومتر، ولقد أشار (Baure et al., 1979) بأن التركيب المعدني للتربة يؤثر في انعكاسية التربة بطرق مختلفة، إذ إن الترب ذات التركيب المعدني الجيبسي تعكس بقوة الطيف الكهرومغناطيسي، وذلك بسبب خواص الانعكاس الأصلية الموجودة في البلورات المعدنية للجيبس، ومن ناحية ثانية، فإن الترب التي يسود فيها معدن المونتموريللونيت، غالباً ما تكون مصحوبة بمستويات عالية من المادة العضوية، وبالتالي تظهر هذه الترب انعكاس ضعيف يمكن تفسيره بوجود هذا المحتوى العالي من المادة العضوية، وفيما يتعلق بمعادن الطين فقد أكدت الدراسات أن معادن الطين مثل المونتموريللونيت التي تمتص جزيئات الماء تؤثر على امتصاص الطاقة الضوئية مما يؤثر في كمية الضوء المنعكس، وبذلك تظهر الأغشية المائية بعض الخواص الطيفية المميزة.

في بدايات القرن الحالي نشرت العديد من الأبحاث المتعلقة بالبصمة الطيفية لعديد من الترب، ومن ثم تم ربطها مع خواصها الفيزيائية والكيميائية كالأعمال التي قدمها كل من (Shepherd & Walsh, 2002) في تطوير مكتبات Libraries الانعكاسية الطيفية لدراسة بعض خصائص التربة مثل الكالسيوم القابل للتبادل والسعة التبادلية الكاتيونية الفعالة (ECEC) ومحتوى التربة من الطين والرمل والكربون العضوي، وفي دراسة أخرى أجريت في كاليفورنيا توصل (Eshel et al., 2004) إلى أن الترب الطينية المتقشرة crusted soils تملك خصائص انعكاسية طيفية مغايرة تماماً للترب غير المتقشرة Noncrusted soils، واستنتجوا أن معادن السمكيت السائدة في الترب الطينية تلعب دوراً هاماً في التمييز بين الترب المتقشرة والترب غير المتقشرة.

قدم (Nanni and Dematte, 2006) بحثاً حول الانعكاسية الطيفية كطريقة سريعة وغير مكلفة بالمقارنة مع طرائق تحليل التربة التقليدية، وتوصلاً إلى أن استخدام طرائق تحليل التربة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد سواءً التقنيات الأرضية كالراديومتر المحمول أو تقانات الأقمار الصناعية، يمكن أن تكون خياراً منطقياً في العديد من الحالات التي تتطلب تحاليل مخبرية روتينية قد تأخذ وقتاً طويلاً وجهداً مالياً، والتي تعد أكثر كلفة من استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في الحصول على البيانات.

أهمية البحث وأهدافه:

تهدف هذه الدراسة إلى أظهار أهمية استخدام التقانات الأرضية في الاستشعار عن بعد، وخاصةً القياسات الراديومترية للتعرف على خصائص منحنيات الانعكاس الطيفي للترب من خلال ما يأتي:

- 1- معرفة تأثير محتوى التربة من الجيبس وكربونات الكالسيوم على قيم الانعكاسية الطيفية (SR) لهذه الترب والعلاقات القائمة بينهما، ومقارنة شكل منحنى الانعكاس الطيفي للترب الجيبسية والترب الكلسية.
- 2- تقدير الانعكاسية الطيفية Spectral Reflectance (SR) باستخدام الراديومتر Radiometer لبعض الترب الممتدة بين مسكنة غرب ومسكنة شرق للتمييز بين الترب الجيبسية gypsiferous soils والترب الكلسية Calcareous soils كتقنية سريعة وغير مكلفة بالمقارنة مع طرائق تحليل التربة التقليدية.

طرائق البحث ومواده:

وفقاً للاختلافات المورفولوجية التي تم مشاهدتها في الجولة الحقلية أخذت عينات تربة ماثرة **disturbed soil samples** من ست مناطق هي: مسكنة غرب (دير حافر) - مسكنة غرب (المشيرة) - مسكنة غرب (تل حسان) - مسكنة شرق (محطة إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي) - مسكنة شرق (المفتاحية) ، ترب مستبعدة زراعياً) - مسكنة شرق (المفتاحية ، ترب مزروعة)، وعينة للمقارنة أخذت من منطقة الاستقرار الثانية (كفرنبل) والتي تمثل طابق بيومناخي نصف جاف.

تم تجفيف العينات هوائياً على درجة حرارة المخبر، ثم تم طحنها ونخلها بمنخل أقطار فتحاته 2 مم، وتمت تعبئة العينات في أكياس من البولي إيثيلين لإجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية وتقدير قيم الانعكاسية الطيفية للترب المدروسة، حيث تم إجراء التحاليل الآتية:

- التحليل الميكانيكي (التوزيع الحجمي لدقائق التربة- Particle size distribution)، باستخدام هكساميتافوسفات الصوديوم كمادة مفرقة مع الرج الميكانيكي وتمت عملية القياس بطريقة الهيدرومتر حسب (Klute, 1986) وتم تحديد القوام وفق مثلث القوام الأمريكي.

- تقدير محتوى الرطوبة الأيجروسكوبية بتسخين عينات التربة الجافة هوائياً عند درجة الحرارة 105° م .
- تقدير التوصيل الكهربائي لعينات التربة في مستخلص Extract (1:2.5) وذلك عند درجة الحرارة 25° م.
- تقدير الـ pH في معلق الترب (1:2.5) باستخدام الكترود من الزجاج (Richards, 1954).
- تقدير محتوى الترب من كربونات الكالسيوم باستخدام الكالسيومتر Calcimeter (Hesse, 1971).
- تقدير محتوى الترب من الجيبس $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ في عينات التربة المدروسة باستخدام طريقة الترسيب بالأسيتون بعد تحضير مستخلصات مائية بنسب (1:50) و (1:100) (Page, 1982).
- تحديد لون التربة في الحالة الجافة باستخدام دليل مانسيل Munsell color.

تقدير الانعكاسية الطيفية Spectral Reflectance (SR) لعينات الترب المدروسة:

لمعرفة تأثير الجيبس وكربونات الكالسيوم على قيم الانعكاسية الطيفية تم تحضير عينات ترابية قياسية Standard تحتوي على نسب متزايدة من الجيبس وكربونات الكالسيوم (0% ، 5% ، 10% ، 20% ، 30%)، وتمت القياسات الراديومترية باستخدام جهاز الراديومتر الحقلية المحمول Spectroradiometer - FieldSpecPro في الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، وبناءً على ذلك تمت القراءات الراديومترية لعينات الترب المدروسة على النحو الآتي:

- 1- تم تسجيل الانعكاسات الطيفية لعينات الترب المدروسة، وعينات التربة القياسية كافة تحت أشعة الشمس الساعة الثانية عشرة ظهراً بتاريخ 2008/3/12، وذلك بواقع 3 قراءات للعينة الواحدة.
- 2- تم تسجيل الانعكاسات الطيفية ضمن حزم طيفية تمتد من 350 - 2250 نانومتر، بصورة تشمل المجال الطيف المرئي Visible light، والطيف الخاص بالأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) Near Infrared، وبعض من المجال الخاص بالأشعة تحت الحمراء المتوسطة (MIR) Middle Infrared.
- 3- تم وضع مجس الاستشعار Sensor على ارتفاع 20 سم من سطح عينة التربة.

4- قبل تسجيل القراءات الراديومترية لعينات الترب المدروسة تمت معايرة الجهاز باستخدام لوح المعايرة White

.board

النتائج والمناقشة:

في الواقع عند دراسة الانعكاسية الطيفية (SR) Spectral Reflectance كخاصية من الخصائص التي تتميز بها الترب، وجد أن التربة الجافة تأخذ سلوكاً انعكاسياً أقل تعقيداً من ذلك الذي يتخذه النبات، إذ تزداد درجة الانعكاس للتربة مع زيادة الطول الموجي. وهناك العديد من العوامل التي تحدد مقدار الانعكاس من سطح مادة التربة مثل: قوام وبناء التربة وخشونة السطح ومحتوى التربة المعدني من أكاسيد الحديد وغيرها من المكونات المعدنية مثل: الجيبس وكربونات الكالسيوم، فضلاً عن محتوى التربة من الرطوبة ومن المادة العضوية.

يبين الجدول رقم (1) التوزيع الحجمي لحبيبات الترب المدروسة، ويظهر بوضوح أن قوام الترب المدروسة يتراوح بين القوام السلتي اللومي Silt loam في معظم عينات التربة التي شملتها هذه الدراسة إلى القوام الرمل اللومي Sandy loam، وأوضحت البيانات أن الترب الطينية تكاد تكون غائبة في ترب منطقة الدراسة باستثناء العينة رقم (5) الممثلة للطبقة تحت السطحية في الموقع الأول من ترب مسكنة غرب المستبعدة خارج الترب الزراعية، وبالمقابل كانت نسبة الرمل في الترب المدروسة مرتفعة في معظم العينات المدروسة إذ وصلت في بعض المواقع إلى أكثر من 50 % . كما يبين الجدول رقم (1) الخصائص اللونية للترب المدروسة، وكما هو معروف يتحدد اللون أساساً في التربة بوجود بعض المواد والمكونات السائدة كالمادة العضوية وأكاسيد الحديد السداسية وبعض أنواع معادن الطين ونسبة بعض المعادن الأولية في التربة مثل الكوارتز ووجود الجيبس $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ في الترب الجيبسية والكلوريدات في الترب المتأثرة بالأملاح، وكذلك ارتفاع محتوى التربة من كربونات الكالسيوم كما هو الحال في الترب الكلسية، وكما هو واضح من الجدول رقم (1) أن قيم اللون (Hue) للترب المدروسة تقع في الصفحات 5 YR – 7.5 YR – 10YR وهي دليل على اختلاف مكونات الترب المدروسة وتباين خواصها.

يوضح الجدول رقم (2) التباين الكبير في قيم الماء الإيجروسكوبي للترب المدروسة، إذ تراوحت بين 3.84% في العينة رقم 21 الممثلة لتربة كلسية سطحية مأخوذة من شمال المفتاحية، و 22.85% في العينة رقم 20 الممثلة للطبقة 60 – 80 سم المأخوذة من الترب الجيبسية المستبعدة في شرق المفتاحية، وهذا يتماشى مع محتوى الترب من الجيبس إذ كان 2.49% و 48.16% على الترتيب. وكما هو معروف يؤثر قوام التربة وخاصة ارتفاع نسبة الطين في كثير من خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية، وبصورة خاصة في محتوى التربة الرطوبي حيث يتضح من البيانات في الجدولين (1 و 2) ازدياد نسبة الماء الإيجروسكوبي مع ازدياد نسبة الطين، ويؤثر أيضاً محتوى التربة من معدن الجيبس $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ Gypsum في المحتوى الرطوبي للتربة عند مستوى الماء الإيجروسكوبي.

فيما يتعلق بالمكونات السائدة في ترب المناطق الجافة، فقد أكدت معظم المراجع أن هذه الترب تمتاز عادةً بمحتوى ملموس من كربونات الكالسيوم، وغالباً ما يصادف الجيبس Gypsum على أعماق مختلفة في المقطع الترابي، كما وتتجمع الأملاح وتتراكم ضمن الآفاق المختلفة للمقطع الترابي، كنتيجة لغياب الغسيل، وإن المحتوى العالي من $CaCO_3$ في الترب الكلسية calcareous soils يفرض على هذه الترب بعض الخصائص التي تميزها عن غيرها من الترب، مما يستوجب إدارة خاصة لمثل هذا النوع من الترب. وكذلك بالنسبة للترب الجيبسية

Gypsiferous Soils التي تملك خصائص غير تقليدية بالمقارنة مع الترب الأخرى، وهذا يتطلب إجراءات معينة لاستثمارها زراعياً.

الجدول رقم (1) - يبين القوام والخصائص اللونية للترب المدروسة

Sample No. رقم العينة	Depth (cm) العمق	Hue, Value , Chroma	Color لون التربة	Texture Classes قوام التربة
ترب مسكنة غرب - دير حافر - ترب كلسية				
1	0 - 30 ⁽¹⁾	10 YR 5/2	Grayish brown	Silt loam
2	0 - 30 ⁽²⁾	10YR 6/4	Light yellowish brown	Silt loam
3	0 - 30 ⁽³⁾	10YR 5/4	Yellowish brown	Silt loam
ترب مسكنة غرب - المشيرفة (ترب غير مزروعة ، مستبعدة)				
4	0 - 30 ⁽¹⁾	7.5 YR 7/4	Pink	Sandy clay*
5	30 - 60 ⁽¹⁾	10 YR 8/2	White	Clay*
6	0 - 30 ⁽²⁾	10 YR 8/2	White	Sandy clay*
ترب مسكنة غرب - المشيرفة - (حقل رقم 64 مزروع شوندر سكري)				
7	0 - 35 ⁽¹⁾	7.5 YR 5/4	brown	Silt loam
8	35 - 50 ⁽¹⁾	10 YR 7/4	Very pale brown	Silt loam
9	0 - 35 ⁽²⁾	10 YR 5/3	Brown	Silt loam
10	35 - 50 ⁽²⁾	10 YR 6/4	Light yellowish brown	Silt loam
ترب مسكنة غرب - تل حسان - (حقل رقم 58 مزروع ذرة صفراء)				
11	0 - 30	7.5 YR 5/4	Brown	Loam
12	30 - 60	10 YR 6/4	Light yellowish brown	Loam
ترب مسكنة شرق - (محطة إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي)				
13	0 - 30 ⁽¹⁾	5 YR 5/4	Reddish brown	Silt loam
14	30 - 60 ⁽¹⁾	7.5 YR 5/4	Brown	Silt loam
15	0 - 30 ⁽²⁾	7.5 YR 6/4	Light brown	Silt loam
16	30 - 60 ⁽²⁾	5 YR 6/4	Light reddish brown	Silt loam
ترب مسكنة شرق - المفتاحية - (أرض مستبعدة غير مزروعة)				
17	0 - 30 ⁽¹⁾	7.5 YR 8/4	Pink	Sandy clay*
18	0 - 30 ⁽²⁾	7.5 YR 7/4	Pink	Sandy clay loam*
19	30 - 60 ⁽²⁾	10 YR 8/2	White	Sandy clay loam*
20	60 - 80 ⁽²⁾	10 YR 8/4	Very pale brown	Sandy clay loam*
ترب مسكنة شرق - المفتاحية - (أراضي كلسية)				
21	0 - 30 ⁽¹⁾	7.5 YR 6/4	Light brown	Clay loam
22	0 - 30 ⁽²⁾	7.5 YR 4/4	Dark brown	Silt loam
23	30 - 60 ⁽²⁾	7.5 YR 6/4	Light brown	Silt loam
كفرنبل - عينة مقارنة (منطقة الاستقرار الثانية)				
24	0 - 30	5YR	Dark reddish brown	Loam

*: ترب تحتوي على نسب عالية من الجيبس

يبين الجدول رقم (2) الاختلافات الواضحة في محتوى الترب المدروسة من كربونات الكالسيوم حيث وصلت أعلى نسبة من كربونات الكالسيوم إلى أكثر من 45% في الترب المأخوذة من دير حافر (العينة رقم 1)، بينما كانت أقل نسبة من كربونات الكالسيوم في الترب ذات المحتوى العالي من الجيبس والمتمثلة في الترب المأخوذة من مسكنة غرب - المفتاحية، وتحديداً في الطبقة (60-80 سم) من الترب المستبعدة زراعياً بسبب احتوائها على نسب عالية من الجيبس (48.16%)، إذ لم تتجاوز نسبة كربونات الكالسيوم 1%. وبين أعلى قيمة من كربونات الكالسيوم وأدنى قيمة لها تارجحت كمية كربونات الكالسيوم في الترب المدروسة بين ترب غنية المحتوى بكربونات الكالسيوم كما هو الحال في ترب تل حسان من مسكنة غرب (العينات رقم 11 و 12) إذ وصلت كمية كربونات الكالسيوم إلى حوالي 31%، بالمقابل انخفضت كمية كربونات الكالسيوم في الترب التي تحتوي على كميات معنوية من الجيبس (الترب الجيبسية - Gypsiferous soils) كما هو الحال في ترب مسكنة غرب (العينات رقم 6,5,4) ومسكنة شرق (العينات 20,19,18,17) والمستبعدة من الاستثمار الزراعي إذ لم تتجاوز كمية كربونات الكالسيوم فيها 7.0%، ويمكن القول: إن هناك علاقة عكسية بين محتوى الترب من كربونات الكالسيوم ومحتواها من الجيبس، وهذه النتائج التي تم التوصل إليها بخصوص العلاقة بين محتوى الترب من كربونات الكالسيوم ومحتواها من الجيبس تتفق مع ما توصل إليه (Boyadgiev,1974) في دراسته على ترب حوض الفرات.

الجدول رقم (2) - يبين بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب المدروسة

رقم العينة Sample No.	العمق Depth (cm)	الماء الايجروسكوبي % H.W	pH (1:2.5)	EC dS.m ⁻¹	CaCO ₃ %	Gypsum %
ترب مسكنة غرب - دير حافر - ترب كلسية						
1	0 - 30 ⁽¹⁾	6.27	8.19	0.97	45.51	0.50
2	0 - 30 ⁽²⁾	4.82	8.21	0.48	35.98	1.20
3	0 - 30 ⁽³⁾	9.16	8.30	0.44	36.64	1.29
ترب مسكنة غرب - ترب مستبعدة - المشيرفة						
4	0 - 30 ⁽¹⁾	16.82	8.21	2.97	3.63	45.15
5	30 - 60 ⁽¹⁾	18.76	8.45	3.69	4.85	46.27
6	0 - 30 ⁽²⁾	22.10	8.82	7.88	6.20	44.29
ترب مسكنة غرب - المشيرفة - حقل الشوندر						
7	0 - 35 ⁽¹⁾	6.16	7.92	3.20	24.96	5.93
8	35 - 50 ⁽¹⁾	7.30	8.00	3.27	25.45	10.66
9	0 - 35 ⁽²⁾	5.26	7.96	4.21	24.71	12.38
10	35 - 50 ⁽²⁾	6.04	7.94	3.54	23.32	26.49
ترب مسكنة غرب - تل حسان - حقل رقم 58 مزروع ذرة						
11	0 - 30	5.49	7.81	2.65	31.00	29.50
12	30 - 60	5.15	7.84	2.74	31.98	20.81
ترب مسكنة شرق - محطة إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي						
13	0 - 30 ⁽¹⁾	6.72	7.71	11.66	22.34	5.33
14	30 - 60 ⁽¹⁾	9.11	7.80	10.86	22.26	4.30
15	0 - 30 ⁽²⁾	6.38	7.84	5.29	18.38	1.72
16	30 - 60 ⁽²⁾	7.18	7.88	6.87	28.63	3.10
ترب مسكنة شرق - المفتاحية - أرض مستبعدة						
17	0 - 30 ⁽¹⁾	20.48	8.47	6.38	3.34	49.88
18	0 - 30 ⁽²⁾	17.51	8.66	20.35	6.34	45.92
19	30 - 60 ⁽²⁾	22.85	8.77	6.50	1.97	51.60

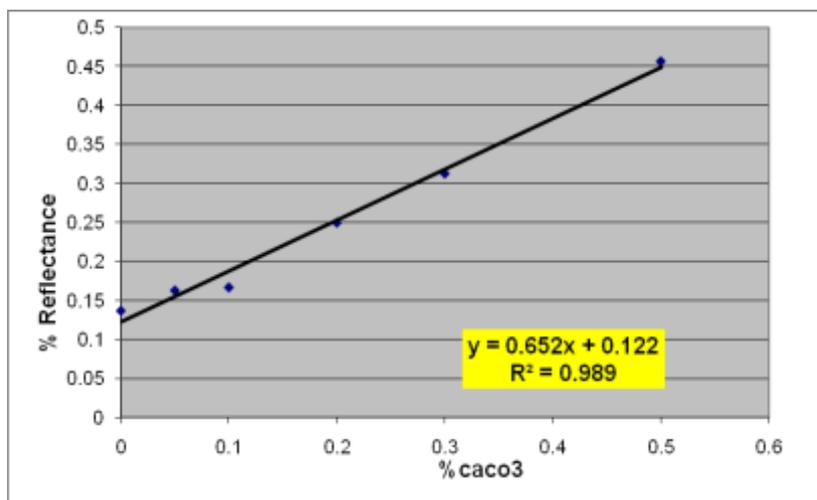
20	60 – 80 ⁽²⁾	21.85	8.44	5.02	0.70	48.16
ترب مسكنة شرق – المفتاحية – شمال المفتاحية						
21	0 – 30 ⁽¹⁾	3.84	7.83	1.34	24.71	2.49
22	0 – 30 ⁽²⁾	4.38	8.06	0.92	22.51	2.06
23	30 – 60 ⁽²⁾	6.72	8.07	0.80	25.12	1.72
كفرنبل – عينة مقارنة						
24	0 – 30	12.23	7.86	0.24	1.00	–

في الواقع، يؤدي وجود كربونات الكالسيوم ذو اللون الأبيض في التربة إلى زيادة الأشعة المنعكسة عن سطح التربة، لذلك تظهر التربة الكلسية بلون أبيض أو فاتح في الصور الفضائية الملونة أو المحضرة باللونين الأبيض والأسود، وذلك لأن كربونات الكالسيوم تعكس كمية متساوية تقريباً من الموجات الإشعاعية المستخدمة كافة في التصوير ضمن المجالين: الطيف المرئي والأشعة تحت الحمراء، وهذا ما أظهرته القياسات الراديومترية التي أجرتها الهيئة العامة للاستشعار عن بعد على ترب كلسية في منطقة وديان الربيع شرق دمشق، وغير كلسية في منطقة الزيداني (لولو، 1991)، فقد أظهرت القراءات الراديومترية أن الترب الكلسية تعكس حوالي 40 – 60 % من الأشعة الساقطة عليها بينما الترب غير الكلسية تعكس فقط 10 – 30 % من الأشعة الساقطة عليها.

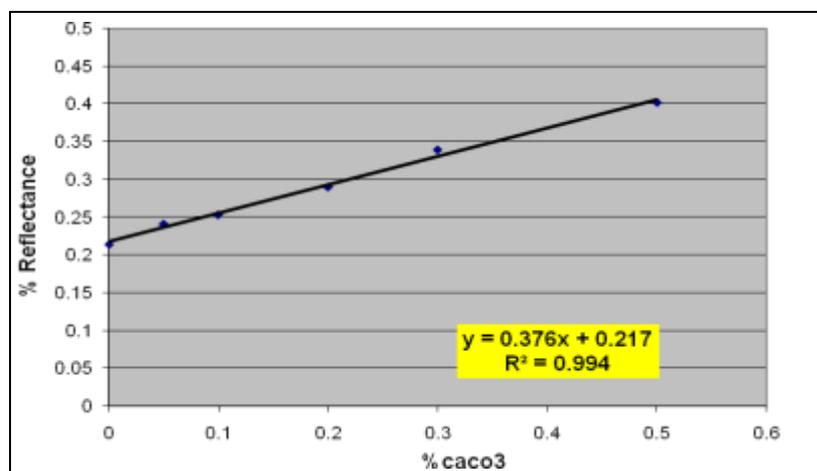
وفيما يتعلق بالانعكاسية الطيفية للترب الجيبسية، فقد وجد ان دور الجيبس في التربة يشابه دور كربونات الكالسيوم، حيث يؤدي ارتفاع نسبة الجيبس في التربة إلى زيادة قيم الانعكاسية الطيفية للترب، ويمكن التمييز بين الترب الكلسية والترب الجيبسية باستخدام الصور الفضائية عن طريق اللون، فالترب الكلسية – غالباً – ما تميل إلى أن تكون بيضاء اللون على الصور الفضائية، أما الترب الجيبسية فإن اللون الأبيض لها على الصور الفضائية غالباً ما يميل إلى اللون الرمادي المزرق، وذلك بسبب وجود الماء في التركيب الكيميائي للجيبس ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

وللتعرف على مدى الاختلاف في شكل منحني الانعكاس الطيفي للترب الكلسية عن منحني الانعكاس الطيفي للترب الجيبسية، كان لا بد من دراسة منحنيات الانعكاس الطيفي لترب صناعية تحتوي على كميات متزايدة (5, 10, 20, 30, 50%) من الجيبس وكربونات الكالسيوم بصورة منفصلة، وقورنت قيم الانعكاسية الطيفية لهذه العينات مع عينة الشاهد (التربة نفسها بدون إضافات)، إذ أوضحت منحنيات الانعكاس الطيفي تزايد قيم الانعكاسية (SR) مع ارتفاع محتوى التربة من كربونات الكالسيوم، وتظهر الأشكال (3, 2, 1) العلاقة بين كمية كربونات الكالسيوم التي تم إضافتها إلى عينة التربة القياسية الصناعية التركيب وقيم الانعكاسية الطيفية في المجالات الطيفية الثلاثة، (المجال المرئي 350–750 نانومتر)، ومجال الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR 750–1250 نانومتر) والمجال (1250–1750 نانومتر)، وتشير الأشكال إلى وجود علاقة ارتباط قوية في المجالات الثلاثة بين قيم الانعكاسية والمستويات المتزايدة من كربونات الكالسيوم حيث كانت قيم معامل الارتباط R^2 : 0.989, 0.994, 0.994 على الترتيب. وهذا يعني في حال تثبيت كل العوامل التي تؤثر على الانعكاسية الطيفية للترب، وتغيير محتواها من كربونات الكالسيوم، فإن كربونات الكالسيوم هي المسؤولة عن تزايد قيم الانعكاسية الطيفية في التربة قولاً واحداً، وبالمقابل كان سلوك الجيبس مشابهاً تماماً لسلوك كربونات الكالسيوم من ناحية ارتفاع قيم الانعكاسية الطيفية (SR) مع تزايد النسب المئوية للجيبس المضاف إلى عينة التربة القياسية الصناعية التركيب، ولكن كانت قيم معامل الارتباط R^2 كانت أقل من نظيراتها في حالة كربونات الكالسيوم حيث كانت 0.974, 0.808, 0.931 في المجالات الثلاثة على الترتيب، كما هو موضح في الأشكال (4, 5, 6)، وهذا يعزى إلى تباين امتصاص

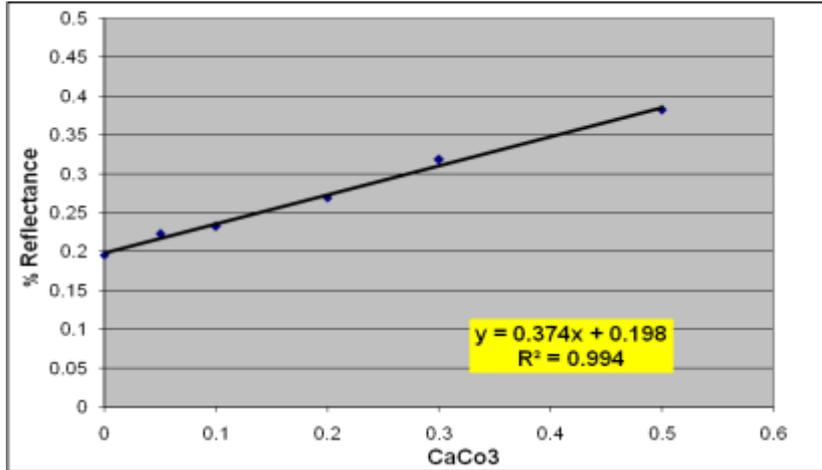
الطاقة في وجود الجيبس وخاصةً في مجال الأشعة تحت الحمراء القريبة (1400-1500 nm) و(1950-2050 nm)، حيث أظهرت العينات القياسية الجيبسية التي تحتوي على نسب عالية من الجيبس (>20%) انخفاضاً واضحاً في الانعكاسية في هذين المجالين، مُمثلاً بظهور انزياحات واضحة تماماً كما في الشكل رقم (7-ج)، وهذا الانخفاض لم يكن ملحوظاً في عينة الشاهد (Blank) شكل رقم (7-أ).



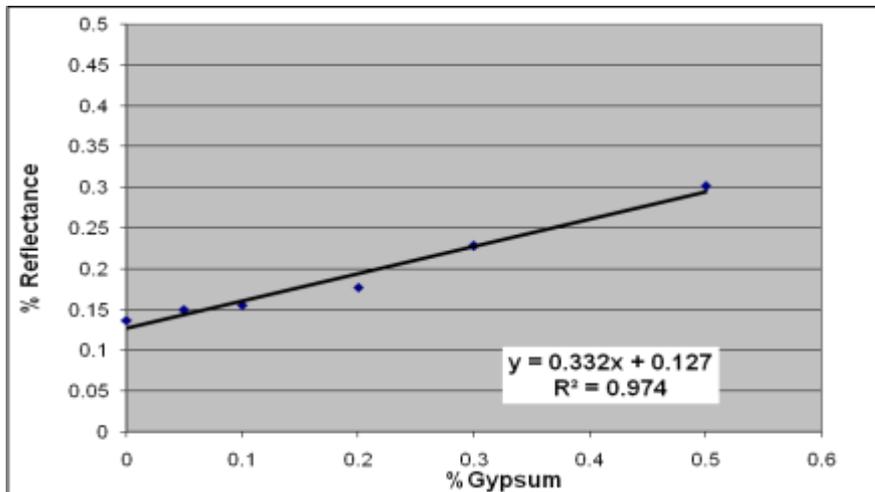
الشكل رقم (1): العلاقة بين %CaCO₃ في العينات القياسية والانعكاسية الطيفية في المجال (350 – 750 nm)



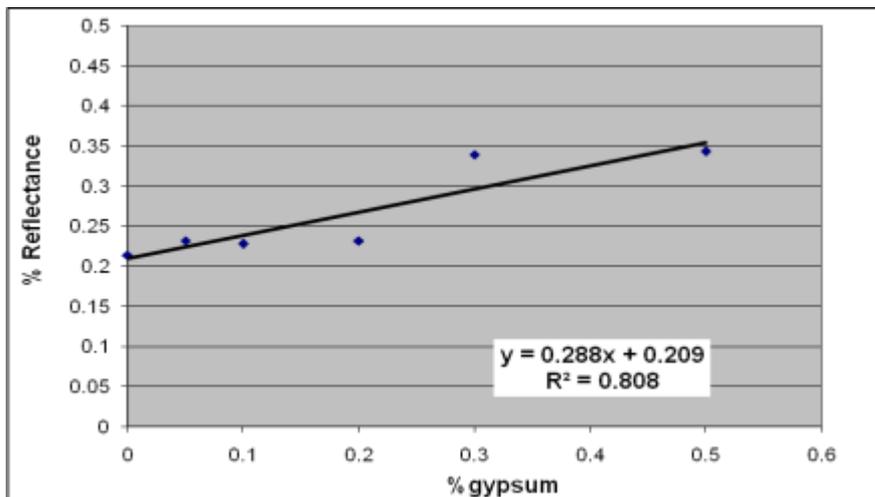
الشكل رقم (2): العلاقة بين %CaCO₃ في العينات القياسية والانعكاسية الطيفية في المجال (750 – 1250 nm)



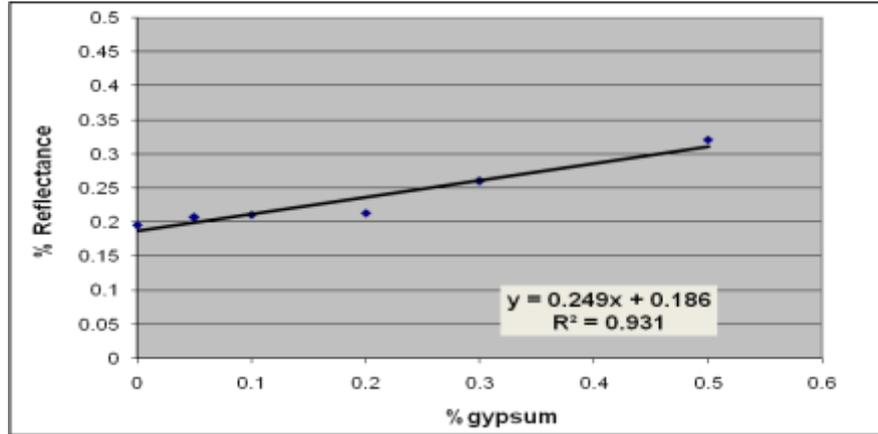
الشكل رقم (3): العلاقة بين %CaCO₃ في العينات القياسية والانعكاسية الطيفية في المجال (1250 – 1750 nm)



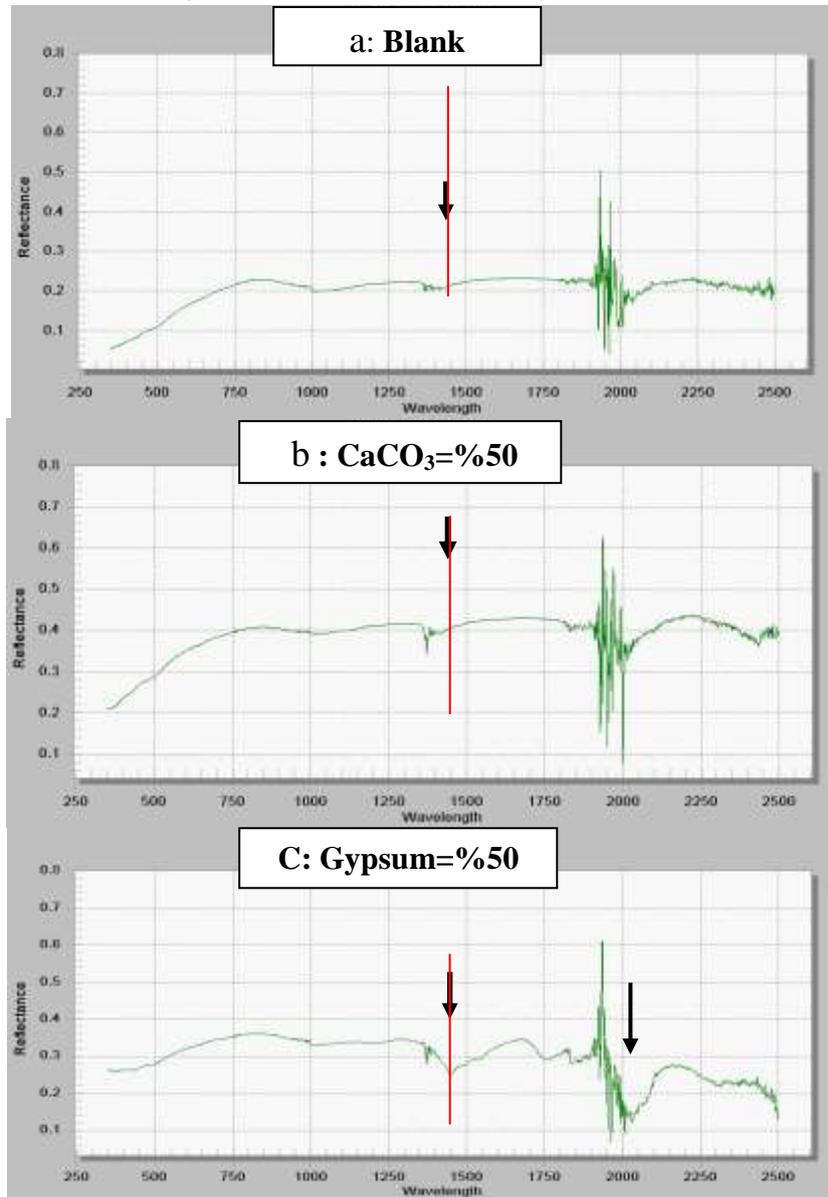
الشكل رقم (4): العلاقة بين %Gypsum في العينات القياسية والانعكاسية الطيفية في المجال (350 – 750 nm)



الشكل رقم (5): العلاقة بين % Gypsum في العينات القياسية والانعكاسية الطيفية في المجال (750 – 1250 nm)



الشكل رقم (6): العلاقة بين % Gypsum في العينات القياسية والانعكاسية الطيفية في المجال (1250 – 1750 nm)



الشكل رقم (7) - يوضح المقارنة بين منحنى الانعكاس الطيفي لعينة: (أ) الشاهد (blank) ، (ب) - التربة القياسية الكلسية (CaCO₃ %50) ، (ج) - التربة القياسية الجبسية (Gypsum %50)

تظهر منحنيات الانعكاسية الطيفية للعينات القياسية الجيبسية الصناعية التركيب (شكل رقم 7-أ) اختلافاً واضحاً في شكل المنحني بالمقارنة مع منحنيات الانعكاسية الطيفية للعينات القياسية الكربوناتيية صناعية التركيب (شكل رقم 7-ب)، إذ أظهرت العينات القياسية الجيبسية التي تحتوي على نسب عالية من الجيبس (50%) شكلاً مميزاً للمنحنى الطيفي في المجال 1400-1500 والمجال 1950-2050 نانومتر، متمثلاً بظهور انزياحات shifts واضحة تماماً، وهذه الانزياحات shifts لم تظهر في عينة الشاهد Blank (شكل رقم 7-أ) وأيضاً لم تظهر في عينة التربة القياسية التي تحتوي على 50% كربونات كالسيوم (شكل رقم 7-ب)، وبالتالي فإن هذه الانزياحات Shifts في المنحنى الطيفي للعينة القياسية الجيبسية يبدو وكأنه مميز لوجود الجيبس في العينة الترابية وخاصةً عندما تزيد نسبة الجيبس عن 20%، ويمكن اعتباره كالبصمة الطيفية المميزة لوجود الجيبس في التربة، ويعتبر ظهوره في المنحنى الطيفي ذو دلالة معنوية على تواجد الجيبس في التربة، وهو يشابه بذلك البصمات الطيفية للمعادن التي تنتجها أجهزة التحليل الحراري التفاضلي ومنحنيات الأشعة السينية للتعرف على معادن التربة.

منحنيات الانعكاس الطيفي للترب المدروسة:

يبين الجدول رقم (3) متوسط قيم الانعكاسية الطيفية للترب المدروسة، وقد تم تقسيم بيانات الانعكاسية الطيفية (SR) إلى ثلاثة مجالات تتوافق مع مجال الأشعة المرئية Visible والأشعة تحت الحمراء القريبة NIR والأشعة تحت الحمراء المتوسطة MIR، وتشير البيانات إلى أن الانعكاس الطيفي (SR) للترب المدروسة كان يزداد مع زيادة طول الموجة، وهذا يدل على أن مكونات التربة تتخفف قدرتها الامتصاصية للأشعة الواردة إليها بزيادة الطول الموجي.

جدول رقم (3) - يبين متوسط قيم الانعكاسية الطيفية (SR) Spectral Reflectance للترب المدروسة في المجالات الطيفية

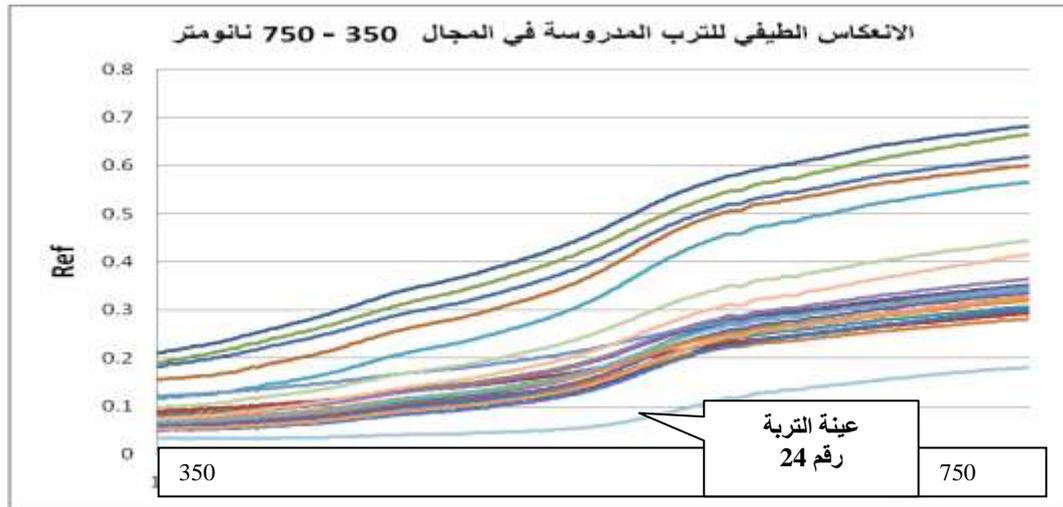
Sample No.	Depth (cm)	350 – 750 nm	750 – 1250 nm	1250 – 1750 nm	350 -1750 nm
ترب مسكنة غرب - دير حافر - ترب كلسية					
1	0 - 30 ⁽¹⁾	0.226	0.402	0.453	0.360
2	0 - 30 ⁽²⁾	0.208	0.393	0.420	0.340
3	0 - 30 ⁽³⁾	0.185	0.344	0.370	0.300
ترب مسكنة غرب - ترب مستبعدة - المشيرفة					
4	0 - 30 ⁽¹⁾	0.437	0.724	0.638	0.600
5	30 - 60 ⁽¹⁾	0.409	0.658	0.581	0.549
6	0 - 30 ⁽²⁾	0.264	0.493	0.456	0.404
ترب مسكنة غرب - المشيرفة - حقل الشوندر					
7	0 - 35 ⁽¹⁾	0.186	0.371	0.412	0.323
8	35 - 50 ⁽¹⁾	0.212	0.406	0.420	0.346
9	0 - 35 ⁽²⁾	0.166	0.322	0.351	0.280
10	35 - 50 ⁽²⁾	0.210	0.380	0.387	0.326
ترب مسكنة غرب - تل حسان - حقل رقم 58 مزروع ذرة					
11	0 - 30	0.190	0.377	0.421	0.329
12	30 - 60	0.208	0.392	0.411	0.337
ترب مسكنة شرق - محطة إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي					
13	0 - 30 ⁽¹⁾	0.173	0.372	0.399	0.315
14	30 - 60 ⁽¹⁾	0.160	0.343	0.369	0.344
15	0 - 30 ⁽²⁾	0.164	0.322	0.334	0.273

16	30 – 60 ⁽²⁾	0.184	0.368	0.381	0.311
ترب مسكنة شرق – المفتاحية – أرض مستبعدة					
17	0 – 30 ⁽¹⁾	0.339	0.621	0.616	0.525
18	0 – 30 ⁽²⁾	0.234	0.485	0.475	0.398
19	30 – 60 ⁽²⁾	0.462	0.725	0.640	0.609
20	60 – 80 ⁽²⁾	0.385	0.656	0.591	0.544
ترب مسكنة شرق – المفتاحية – شمال المفتاحية					
21	0 – 30 ⁽¹⁾	0.195	0.396	0.428	0.340
22	0 – 30 ⁽²⁾	0.172	0.342	0.365	0.293
23	30 – 60 ⁽²⁾	0.195	0.368	0.405	0.323
كفرنبل – عينة مقارنة					
24	0 – 30	0.088	0.191	0.184	0.154

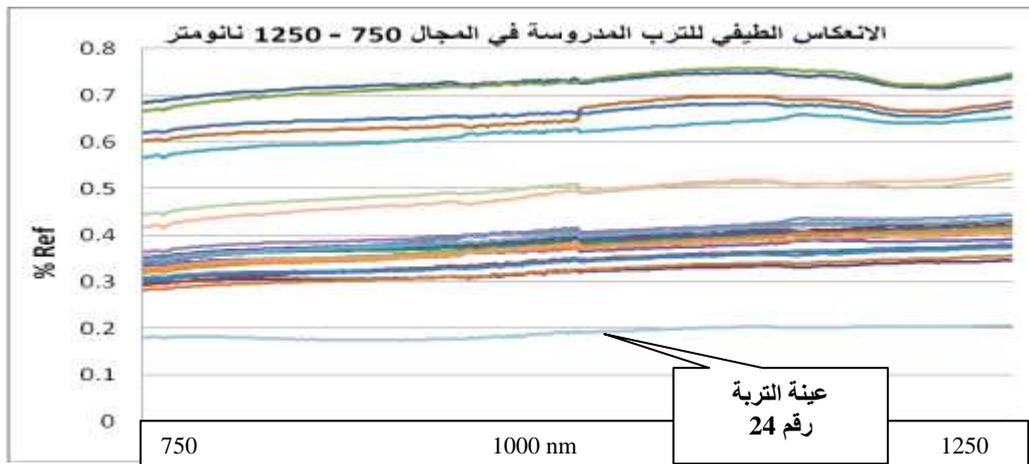
يتضح جلياً من الأشكال (8-9-10) أن النسبة المئوية للانعكاس الطيفي تتباين في المجالات الثلاث التي تم استخدامها في هذه الدراسة، إذ كانت أقل قيم للانعكاسية في المجال المرئي ثم بدأت بالتزايد في المجال (750 – 1250 nm) وكذلك ازدادت في المجال (1250 – 1750 nm) باستثناء العينات التي تحتوي على نسب ملموسة وعالية من الجيبس كما هو الحال في العينات (4-5-6) الممثلة لترب مسكنة غرب- المشيرفة (أراضي مستبعدة) وكذلك في العينات (17-18-19-20) الممثلة لترب مسكنة شرق – المفتاحية (المستبعدة زراعياً)، إذ تظهر المنحنيات الطيفية لهذه الترب انزياح shift مميز نتيجة ارتفاع واضح في كمية الطاقة الممتصة من قبل مكونات التربة في المجال (1450 nm)، ويتكرر هذا الانزياح shift ضمن المنحنى الطيفي للترب الجيبسية المدروسة في المجال (1950 nm)، ويمكن تفسير ذلك نتيجة امتصاص الماء الموجود في التركيب البنيوي للجيبس للطاقة في هذين المجالين من الطيف، إذ يعدّ الحزام 1450 نانومتر والحزام 1950 نانومتر من أحزمة امتصاص الماء Water absorption bands في الطيف الكهرومغناطيسي.

يبين الشكل رقم (8) المنحنيات الطيفية للترب المدروسة في المجال 350-750 نانومتر (المجال المرئي) وتظهر بوضوح أن أكبر كمية من الانعكاس (SR) كانت في الترب الجيبسية وتحديداً في العينة رقم 19 المأخوذة من الطبقة تحت السطحية (30 – 60 cm) من مسكنة شرق – المفتاحية. وهي الأعلى في محتواها من الجيبس (حوالي 51%)، وبسبب ارتفاع نسبة الجيبس تميل إلى اللون الأبيض White كما هو موضح في الجدول رقم (1)، حيث وصلت قيمة الانعكاسية في هذه العينة إلى أعلى قيمة (0.462%) وذلك في المجال المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي، بينما كانت أقل قيمة للانعكاسية الطيفية في هذا المجال في العينة رقم (24) الممثلة للطابق البيومناخي نصف الجاف (كفرنبل) والتي أخذت كعينة شاهد للمقارنة مع العينات الممثلة للطوابق البيومناخية الجافة، إذ كانت قيمة الانعكاسية الطيفية لهذه العينة منخفضة (0.088%)، نظراً لعدم احتوائها على الجيبس، وانخفاض نسبة كربونات الكالسيوم فيها إلى أقل من 1%، وانخفاض محتوى الأملاح في الطبقة السطحية، حيث لم تتجاوز الناقلية الكهربائية لمستخلص التربة 0.24 dS/m، كما هو موضح من البيانات في الجدول رقم (2). وتشير بيانات الانعكاسية المسجلة في العينة رقم 24 (0.088%) مع بيانات لون التربة Dark reddish brown (الجدول رقم 1) إلى ارتفاع نسبة أكاسيد الحديد في هذه العينة مما يكسبها اللون البني المحمر، وهذا يتماشى مع الكثير من الدراسات التي تشير إلى تأثير مركبات الحديد على انعكاس الطاقة من التربة، والذي يماثل تأثير المادة العضوية

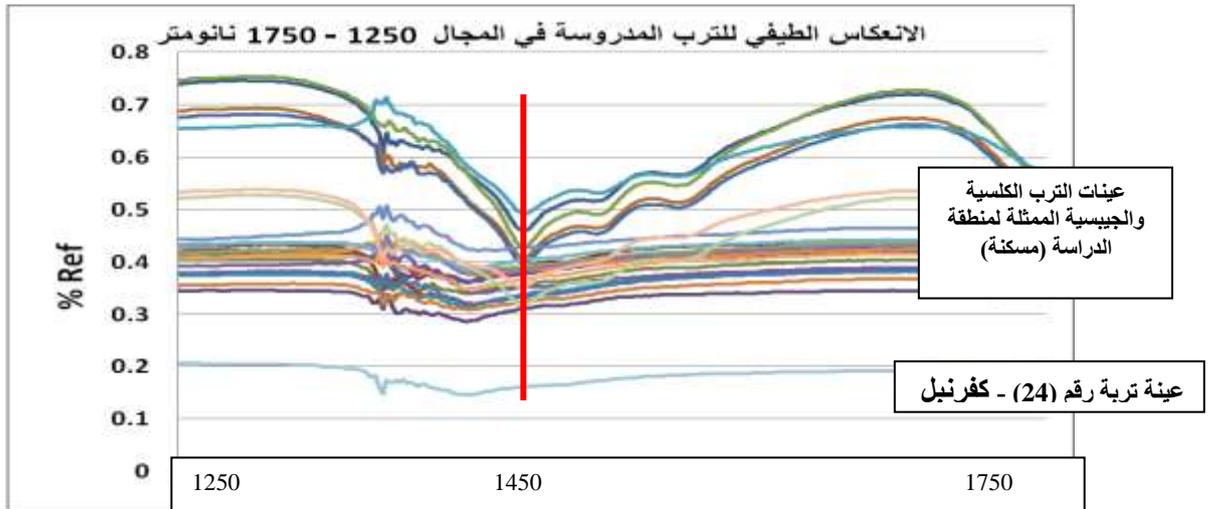
في السلوك الطيفي، فكلما ارتفعت نسبة أكاسيد الحديد في التربة أدى ذلك إلى انخفاض الطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة بدرجة كبيرة، وخاصة في المجال المرئي (350 - 750 نانومتر)، ففي المجال المرئي تعكس أكاسيد الحديد الطاقة في مجال الأشعة الحمراء بينما تمتصها في مجال الأشعة الخضراء، لذلك نجد أن نسبة التطابق بين المجالين الأحمر إلى الأخضر في معلومات الأقمار الصناعية تفيد في تحديد مناطق خامات الحديد (Obukhov and Orlove, 1964) و (da costa 1979).



الشكل رقم (8) - منحنيات الانعكاس الطيفي للتربة المدروسة في المجال المرئي (350 - 750 nm)

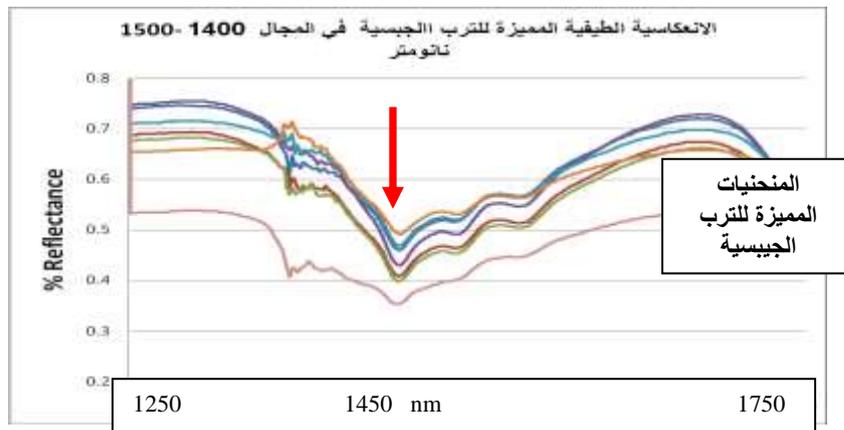


الشكل رقم (9) - منحنيات الانعكاس الطيفي للتربة المدروسة في المجال NIR (350 - 750 nm)

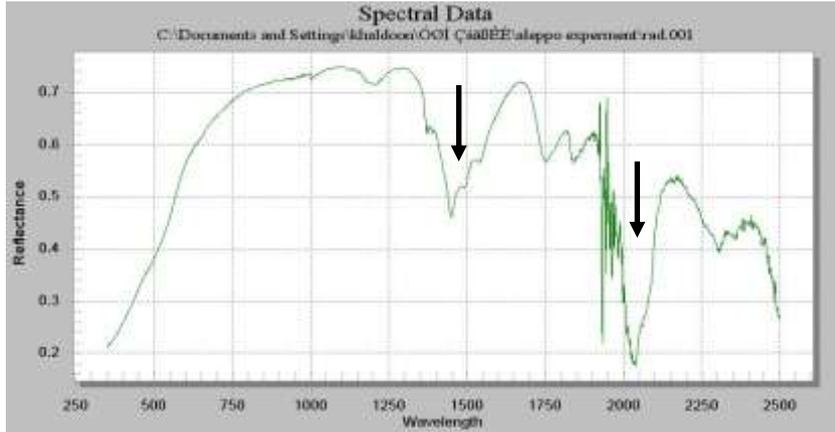


الشكل رقم (10) -منحنيات الانعكاس الطيفي للترب المدروسة في المجال المرئي (1250- 1750 nm)

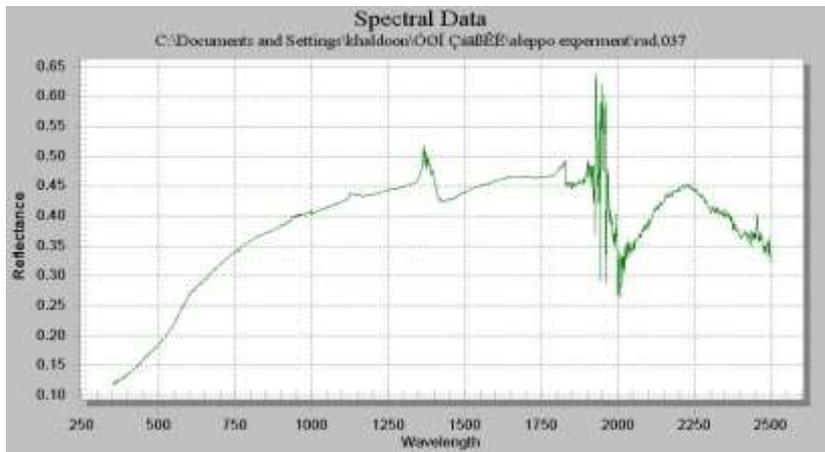
يوضح الشكل رقم (11) المنحنيات الطيفية لمختلف الترب الجيبسية المدروسة والمنتشرة في مسكنة غرب ومسكنة شرق، حيث تظهر هذه الانخفاضات عند الطول الموجي (1450 nm) ، ويبين الشكل رقم (12) منحنى الانعكاس الطيفي لعينة التربة رقم 19 (الأكثر احتواءً على الجيبس حوالي 51%) الممثلة لترب منطقة مسكنة شرق - المفتاحية، حيث يظهر انزياح shift مميز في منحنى الانعكاسية الطيفية لهذه الترب، بينما تغيب مثل هذه الانزياحات في منحنى الانعكاسات الطيفية للعينات ذات المحتوى المنخفض من الجيبس (الشكل رقم 13) والممثلة للترب الكلسية المنتشرة في دير حافر .



الشكل رقم (11) - يبين الانخفاض small band shifts في الانعكاسية الطيفية للترب الجيبسية

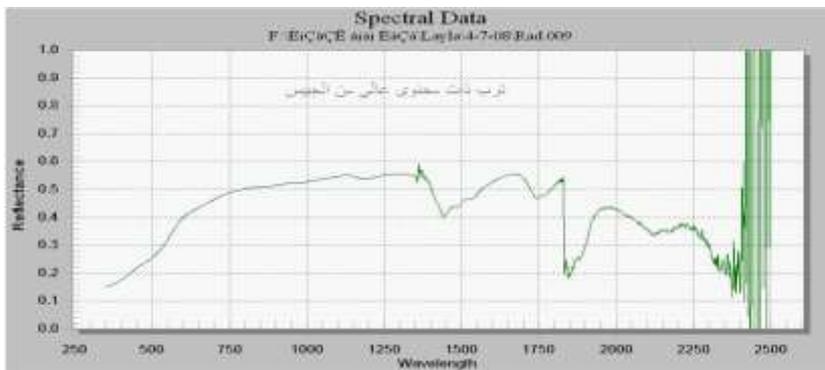


الشكل رقم (12) - منحني الانعكاس الطيفي لعينة التربة (الجيبسية) رقم 19 - مسكنة شرق - المفتاحية

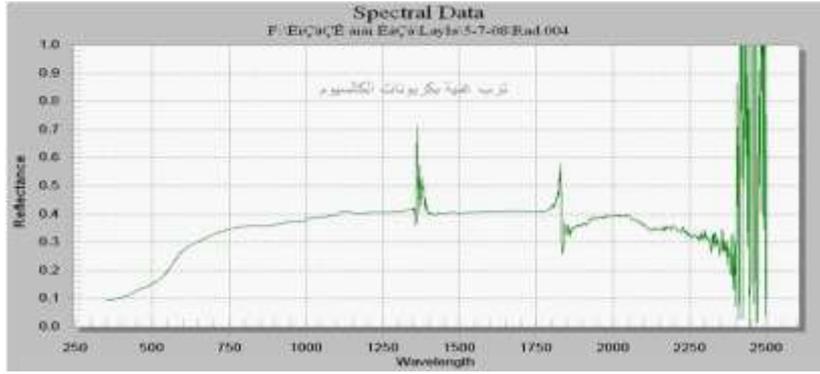


شكل رقم (13) - منحني الانعكاس الطيفي لعينة التربة (الكلسية) رقم 1 - دير حافر⁽¹⁾ للطبقة السطحية

لقد تم تأكيد نتائج القياسات المخبرية للانعكاسات الطيفية للترب الجيبسية من خلال إجراء قياسات حقلية، والشكل رقم (14) يبين منحني الانعكاس الطيفي للترب الجيبسية الذي تم تسجيله مباشرةً من سطح التربة الممثلة لترب مسكنة غرب (المشيرة)، ويظهر الشكل الانزياح shift الواضح في المجال 1500 - 1400 نانومتر، وبالمقابل اختفى هذا الانزياح من منحني الانعكاس الطيفي للترب الكلسية التي تم تسجيله حقلياً (الشكل رقم 15).



شكل رقم (14) - منحني الانعكاس الطيفي للترب الجيبسية الذي تم تسجيله حقلياً (المشيرة - مسكنة غرب)



شكل رقم (15) - منحنى الانعكاس الطيفي للترب الكلسية الذي تم تسجيله حقلياً (تل حسان - مسكنة غرب)

الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال ما تقدم يمكن القول:

- 1- أظهرت منحنيات الانعكاسية الطيفية للعينات القياسية الجيبسية اختلافاً واضحاً في شكل المنحنى الطيفي بالمقارنة مع الترب الكلسية، وخاصة في المجال (1400 - 1500 نانومتر) و(1950 - 2050 نانومتر) إذ ظهر انزياح shift في الانعكاسية الطيفية مميز لوجود الجيبس في العينات التي تزداد فيها نسبة الجيبس عن 20 %، وبالتالي يمكن التمييز بين الترب الجيبسية والكلسية من خلال القراءات الراديومترية.
- 2- يمكن ربط هذه النتائج الأولية للانعكاسات الطيفية للترب المدروسة والتي تم تسجيلها في المختبر مع القراءات الراديومترية المسجلة في الحقل، وذلك لإيجاد علاقة تمكن من تحديد أماكن انتشار الترب الجيبسية عن غيرها من الترب السائدة في منطقة الدراسة بشكل دقيق، وذلك بالاعتماد على هذه التقانة، مما يقلل كثيراً من التكاليف والجهد في إعداد خرائط التربة وتصنيفها.

المراجع:

1. رقية، محمد. التحليل الفيزيوجرافي ووضع الخرائط الليثولوجية من الصور الفضائية، الاستشعار عن بعد، دمشق، العدد الثامن عشر، 2005
2. لولو، عبد الرحيم . استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في التحري عن العوامل المؤثرة على صلاحية الترب للري، الاستشعار عن بعد، دمشق، العدد السادس، 1991.
3. BAUER, M. E.; GAUSMAN, H. W.; HART, W. G. *Manual of Remote Sensing, Remote Sensing Application in Agriculture*, 1979,2111-2130.
4. BOYADGIEV, T.G. *Contribution to the knowledge of gypsiferous soils*. AGON/SF/SYR/67/522. FAO, Rome. 1974.
5. CLARK, A. N. *Spectroscopy of Rocks and Minerals, and Principles of Spectroscopy*, Chapter 1 in: *Manual of Remote Sensing*, 1999.
6. DA COSTA, L.M. *Surface soil colour and reflectance as related to physiochemical and mineralogical soil properties*. PhD Dissertation, University of Missouri, Columbia. 1979.

7. ESHEL, G.; LEVY, G.J.; SINGER, M. J. *Spectral Reflectance Properties of Crusted Soils under Solar Illumination*. SOIL SCI. SOC. AM. J., 68, 2004, 1982 – 1991.
8. HESSE, P. R. *Soil chemical analysis*. William Clowes & Sons, London, 1971.
9. HOVIS, W. A.; Jr. *Infrared Spectral Reflectance of some Common Materials Appl.*, Opt., 5, 1966, 245 – 248.
10. JACKSON, M . L. *Soil Chemical analysis. An advanced Course*. nded. Published by the author. University of Wisconsin, Madison, WI. 1969, 895.
11. JOHANNSEN, C. J.; BARNEY, T. W. "Land Use Change and Concerns in Missouri," *Innovations in Land Use Management*. Wm. A. Dando and G. E. Johnson (eds.), University of North Dakota Press, 1976, 71-77.
12. KLUTE, A. *Methods of soil analysis , Part 1, " Physical and Mineralogical Methods"*, SOIL SCI. SOC. AM, Inc, Madisonm Wasconsin, 1986
13. NANNI, M. R.; DEMATTE, J. A. R. *Spectral Reflectance Methodology in Comparison to Traditional Soil Analysis*. Soil Sci. Soc. Am..j. 70, 2006, 393–407.
14. OBUKHOV, A.I.; ORLOV, D.S. *Spectral reflectivity of the major soil groups and possibility of using diffuse reflection in soil investi-gation*. Sov. Soil Sci. (English translation) 2:174–184. In Asrar Ghassem (ed.) *Theory and applications of optical remote sensing*. Wiley Series in Remote Sensing. John Wiley & Sons, New York. 1964.
15. PAGE, A .L. *Methods of Soil Analysis* . Amer. Soc. Of Agron. Inc. Soil Sci. Soc. Amer. Inc. 1982.
16. RICHARDS, A. L. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. U. S. Dept. Agri. hand Book, 1954, 60.
17. SHEPHERD, K.D.; WALSH, M.G. *Development of reflectance spectral libraries for characterization of soil properties*. Soil Sci.Soc. Am. J. 66, 2002, 988–998.

