



تقدير نسبة الكلس في التربة باستخدام جهاز المطياف الاشعاعي

Estimation of Lime Percentage in Soil by Using Spectroradiometer

أزهار عباس حسن⁽³⁾

وسام احمد عبد عفتان⁽²⁾

احمد مدلول محمد⁽¹⁾

Ahmed Madloul Mohammed⁽¹⁾ Wissam Ahmed Abd Aftan⁽³⁾ Azhar Abbas Hassan⁽²⁾

19ph.d58@gmail.com

(1) وزارة الثروة الزراعية والسمكية وموارد المياه، سلطنة عمان.

(1) Ministry of Agric, Fisheries Wealth and Water Resource, Sultanate of Oman.

(2) وزارة العلوم والتكنولوجيا، مركز التحسس النائي، العراق.

(2) Ministry of Science and Technoloty, Remote Sinsing Center, Iraq.

(3) كلية الزراعة، جامعة الانبار، العراق.

(3) Faculty of Agriculture, Anbar University, Iraq.

الملخص

نفذت تجربة في مختبرات كلية الزراعة بجامعة الأنبار (العراق) على عينة تربة ذات نسجة طينية مزيجة تحوي على 50% كلس، أخذت من سفح جبل سفين في قضاء شقلاوة التابع لمحافظة أربيل. أجريت عليها عملية تخفيض لنسبة الكلس باستخدام حمض الهيدروكلوريك (0.1 N) لتصبح نسبة الكلس بمستويات 40، 29.5، 24.5، 20، 15.8 و9.4%. استخدم جهاز المطياف الاشعاعي Spectroradiometer لقياس إنعكاسيتها، وتحديد بصمتها الطيفية عند مستوى رطوبة 9%. أظهرت النتائج زيادة انعكاسية التربة عند جميع الأطوال الموجية المدروسة مع زيادة نسبة الكلس في التربة. كما تبين وجود علاقة ارتباط عالية وقوية مع أغلب الحزم الطيفية المدروسة، ولاسيما حزمي طيف الأشعة تحت الحمراء المتوسطة B6 (1560 - 1660 نانوميتر)، وB9 (1360 - 1390 نانوميتر)، أما بخصوص العلاقة الكمية بين المتغيرين، فقد أثبت كل من الأنموذج الخطي والتربيعي والتكعبي كفاءة في تقدير نسبة الكلس في التربة من بيانات الانعكاسية المتحصل عليها في الحزمة تحت الحمراء المتوسطة (B6). كما أثبتت الحزمة المنتخبة (S.B) ذات الطول الموجي 2350 نانوميتر كفاءة أعلى في عملية تقدير نسبة الكلس.

الكلمات المفتاحية: كلس، سبكتروراديوميتر، انعكاسية طيفية.

Abstract

An experiment was implemented in laboratories of college of Agriculture/Anbar University (Iraq) on sample of clay loam soil with 50% lime percentage, was taken from Sefen mountain, Shaqlawa district / Erbil province. They underwent a process of reducing the percentage of lime using HCl acid (0.1N) to levels 40, 29.5, 24.5, 20, 15.8 and 9.4%. Spectroradiometer was used to measure the reflectance of the soil samples with different lime content at 9% soil moisture content. The result showed an increasing of the soil reflectance at all studied wavelengths with increasing of lime percentage. Results also showed that a significant correlation between lime percentage and reflectance in the all studied bands, especially with the two near infrared bands, B6 (1560 - 1660 nm) and B9 (1360 - 1390nm). The quantitative relationship between the two variables was also found. The linear, quadratic and cubic models were efficient to forecasting lime percentage from reflectance data at near infrared band (B6). The selected band (S.B) at 2350 nm wavelength proved higher efficiency in the forecasting process of lime percentage.

Key Words: Lime, Spectroradiometer, Spectral reflectivity.

المقدمة

تعددت طرائق تقدير الكلس في الترب، وتعددت معها المشاكل والأخطاء التي تواجه العاملين في مجال الميثودولوجي Methodology. إن أشهر طرائق التقدير هي؛ طريقة المعايرة الحجمية مع حمض HCl، وطريقة الكالسيومتر (Calcimeter)، وطريقة قياس الكالسيوم، وطريقة قياس درجة تفاعل التربة (pH Meter). أشار راين وزملاؤه (2003) إلى أن طريقة المعايرة مع حمض HCl تحتاج إلى خبرة في تحديد تغير اللون إلى الأرجواني بشكل دقيق عند استخدام دليل الفينول نثالين، وأشاروا أيضاً إلى أنه في حال احتواء التربة على نسبة 50% أو أكثر من كربونات الكالسيوم فإن إضافة 10 مل من حمض الهيدروكلوريك بعبارية 1N لا تكفي لأنها ستذيب 0.5 غرام كربونات، وبهذا يجب إضافة 15 أو 20 مل من الحمض، مما يزيد كلف التقدير. كما أشار الصيرفي والغمري (2006) إلى أن طريقة الكالسيومتر تحتاج إلى الدقة والمهارة الكافية في العمل، وأن وزن العينة المأخوذ للتحليل يجب أن يتناسب عكسياً مع محتواها من الكلس، وأشاروا إلى أن أقصى حجم لغاز ثاني أكسيد الكربون يمكن قياسه بهذه الطريقة هو 50 مل، وعند استخدام هذه الطريقة يجب أن تقارن عينة التربة بوزن معلوم من كربونات الكالسيوم النقية. وقد قارن Jabbar (2013) أربع طرائق لتقدير الكلس، ووجد إن نسبة الخطأ كانت أكبر في طريقة المعايرة. إذ أعطى أسلوب معادلة الحمض تقديراً أعلى من كمية الكربونات الفعلية، في حين أعطت طريقة قياس الكالسيوم تقديراً أقل من كمية كربونات الكالسيوم الفعلية. وتميزت طريقة قياس الكالسيوم وطريقة درجة تفاعل التربة بأقل نسبة خطأ من حيث المتوسط العام، كما أكد إنه يمكن استخدام طريقة قياس درجة تفاعل التربة بشكل معقول لتقدير الكلس، لأنها لا تحتاج سوى قياس الرقم الهيدروجيني، كما إنها لا تحتاج إلى المزيد من المواد الكيميائية، إلا إنها تتطلب مزيداً من الوقت لانحلال كامل مركبات كربونات الكالسيوم الصلبة. وفي مقارنة قام بها Jamal وزملاؤه (2016) بين طريقتي قياس الكالسيوم والمعايرة مع الحمض لتقدير الكلس، لم يجدوا فروقاً ذات دلالة احصائية بين الطريقتين، واستنتجوا أنه عند استخدام طريقة قياس الكالسيوم، يمكن تجنب الاختلاف بين شخص وآخر في الكشف عن نقطة نهاية المعايرة، كما يمكن الحصول على نتائج سريعة ودقيقة مقارنة بطريقة المعايرة، فضلاً عن أن هذه الطريقة تختزل الوقت والجهد، وتحتاج إلى كميات أقل من المواد الكيميائية.

دعت الحاجة للوصول إلى نتائج سريعة وأكثر دقة المختصين إلى البحث عن طرائق وأساليب جديدة لتقدير الكلس، وقد وجدوا ضالتهم في تقانة الاستشعار عن بعد، نظراً لما تتمتع به هذه التقانة من سرعة الإنجاز، واختزال الجهد والتكاليف، فضلاً عن دقة النتائج وسلامتها من الناحية البيئية، فهي لا تحتاج إلى مواد كيميائية في عملية التقدير. يركز مبدأ عمل هذه التقانة على اختلاف السلوك الطيفي للمواد والأجسام اعتماداً على خصائصها الكيميائية والفيزيائية، وطول موجة الأشعاع الطيفي المستخدم في الكشف، وزاوية سقوطه. وعلى هذا الأساس يتم التمييز بين المواد المختلفة، وبهذه الطريقة يتم تسليط الأشعة الكهرومغناطيسية بأطوال موجية معينة على الأهداف من خلال أجهزة محمولة باليد، كالراديوميتر كمنصة أرضية (المشهداني والكبيسي، 2014)، أو من خلال الكاميرات المحمولة جواً، أو المتحسسات المحمولة بوساطة أقمار فضائية.

أشار الكبيسي (1997) إلى وجود علاقة انحدار معنوية بين نسب الكلس والانعكاسية الطيفية ضمن مجال الأشعة تحت الحمراء القريبة والمتوسطة، وأشار بهلوان (2010) إلى إن أفضل معادلة للتنبؤ عن وجود الكلس في التربة كانت ضمن المجال الطيفي الأكبر من 2000

نانوميتر. وحصل خلف وشلال (2013) على علاقة انحدار موجبة عالية بين قيم الانعكاسية الطيفية في الحزمة تحت الحمراء المتوسطة ومحتوى التربة من الكلس.

هدف البحث: تهدف هذه الدراسة إلى إمكانية الكشف عن وجود الكلس في التربة، وتحديد البصمات الطيفية للترب حسب نسبة الكلس فيها عند مستوى رطوبة 9 %، ومحاولة تقديرها كميًا باستخدام عدد من النماذج الرياضية وتحديد أنسبها.

مواد البحث وطرائقه

العمل الحقلية:

وقع الاختيار على منطقة شقلاوة التابعة لمحافظة أربيل (العراق) لأخذ التربة المطلوبة منها، والتي تحتوي على نسبة كلس تبلغ 50 %، إذ أخذ نحو 300 كغم تربة من سفح جبل سفين بعد تحليل عينة منها في مختبرات كلية الزراعة بجامعة صلاح الدين، والتأكد من احتواءها على نحو 50 % كلساً، ثم نقلت بعد ذلك إلى كلية الزراعة بجامعة الأنبار (الموقع البديل في أبي غريب لغرض تهيئتها للعمل المخبري).

العمل المخبري:

بعد تجفيف التربة هوائياً، طحنت بوساطة مطرقة خشبية، ثم مررت عبر منخل قطر فتحاته 2 مم، وقدرت صفاتها الفيزيائية والكيميائية وفقاً للطرائق الواردة في Page (1982) ودونت نتائج التقدير في الجدول 1.

الجدول 1. بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لتربة الدراسة.

نتيجة التقدير		الصفات المدروسة
386	الرمل	التوزيع الحجمي لمفصولات التربة (غم. كغم ⁻¹)
309	الغرين	
305	الطين	
Clay loam طينية مزيجة		نسجة التربة
1.33		الكثافة الظاهرية (ميكاجرام م ⁻³) بطريقة الاسطوانة
55.14		الرطوبة الحجمية (%) عند 0 كيلو باسكال
28.38		الرطوبة الحجمية (%) عند 33 كيلو باسكال
24.97		الرطوبة الحجمية (%) عند 100 كيلو باسكال
15.18		الرطوبة الحجمية (%) عند 500 كيلو باسكال
11.50		الرطوبة الحجمية (%) عند 1500 كيلو باسكال
8.0		المادة العضوية (غم. كغم ⁻¹)
7.2		الرقم الهيدروجيني (pH)
1.02		التوصيل الكهربائي 1:1 (EC) ديسي سيمنز م ⁻¹
500		الكلس Lime (غم. كغم ⁻¹)
Nil		الجبس (غم. كغم ⁻¹)
1.08		البوتاسيوم (مليمول. لتر ⁻¹)
5.43		الكالسيوم (مليمول. لتر ⁻¹)
3.51		المغنسيوم (مليمول. لتر ⁻¹)

تهيئة عينات التربة لفحوصات الانعكاسية:

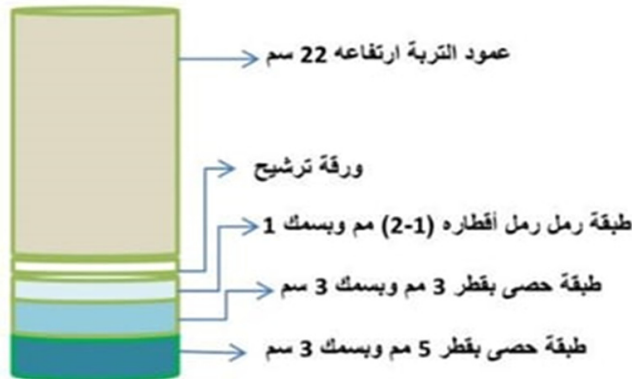
تم تحضير 960 لتراً من حمض الهيدروكلوريك المخفف بعبارية (N 0.1) لغرض استخدامه في إزالة الكلس من التربة وحسب النسبة المطلوب (راين وزملاؤه، 2003). وضع 3 كغم من التربة الأصلية التي تحوي على 50 % كلس والمطحونة والمنخولة بمنخل قطر فتحاته 2 مم، في إناء زجاجي سعة 20 لتر. أضيف لها 60 لتراً من حمض الهيدروكلوريك المخفف (N 0.1) على عدة دفعات، وبعد إضافة كل دفعة من الحمض يتم تسخين الخليط على درجة حرارة 60^oس مع التحريك بوساطة قضيب زجاجي في أوقات متقطعة لحين انتهاء التفاعل الذي يُستدل عليه بتوقف الأزيز والفوران. ترك بعدها الخليط لمدة 48 ساعة، وفصلت التربة عن الراشح، وغسلت بالماء المقطر بهدف التخلص من أيونات الكلور والكالسيوم. جُففت عينة التربة هوائياً، ثم قدرت فيها نسبة الكربونات وكانت 40 % . عُرضت عينة التربة للترطيب بأسلوب الرش والتجفيف لمدة ثمانية أيام لغرض إعادة تجانس العينة.

ولغرض خفض نسبة الكربونات في العينة الأصلية بنحو 20 و 25 و 30 و 35 و 40 %، فقد تمت إعادة الخطوات المستخدمة في خفض النسبة بمقدار 10 % والوارد ذكرها آنفاً مع اختلاف كمية الحمض المستخدمة. ويوضح الجدول 2 كل من نسبة الكربونات المزالة والمتبقية في عينات التربة الأصلية، وحجوم الحمض المستخدمة لعملية الأزالة.

الجدول 2. نسب الكلس المزالة والمتبقية في التربة الأصلية، وحجوم الحمض المستخدمة.

وزن التربة (كغم)	نسبة الكلس الأصلية (%)	نسبة الكلس التي تمت إزالتها (%)	نسبة الكلس المتبقية في عينة التربة (%)	حجم الحمض المضاف (لتر)
3	50	-	50	-
3	50	10	40	60
3	50	20.5	29.5	120
3	50	25.5	24.5	150
3	50	30	20	180
3	50	34.2	15.8	210
3	50	40.6	9.4	240

وزعت مستويات كربونات الكالسيوم بواقع 14 مكرراً لكل مستوى في أنابيب بلاستيكية قطرها 7.4 سم، وارتفاعها 30 سم، مغلقة من أحد الطرفين بغطاء بلاستيكي مثقب، وتحتوي على مرشح بسلك 7 سم مكون من طبقة حصى بقطر 5 مم وبسلك 3 سم، وطبقة حصى بقطر 3 مم وبسلك 3 سم، وطبقة رمل أقطاره (1 إلى 2 مم) مم وبسلك 1 سم، ويعلو طبقات المرشح صوف زجاجي، والذي تستقر عليه التربة بارتفاع 22 سم (الشكل 1).



الشكل 1. توزيع مستويات كربونات الكالسيوم في مكررات في أنابيب بلاستيكية.

وقد تم الحفاظ على كثافتها الظاهرية المقاسة حقلياً من خلال وضع الكتلة المطلوبة من التربة في حجم معلوم، ووضعت جميع العينات في وعاء بلاستيكي يحوي ماءً مقطراً لغرض ترطيبها بالخاصية الشعرية، وذلك للحفاظ على التجانس التام للمحتوى الرطوبي في كامل الأنبوب. وضعت الأنابيب بعد الترطيب في حاويات خشبية مثقبة على قدر قطر الأنبوب، وذلك للحفاظ على ثبات العينات من الحركة الناتجة جراء عملية النقل (الشكل 2).



الشكل 2. وضع الأنابيب في حاويات خشبية مثقبة للحفاظ على ثباتيتها.

القياسات الراديوميترية:

تم تمثيل كل مستوى من الكلس بـ (14) مكرراً، استخدم 10 منها كمكررات لقراءة الانعكاسية، في حين خصص (4) منها لضبط المحتوى الرطوبي لعينة التربة، والذي يتم عنده قياس الانعكاسية. استخدم جهاز المطياف الاشعاعي Spectroradiometer موديل FeildSpec Pro3 لقياس الانعكاسية، إذ يتم تسليط المتحسس عمودياً على سطح التربة وتتم قراءة الانعكاسية على وحدة التحليل الطيفي. تمت قراءة وتسجيل انعكاسية عينات الترب ذات نسبة الكلس (50 %) وعند محتوى رطوبة (9 %)، والتي تمثل نسبة الرطوبة عند نقطة الذبول الدائم، وتم التحقق من نسبة الرطوبة من خلال أخذ عيني تربة كمكررين من الأنابيب الأربعة المخصصة لقياس الرطوبة وعلى عمق 2 سم، وقدرت الرطوبة فيها بالطريقة الوزنية الحرارية Thermogravimetric، وهكذا بالطريقة نفسها تمت قراءة الانعكاسية لباقي مستويات الكلس (40، 29.5، 24.5، 20، 15.8 و9.4%).

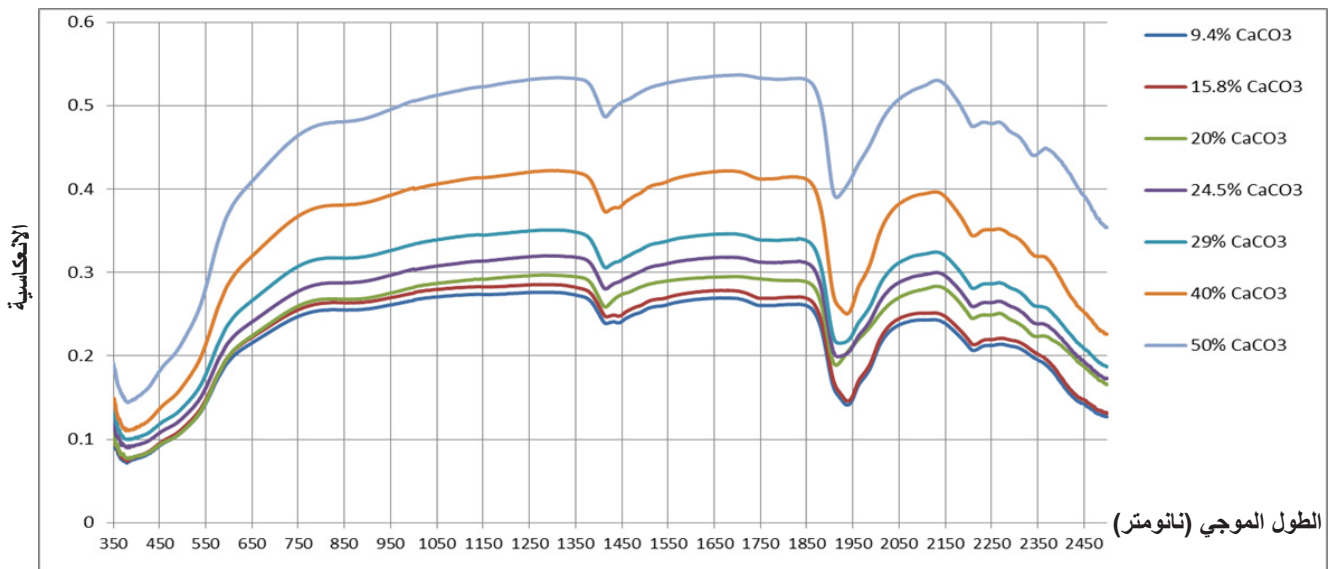
معالجة البيانات :

استخدم برنامج ViewSpecPro V 6.0 لتحويل منحنيات الانعكاسية الراديوميترية المخزونة على ملف بيانات بصيغة (ASD) إلى ملفات رقمية يمكن التعامل معها باستخدام برنامج Microsoft Excel 2010، كما استخدم البرنامج Microsoft Excel 2010 في رسم منحنيات الانعكاسية لكل مستوى من مستويات الكلس وعند الرطوبة 9 %، وذلك بأخذ معدل المكررات العشرة لكل مستوى من مستويات الكلس، ومعدل نسب الرطوبة عند كل مستوى من الكلس. كما استخدم برنامج Microsoft Excel 2010 في حساب قيم الانعكاسية عند مستويات مختلفة من الكلس وعند الرطوبة 9 % باستخدام أطوال موجية مماثلة للأطوال الموجية المستخدمة في المتحسس OLI المحمول على متن القمر الصناعي Land Sat - 8 باستثناء الحزمة الثامنة (B8) البانكروماتك. استخدم البرنامج الاحصائي SPSS (V.23) لحساب علاقة الارتباط بين نسبة الكلس في التربة وانعكاسيتها الطيفية عند مستوى رطوبي 9 %، واعتمدت قيم معاملات الارتباط لتحديد أفضل طول موجي يمكن استخدامه لدراسة نسبة الكلس في التربة، واختيار أفضل النماذج الرياضية التي يمكن استخدامها في تقدير الكلس كميّاً تحت ظروف هذه الدراسة.

النتائج والمناقشة

تأثير كربونات الكالسيوم في الانعكاسية الطيفية بثبات المحتوى الرطوبي:

يوضح الشكل 3 منحنيات انعكاسية التربة عند مستويات مختلفة من الكلس وعند رطوبة 9 %، والتي تمثل الرطوبة عند نقطة الذبول الدائم للتربة المستخدمة في الدراسة، ويلاحظ أن قيم انعكاسية التربة تزداد مع زيادة الطول الموجي للأشعة الساقطة، كما أنها ازدادت بشكل واضح مع الزيادة في نسبة الكلس، وهذا يوافق ما وجدته الهندي وزملاؤها (2014) والمشهداني والكبيسي (2014). كما يلاحظ أيضاً أن منحنيات الانعكاسية لمستويات الكلس 9.4 و 15.8 و 20 % قد تداخلت في الجزئين الأزرق والأخضر من الطيف المرئي، ويعزى سبب التداخل إلى ضعف تأثير الكلس عندما يكون في مستويات متدنية على باقي العوامل الأخرى المؤثرة في الانعكاسية في هذا الجزء من الطيف، وتتفق هذه النتيجة مع ما وجدته كل من الكبيسي (1997) وبهلوان (2010)، كما يلاحظ حصول تباعد وانفصال للمنحنيات عند مستويات الكلس العالية عن بعضها مما يعطي إشارة إلى طغيان تأثير الكلس في الانعكاسية ضمن الطيف المرئي عندما يوجد بمستويات عالية (أكبر من 24.5 %). أما في مجال الأشعة تحت الحمراء من الطيف فيلاحظ بروز حزم امتصاص عند الأطوال الموجية 1450، 1750، 1900، 2200 و 2350 نانوميتر. إن الحزم 1450 و 1900 و 2200 هي حزم مشخصة، وتمثل حزم امتصاص الماء كما أشار لذلك كل من خلف وشلال (2013) والمشهداني والكبيسي (2014). أما الحزمة 1750 نانوميتر فهي حزمة عريضة، ولم نجد لها أية إشارة في المراجع المتاحة، وليس لدى الباحثين أي تفسير لوجودها، أما الحزمة 0532 نانوميتر فقد ارتبط وجودها وعمقها مع وجود ونسبة الكلس في التربة. لقد أشار عدد من الباحثين بشكل غير مباشر لهذه الحزمة، إذ ذكر الكبيسي (1997)، وخلف وشلال (2013) إلى وجود علاقة انحدار بين محتوى التربة من الكلس وانعكاسيتها عند الطول الموجي الأكبر من 2000 نانوميتر. كما يلاحظ من الشكل 3 عدم وجود تداخل بين منحنيات الانعكاسية لمستويات الكلس المرتفعة في طيف الأشعة تحت الحمراء القريبة والمتوسطة إلا عند حزم الامتصاص أنفة الذكر، ولا سيما عند مستويات الكلس المنخفضة، ويعزى السبب إلى انخفاض نسبة الكلس في التربة، مما سبب انخفاض قيم الانعكاسية، وتداخل المنحنيات.



الشكل 3. منحنيات انعكاسية التربة ذات المستويات المختلفة من الكلس عند محتوى رطوبي 9 %.

معالجة قيم الانعكاسية الطيفية رياضياً:

يوضح الجدول 3 قيم الانعكاسية الطيفية عند أطوال موجية مماثلة للأطوال الموجية المستخدمة في المتحسس OLI المحمول على متن القمر الصناعي Land sat-8، بالإضافة إلى قيم الانعكاسية لحزمة منتخبة (S.B) ذات طول موجي 2350 نانوميتر لترب ذات مستويات كلس مختلفة وعند محتوى رطوبي 9 %، ويلاحظ أن قيم الانعكاسية الطيفية للحزم B1، B2 و B3 والتي تمثل حزم ضمن الطيف المرئي الأزرق والأخضر لم تأخذ منحى ثابتاً في التغيير مع مستويات الكلس، بل أخذت قيم الانعكاسية الطيفية بارتفاع وانخفاض بشكل عشوائي، وقد سبق الإشارة لهذه النتيجة عند الحديث عن تداخل منحنيات انعكاسية الطيف المرئي في الفقرة السابقة. في حين أخذت قيم الانعكاسية الطيفية منحى ثابتاً مع نسبة الكلس في التربة في الحزم B4، B5، B6 و B9، والتي تمثل حزم الطيف الأحمر وتحت الأحمر القريب والمتوسط. إذ ازدادت قيم الانعكاسية في هذه الحزم مع زيادة نسبة الكلس في التربة، كما يلاحظ انخفاض قيم الانعكاسية في الحزمة B7 مقارنة بقيم الانعكاسية في الحزم B5، B6 و B9، ويعزى ذلك إلى ضعف قدرة التمييز الطيفي (حزمة عريضة) لهذه الحزمة. وتتفق هذه النتيجة مع ما وجدته في

المشهداني والكبيسي (2014)، كما يلاحظ من القيم الواردة في الجدول 3 أن امتصاص الأشعة يزداد في الحزمة المنتخبة (S.B) ذات الطول الموجي 2350 نانومتر، وليس لدى الباحثين أي تفسير لسبب انخفاض الانعكاسية وزيادة الامتصاص في هذه الحزمة، كما لم يرد في المصادر المتاحة أي تفسير لذلك، وقد ثبت المزيد من البحث والدراسة أهمية هذه الحزمة في تشخيص وجود الكلس في التربة وتقدير كميتها.

الجدول 3. قيم انعكاسية الترب ذات مستويات الكلس المختلفة عند اطوال موجية مماثلة للأطوال الموجية للمتحمس OLI وعند رطوبة 9 %.

S.B 2350 nm	B9 1360-1390 nm	B7 2100-2300 nm	B6 1560-1660 nm	B5 845885- nm	B4 630-680 nm	B3 525-600 nm	B2 450-515 nm	B1 453-433 nm	كلس (%)
0.195	0.267	0.222	0.267	0.255	0.217	0.157	0.103	0.089	9.4
0.201	0.276	0.230	0.275	0.263	0.224	0.163	0.106	0.092	15.8
0.223	0.290	0.260	0.292	0.267	0.225	0.160	0.103	0.090	20
0.238	0.313	0.276	0.315	0.287	0.242	0.177	0.119	0.104	24.5
0.259	0.342	0.299	0.343	0.317	0.268	0.195	0.130	0.114	29.5
0.319	0.413	0.366	0.417	0.381	0.321	0.234	0.153	0.132	40
0.479	0.526	0.496	0.532	0.481	0.412	0.307	0.204	0.175	50

يوضح الجدول 4 قيم معامل الارتباط (r) بين محتوى التربة من الكلس والانعكاسية الطيفية في الحزم الطيفية المدروسة وعند محتوى رطوبي 9 %، ويلاحظ أن قيم معامل الارتباط كانت عالية و تزيد عن 0.9 في جميع الحزم الطيفية، وقد تراوحت قيم معامل الارتباط بين 0.937 كحد أدنى و 0.969 كحد أعلى عند استخدام بيانات الحزمتين المنتخبتين (S.B) و B6 على التوالي، ويعد ارتفاع قيم معامل الارتباط مؤشراً على مدى تأثير محتوى التربة من الكلس في انعكاسيتها.

الجدول 4. قيم معامل الارتباط r بين محتوى التربة من الكلس والانعكاسية الطيفية في الحزم المكافئة لحزم المتحمس OLI والحزمة المنتخبة (S.B)

S.B 2350 nm	b9 1360-1390 nm	b7 2100-2300 nm	b6 1560-1660 nm	b5 845-885 nm	b4 630-680 nm	b3 525-600 nm	b2 450-515 nm	b1 453-433 nm	المحتوى الرطوبي (%)
0.937	0.967	0.964	0.969	0.961	0.955	0.954	0.949	0.949	9

النماذج الرياضية لتقدير نسبة الكلس في التربة باستخدام البيانات الطيفية:

يوضح الجدول 5 النماذج الرياضية لتقدير نسبة الكلس في التربة كمياً، وقيمتي معامل التحديد (R^2)، والخطأ القياسي (S.E) التي تم الحصول عليها من بيانات الانعكاسية الطيفية للحزم المكافئة لحزم المتحمس OLI عند رطوبة 9 %، إذ يلاحظ مدى صلاحية كل من النماذج الخطي والتربيعي والتكعبي في عملية تقدير الكلس، ويشير النموذج الخطي إلى أن الكلس في التربة قد ارتبط بعلاقة انحدار موجبة مع الانعكاسية الطيفية المسجلة في الحزمة B6، وبلغت قيمة معامل التحديد R^2 نحو 0.93، كما بلغت قيمة الخطأ القياسي 3.8. في حين أشار النموذج التربيعي إلى وجود علاقة انحدار موجبة بين قيم الانعكاسية ومربعاتها في الحزمة B6. ومحتوى التربة من الكلس، وبلغت قيمتي معامل التحديد والخطأ القياسي لهذه العلاقة نحو 0.98 و 4.8 على التوالي. في حين أظهر النموذج التكعبي علاقة انحدار سالبة بين محتوى التربة من الكلس وقيم الانعكاسية ومكعباتها المسجلة في الحزمة B6 وبالعلاقة انحدار موجبة مع مربع قيم الانعكاسية المسجلة في الحزمة نفسها، وبلغت قيمتي معامل التحديد والخطأ القياسي لهذه العلاقة نحو 0.99 و 2.4 على التوالي.

الجدول 5. النماذج الرياضية لتقدير نسبة الكلس في التربة باستخدام البيانات الطيفية، وقيمتي معامل التحديد (R^2) والخطأ القياسي (S.E).

الرطوبة	النموذج الخطي	R^2	S.E
% 9	Lime = - 22.989 + 143.205 (B6)	0.93	3.8
النموذج التربيعي			
% 9	Lime = 27.100 (B6) + 136.588 (B6 ²)	0.98	4.8
النموذج التكعيبي			
% 9	Lime = - 210.739 (B6) + 1375.540 (B6 ²) - 1511.231 (B6 ³)	0.99	2.4

وعند تطبيق النماذج الثلاثة على سبعة نماذج تربة لم تدخل في استنباط هذه النماذج لغرض اختبار إمكانية تقدير نسبة الكلس، أتضح أن النموذج التكعيبي كان هو الأفضل لامتلاكه أقل نسبة خطأ نسبي مئوي، والذي أستخدم كمييار للمفاضلة (الجدول 6)، إذ يلاحظ أن قيمة الخطأ النسبي المئوي لم تتجاوز 10% إلا في موقع واحد ذو نسبة الكلس المنخفضة من مجموع سبعة مواقع عند استخدام النموذج التكعيبي، في حين تجاوز الخطأ النسبي الـ 10% في ثلاثة وخمسة مواقع عند استخدام النموذجين الخطي والتربيعي على الترتيب.

الجدول 6. القيم المقاسة والمستشرفة للكلس في التربة عند محتوى رطوبي 9% باستخدام البيانات الطيفية.

القيمة المقاسة	النموذج الخطي		النموذج التربيعي		النموذج التكعيبي	
	القيمة المستشرفة	الخطأ النسبي المئوي (%)	القيمة المستشرفة	الخطأ النسبي المئوي (%)	القيمة المستشرفة	الخطأ النسبي المئوي (%)
%9						
10	15.25	52	16.97	69	13.04	30
15	16.53	10*	17.88	19	14.83	1*
20	18.96	5*	19.66	1*	18.32	8*
25	22.2	11	22.15	11	22.99	8*
30	26.19	12	25.41	15	28.64	4*
40	36.77	8*	35.1	12	41.78	4*
50	53.27	6*	53.16	6*	49.63	1*

النماذج الرياضية لتقدير نسبة الكلس باستخدام الحزمة المنتخبة (S.B):

يوضح الجدول 7 النماذج الرياضية لتقدير نسبة الكلس في التربة باستخدام قيم انعكاسية الحزمة المنتخبة S.B، إذ يلاحظ أن نسبة الكلس في التربة قد ارتبطت خطياً بعلاقة انحدار موجبة في الحزمة المنتخبة، وبلغت قيمتي معامل التحديد والخطأ القياسي نحو 0.88 و 5.3 على التوالي. أما في النموذج التربيعي فقد ارتبطت نسبة الكلس كميياً بعلاقة انحدار موجبة مع قيم الانعكاسية المسجلة في الحزمة S.B، وبالعلاقة انحدار سالبة مع مربعات قيم الانعكاسية للحزمة نفسها، وبلغت قيم معامل التحديد والخطأ القياسي نحو 0.99 و 1.7 على التوالي، وارتبطت نسبة الكلس في التربة بعلاقة انحدار موجبة مع قيم الانعكاسية المسجلة في الحزمة S.B، في حين ارتبطت بعلاقة انحدار سالبة مع مكعبات قيم الانعكاسية للحزمة نفسها، وبلغت قيمتي معامل التحديد والخطأ القياسي نحو 0.99 و 1.8 على التوالي.

الجدول 7. النماذج الرياضية لتقدير نسبة الكلس التربة باستخدام الحزمة المنتخبة (S.B)، وقيمتي معامل التحديد (R2) والخطأ القياسي (S.E).

الرطوبة	النموذج الخطي	R ²	S.E
% 9	Lime = - 9.210+ 132.535 (S.B)	0.88	5.3
النموذج التربيعي			
% 9	Lime = - 72.111 + 551.051 (S.B) - 618.662 (S.B ²)	0.99	1.7
النموذج التكعيبي			
% 9	Lime = - 53.502 + 360.226 (S.B) - 629.299 (S.B ³)	0.99	1.8

أما عند تطبيق النماذج المستخدمة في سبعة نماذج تربة لغرض اختبار صلاحيتها في تقدير نسبة الكلس باستخدام الحزمة المنتخبة S.B ذات الطول الموجي 2350 نانوميتر، فيشير الجدول 8 إلى أن الأنموذجين التربيعي والتكعيبي كانا الأفضل في عملية تقدير الكلس في التربة، وذلك لامتلاكهما نسبة خطأ أقل من 10% [وهي النسبة التي اعتمدها الكبيسي (1997) في الحكم على جودة الأنموذج] لسبعة نماذج تربة، وشذت قيمة واحدة عن الاستشراف المقبول لكلا الأنموذجين، في حين أخفق الأنموذج الخطي في عملية التقدير لشذوذ أربع قيم، والتي ازدادت فيها نسبة الخطأ النسبي المئوي عن القيمة المقبولة في عملية التقدير (10%).

الجدول 8. القيم المقاسة والمستشرفة للكلس في التربة عند محتوى رطوبي 9% باستخدام الحزمة المنتخبة (S.B).

القيمة المقاسة	النموذج الخطي		النموذج التربيعي		النموذج التكعيبي	
	القيمة المستشرفة	الخطأ النسبي	القيمة المستشرفة	الخطأ النسبي	القيمة المستشرفة	الخطأ النسبي
رطوبة 9%						
10	16.63	66	11.81	18	12.07	20
15	17.42	16	13.65	9*	13.79	8*
20	20.34	2*	20	0*	19.84	1*
25	22.33	10*	23.99	4*	23.74	5*
30	25.11	16	29.11	3*	28.86	4*
40	33.06	17	40.71	2*	40.98	2*
50	54.27	8*	49.89	0.2*	49.88	0.2*

الاستنتاجات:

يستنتج من هذه الدراسة الآتي:

- 1) تزداد الانعكاسية الطيفية للتربة مع زيادة نسبة الكلس فيها.
- 2) إن طيف الأشعة تحت الحمراء القريبة والمتوسطة هو الأفضل في الكشف عن وجود الكلس في التربة.
- 3) وجود حزمة امتصاص للكلس عند الطول الموجي 2350 نانوميتر، وقد تكون هذه الحزمة هي الأفضل في تشخيص وجود الكلس، وتقدير كميته في التربة.
- 4) تعد حزمة امتصاص الكلس المشار لها في (3) هي الأفضل في استشراف نسبة الكلس في التربة عند استخدام الأنموذج التربيعي أو التكعيبي، ويشاركها في الأفضلية الحزمة B6 ذات الطول الموجي (1560 - 1660 نانوميتر) عند استخدام الأنموذج التكعيبي حصراً.

المقترحات والتوصيات:

1. يمكن استخدام جهاز المطياف الاشعاعي للكشف عن وجود وكمية الكلس في التربة، ولاسيما عندما تزيد نسبة الكلس في التربة عن 10%.
2. زيادة التحري والبحث عن ماهية حزمة الامتصاص عند الطول الموجي 2350 نانوميتر، والتحقق من ارتباطها بوجود الكلس في التربة حصراً أم بمكونات أخرى في التربة.
3. دراسة مستويات كلس أقل من 10% في التربة، وإمكانية تشخيص وجودها وتحديد كميتها باستخدام المطياف الاشعاعي.

المراجع

- الصيرفي، زكريا مسعد؛ أيمن محمد الغمري .2006. طرق تحليلات الأراضي والمياه، كلية الزراعة، جامعة المنصورة، مصر.
- الكبيسي، احمد مدلول .1997. نمذجة التغيرات المكانية لبعض صفات التربة في منطقة حصيبة الشرقية باستخدام البيانات الرقمية للقمر الصناعي لاندسات - 5، أطروحة دكتوراه، قسم التربة، كلية الزراعة، جامعة بغداد.135.
- المشهداني، أحمد صالح؛ أحمد مدلول محمد الكبيسي .2014. كتاب علم التحسس النائي، جامعة بغداد، كلية الزراعة، الدار الجامعية للطباعة والنشر والترجمة.
- الهندي، فاتن؛ وسيم المسبر ويونس إدريس. 2014. دراسة تغير محتوى سهل الحير الشرقي من كربونات الكالسيوم باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية (30) -4 :41 - 51.
- بهلوان، محمد حسام 2010. تقدير محتوى التربة من الجبس باستخدام بيانات الانعكاسية الطيفية في ترب حوض مسكنة شرقي حلب، مجلة بحوث جامعة حلب، العدد (87).
- خلف، أياد عبدالله وجاسم خلف شلال .2013. الخواص الانعكاسية الطيفية لترب أراضي المراعي المتدهورة وعلاقتها بصفات التربة الفيزيائية والكيميائية، مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية، المجلد (13)، العدد (2): 1646-1813.
- راين، جون؛ جورج إسطفان وعبدالرشيد، .2003. تحليل تربة والنبات - دليل مختبري، المركز الدولي في المناطق الجافة (ICARDA). حلب سورية.
- Jabbar, K. Kassim. .2013. Metod for Estimation of Calcium Carbonate in Soils. Iraqi Agriculture Sciences, University of Sulaimani, Kurdistan, Iraq.
- Jamal, T. E; O.G. Mohamed, M.S. Magboul and E.A. Mushtaha .2016. Assessment of Calcimetric and Titrimetric Methods for Calcium Carbonate Estimation of Five Soil Types in Central Sudan. Department of Soil and Environment Sciences, University of Khartoum, Khartoum, Sudan. Journal of Geoscience and Environment Protection (4) :120- 127.
- Page, A. L. 1982. Method of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Am. Soc of Agron. Madison, Wisconsin.

N°. Sp Ref: 0017