

## أثر التسخين على تغير بعض خصائص الترب المأخوذة من مواقع مختلفة في محافظة حلب

الدكتور محمد وليد كامل\*

الدكتور محمد حسام بهلوان\*\*

(تاريخ الإيداع 13 / 12 / 2006. قبل للنشر في 28/2/2007)

### □ الملخص □

تمت دراسة أثر التسخين المتزايد على تغيرات بعض خصائص الترب الممثلة لمحافظة حلب في مخبر غرويات التربة ومعادن الطين في كلية الزراعة بجامعة حلب. وأظهرت النتائج أن هناك معامل ارتباط قدره 0.74 بين الفقد الرطوبي عند درجة حرارة 105 م ومحتوى الترب من الجزء الطيني. بينما كانت قيمة معامل الارتباط بين محتواها من كربونات الكالسيوم والفقد الوزني تقدر بنحو (0.64 -) عند درجة الحرارة 200 م، حيث كانت تزداد نسبة الفقد مع تناقص محتوى كربونات الكالسيوم. كما أظهرت النتائج دور المادة العضوية ومسؤوليتها عن الفقد الوزني حيث كان معامل الارتباط مرتفع (R=0.89) عند التسخين على درجة حرارة 300 م. وأظهرت أن معامل الارتباط بين محتوى الترب من الطين (%) والنسبة المئوية للوزن المفقود كان 0.66 عند درجة حرارة 500 م. كان للتسخين المتزايد عند درجة حرارة قدرها 750 م أثر في ارتفاع درجة تفاعل الترب المسخنة مقارنة بمثيلاتها في العجينة المشبعة ومعلق التربة (1 : 2.5) قبل التسخين. ويعزى ارتفاع درجة تفاعل الترب المسخنة إلى أكاسيد الرماد المتبقي من أكسدة المادة العضوية أولاً، وأكسدة الكاتيونات القلوية (الصوديوم والبوتاسيوم) والقلوية الأرضية (الكالسيوم والمغنيزيوم) ثانياً.

**الكلمات المفتاحية:** ترب محافظة حلب - تسخين الترب - أكسدة المادة العضوية - تحولات معادن الطين.

\*أستاذ - قسم التربة واستصلاح الأراضي - كلية الزراعة - جامعة حلب - حلب - سوريا.  
\*\* مدرس - قسم التربة واستصلاح الأراضي كلية الزراعة - جامعة حلب - حلب - سوريا.

## Effect of Heating on Change of Some Characteristics of Soils from Different Locations in Aleppo Governorate

Dr. Mohamed Walid Kamel\*  
Dr. Mohamed Hossam Bahlawan\*\*

(Received 13 / 12 / 2006. Accepted 28/2/2007)

### □ ABSTRACT □

The effect of heat increase on change of some characteristics of soils in Aleppo governorate was carried out in colloidal and clay mineral laboratory. The results showed a positive correlation coefficient of 0.74 between hygroscopic water and clay content at 105 C° , and of 0.66 between clay content and weight loss; whereas a negative correlation coefficient (R = - 0.64 ) was found between calcium carbonate and loss of weight at 200 C°. The results also showed the responsibility of organic matter in weight loss at 300 C° with a correlation coefficient of 0.89.

Increasing heating to 750C° led to pH increase of the heated soils compared with pH of soil paste and suspension pH (1:2.5) before heating. This is perhaps due to products from organic matter oxidation, and from oxidation of alkaline cations (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>) and earth alkaline cations (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>).

**Key words:** Aleppo governorate soils, Heated soils, Organic matter oxidation, Clay minerals transformation.

---

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

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

## المقدمة:

قد نملك من التكنولوجيا ما يسمح بدراسة متقدمة أكثر بقليل من الدراسة التي يمكن أن تنجز بدونها، فمنحنيات التحليل الحراري الوزني Thermogravimetry thermal analysis هي أداة للتعرف على أشكال الفقد في العينات الترابية (كامل، 1988) تتناول هذه الأشكال جزيئات الماء المدمصة على السطوح والممتصة ما بين سطوح صفائح معادن الطين وكذلك تمعدن المادة العضوية وتكسر كربونات الكالسيوم وانطلاق غاز  $CO_2$ ، ومع تلك الأشكال يجب تذكر الماء البلوري لكثير من المركبات وفي مقدمتها كبريتات الكالسيوم المائية  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ . هكذا من خلال معرفة نسب الطين والمادة العضوية وكربونات الكالسيوم يمكن إقامة علاقة بينها وبين منحنى التحليل الحراري لعينات ترب المواقع المختلفة المأخوذة من مواقع مختلفة في مناطق الاستقرار المطري التابعة لمحافظة حلب، وكذلك معرفة الأثر المحتمل والحقيقي في بعض خواصها.

لقد أظهرت الأبحاث والدراسات المتعلقة بحرائق الغابات والمراعي أنه يمكن للحرارة المتولدة عنها أن تقلل من مسامية التربة بسبب رماد المادة العضوية، وكذلك تزايد أثر تساقط المطر فيها وتحرر الفحوم الهيدروجينية من المادة العضوية وإنغسالها أو ادمصاصها على سطوح المجمعات الترابية أو معادن التربة مما يخلق حالة من تنافر بينها وبين جزيئات الماء فيقل محتواها المائي (Wells et al. 1979, McNabb and Swanson 1990, Wondzell et al. 2003). هذا وإن أي تناقص في مسامية تربة الغابة يعرض إنتاجيتها للخطر ويحد من قدرتها الإسفنجية على امتصاص الرطوبة مما يؤدي إلى تناقص رشح الماء فيها ويصعبه تناقص في الغطاء النباتي ويحد من تجده طبيعياً. إن حبات المطر تحطم مجمعات التربة بعد أكسدة المادة العضوية فتتحرر معادن الطين التي تتحرك مغلفة المسام فيتناقص حجمها وعددها، وقد تغلق المسام بدقائق المجمعات الترابية التي نتجت عن تحطم المجمعات الكبيرة مما يزيد من نسبة الجريان السطحي لماء المطر خلال موسم الأمطار (Wells et al. 1979, Wondzell et al. 2003)، بالإضافة إلى أن الفحوم الهيدروجينية الناتجة عن احتراق المادة العضوية في الطبقة السطحية وانتقالها إلى طبقة التربة تحت السطحية قد تشكل طبقة غير نفوذة للماء Impermeable layer، وذلك بسبب تغليف الفحوم الهيدروجينية للمجمعات الترابية المتحطمة، حيث تشكل فيما بينها مواد غير محبة للماء، يرفع رماد المادة العضوية من درجة تفاعل التربة pH نحو القاعدية في الترب الحامضية مما يزيد من نشاط الكائنات الحية، ويزيد القلوية في الترب القاعدية مما يثبط من نشاطها، ويفسر ارتفاع درجة التفاعل في التربة بعد الحريق بتحرر المواد المعدنية على هيئة أكاسيد أو كربونات ذات تفاعلات قلوية، حيث يسود في الرماد كربونات قلوية وقلوية أرضية (Debano et al., 1977; Debano et al., 1979; Elliott and Vose, 2005).

إن إنغسال المواد الغذائية بعد الحريق يجعل التربة فقيرة بالعناصر الغذائية، ما عدا عناصر الفوسفور والكالسيوم والمغنيزيوم التي تكون مرتبطة بالجزء المعدني أكثر من وجودها ذائبة في الماء. وتحوّل حرارة الحريق بعضاً من العناصر الكيميائية إلى حالة غازية منطلقاً من التربة إلى الهواء الجوي، ومن تلك العناصر: النتروجين والكبريت والبوتاسيوم والفوسفور والمغنيزيوم والكالسيوم والمنغنيز (Raison et al. 1985a, 1985b; Tiedemann 1987) وتنفد من التربة المسخنة بحرارة الحريق على شكل أكاسيد في درجات الحرارة العالية أما النتروجين فيفقد في درجة الحرارة المنخفضة.

يتخرب الجزء الطيني clay fraction إذا ما ارتفعت حرارة التربة إلى ما بين 400 - 800 م، مما يجعل قوام التربة أكثر خشونة وأكثر قابلية للانجراف (Chandler et al., 1983). وقد تحسن في بعض الحالات عملية

استحراث التربة الثقيلة تحت ظروف الحرارة المرتفعة لكون حرارة الحريق تجعل الجزء الطيني سهل التفتت. كما وتتناقص المسامية بفعل تعرض الجزء الطيني للنار، وما يتبعه من فعل حبات المطر في تحطيمها ونقلها خلال مقطع التربة، عندئذ تزداد قيم الكثافة الظاهرية في التربة (DeByle, 1981).

إن فقد المادة الدبالية من التربة بنار الحريق يعني فقد الحالة الغروية للمعقدات الدبالية - الطينية complexes argilo-humiques، وتبدل البناء الأرضي إلى بناء متكتل، مما يؤدي إلى تعرية شاقولية أو غسل يشجع على تعريض التربة مباشرة للشمس والمطر. أما الاحتراق الخفيف فيزيد من درجة تفاعل التربة، ويحفز عملية النترنة nitrification ويحسن خواص التربة الكيميائية، ويكسب الرماد الأسود المتوضع على سطح التربة اللون القاتم dark color، مما يحسن من التوصيل الحراري للطاقة الشمسية وارتفاع حرارة التربة. عندئذ تتسرع عملية إنبات البذور seed germination ونموها وجاهزية الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيزيوم في الرماد المتوضع، حيث تعتبر تلك العناصر ذاتبة ومتاحة للنبات.

### المواد وطرائق العمل:

تم اختيار ثلاثة مواقع مختلفة من كل منطقة من مناطق الاستقرار الزراعي وفق عمقين : 30-0 سم و 60-30 سم كما هو موضح في الجدول رقم (1)، ثم أخذت عينات ترابية ممثلة للطبقات السطحية surface layers والطبقات تحت السطحية subsurface layers من المواقع المختلفة، مع المراعاة أن تكون العينة الترابية المأخوذة ذات مجتمعات ترابية Aggregates ممثلة تماماً لظروف وجودها في الحقل من حيث الشكل والحجم أولاً، وعدم تلوثها ببعضها بعضاً ثانياً، وفق طريقة الدرجة المقترحة التي أنجزت بحفر العمق 30 سم ثم تشكيل درجة تسمح بالحفر لعمق 60 سم، وذلك بدلا من طريقة الحفر المستمر لأخذ العينة الترابية من العمق 30-0 سم ثم من العمق 60-30 سم.

استخدم ناعم التربة (soil fine < 2mm) في تقدير قوام التربة بالاعتماد على طريقة فصل المكونات الأولية المتبعة بطريقة الهيدرومتر (Page, 1982)، وكذلك تم تقدير كربونات الكالسيوم ( $\text{CaCO}_3$  %) الكلية بطريقة المعايرة الرجعية، وتقدير المادة العضوية بطريقة المعايرة السريعة بعد أكسدتها بديكرومات البوتاسيوم  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  وفق طريقة الأكسدة المبتلة التي أوضحها Black & Walky والموصوفة من قبل (Jackson, 1969) (جدول رقم 3)، ثم حضرت عجينة مشبعة لعينات ترب المواقع المختلفة قيست فيها درجة التفاعل pH ومن ثم الناقلية الكهربائية EC في مستخلصات العجينة المشبعة soil paste (Richards, 1954)، كما قدرت الكاتيونات والأنيونات الذائبة والسائدة في هذه المستخلصات (Page, 1982) (جدول رقم 2).

الجدول رقم (1) - يبين توزع العينات الترابية المأخوذة من الطبقة السطحية (0-30 سم) وتحت السطحية (30-60 سم) في مناطق الاستقرار الزراعي بحسب الترميز الرقمي.

	عمق الطبقة (cm) Layer Depth	منطقة الاستقرار-1 Zone-1	منطقة الاستقرار-2 Zone-2	منطقة الاستقرار-3 Zone-3	منطقة الاستقرار-4 Zone-4	منطقة الاستقرار-5 Zone-5
الموقع الأول Location-1	(S) Surface 0 - 30	عفرين (أناب) Z <sub>1</sub> L <sub>1</sub> S	الباب (قبيسين) Z <sub>2</sub> L <sub>1</sub> S	سفيرة (المصيدة) Z <sub>3</sub> L <sub>1</sub> S	الخصائر (المويلج) Z <sub>4</sub> L <sub>1</sub> S	بادية حلب (الفنخة) Z <sub>5</sub> L <sub>1</sub> S
	Subsurface (su) 30 - 60	عفرين (أناب) Z <sub>1</sub> L <sub>1</sub> Su	الباب (قبيسين) Z <sub>2</sub> L <sub>1</sub> Su	سفيرة (المصيدة) Z <sub>3</sub> L <sub>1</sub> Su	الخصائر (المويلج) Z <sub>4</sub> L <sub>1</sub> Su	بادية حلب (الفنخة) Z <sub>5</sub> L <sub>1</sub> Su
الموقع الثاني Location-2	(S) Surface 0 - 30	أعزاز (يحمول) Z <sub>1</sub> L <sub>2</sub> S	بحوث مسلمية Z <sub>2</sub> L <sub>2</sub> S	جبل الحص Z <sub>3</sub> L <sub>2</sub> S	شلالة كبيرة Z <sub>4</sub> L <sub>2</sub> S	بادية حلب (المزة) Z <sub>5</sub> L <sub>2</sub> S
	Subsurface (su) 30 - 60	أعزاز (يحمول) Z <sub>1</sub> L <sub>2</sub> Su	بحوث مسلمية Z <sub>2</sub> L <sub>2</sub> Su	جبل الحص Z <sub>3</sub> L <sub>2</sub> Su	شلالة كبيرة Z <sub>4</sub> L <sub>2</sub> Su	بادية حلب (المزة) Z <sub>5</sub> L <sub>2</sub> Su
الموقع الثالث Location-3	(S) Surface 0 - 30	مارع (ثل قراح) Z <sub>1</sub> L <sub>3</sub> S	بحوث صربايا Z <sub>2</sub> L <sub>3</sub> S	ثل الضمان Z <sub>3</sub> L <sub>3</sub> S	خصائر Z <sub>4</sub> L <sub>3</sub> S	بادية حلب (الكواسية) Z <sub>5</sub> L <sub>3</sub> S
	Subsurface (su) 30 - 60	مارع (ثل قراح) Z <sub>1</sub> L <sub>3</sub> Su	بحوث صربايا Z <sub>2</sub> L <sub>3</sub> Su	ثل الضمان Z <sub>3</sub> L <sub>3</sub> Su	خصائر Z <sub>4</sub> L <sub>3</sub> Su	بادية حلب (الكواسية) Z <sub>5</sub> L <sub>3</sub> Su

تمت عملية تسخين عينات ترب المواقع المختلفة السطحية منها وتحت السطحية في بواتق فخارية، تحوي كل بوتقة 15 غرام تربة جافة هوائياً. جرت عملية التسخين على مراحل داخل فرن كهربائي من أجل درجات الحرارة التالية: 105 - 200 - 300 م خلال 48 ساعة، وداخل مرمدة من أجل درجات الحرارة التالية: 500 - 750 م خلال 2 ساعة، وبعد أن تمت عملية الوزن بميزان كهربائي جرى حساب النسبة المئوية للفقد الوزني لعينات الترب (جدول رقم 4). كما تم قياس درجة التفاعل pH (الجدول رقم 5) والناقلية الكهربائية EC (الجدول رقم 6) في معلق ورائق عينات الترب في (2.5 : 1) التي سخنت داخل المرمدة لدرجة حرارة قدرها 750 م خلال فترات زمنية تتراوح من 24 ساعة إلى 120 ساعة .

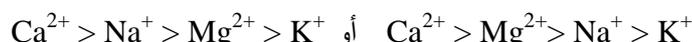
### أهمية البحث وأهدافه:

تهدف هذه الدراسة إلى:

- 1- معرفة التغيرات التي تطرأ على بعض خواص التربة الناجمة عن عمليات التسخين على درجات حرارة 105 - 200 - 300 - 500 - 750 م تحت ظروف المخبر .
- 2- معرفة العلاقة القائمة بين الفقد الرطوبي عند التسخين على 105 م ومحتوى التربة من الطين .
- 3- تتبع الفقد الوزني لعينات الترب المسخنة على درجات حرارة عالية .
- 4- ربط منحنى التحليل الحراري الوزني مع محتوى التربة من الطين والمادة العضوية وكربونات الكالسيوم .

## النتائج والمناقشة:

قد تقترب عملية التسخين المخبري لعينات الترب المأخوذة من مواقع مختلفة ( تتميز بتدرج الجفاف من منطقة الاستقرار الأولى إلى منطقة الاستقرار الخامسة) لما يحدث لطبقة التربة السطحية في الطبيعة من حرق لمخلفات المحاصيل الزراعية أو من حرائق الغابات. وأهم ما يميز تلك الترب ( الجدول رقم 2) أن درجة التفاعل pH في العينة المشبعة كانت تتراوح ما بين 7.56 في العينة (Z<sub>1</sub>L<sub>2</sub>S) وبين 8.36 في العينة (Z<sub>3</sub>L<sub>3</sub>Su)، وأن درجة الناقلية الكهربائية EC<sub>e</sub> مقدرة dS.m<sup>-1</sup> كانت تتراوح ما بين 0.32 في العينة (Z<sub>3</sub>L<sub>3</sub>Su) و 5.00 في العينة (Z<sub>5</sub>L<sub>1</sub>Su)، وان ترتيب سيادة الكاتيونات مقدرة بالمليمكافىء / لتر في مستخلص العينة المشبعة كانت على النحو التالي :



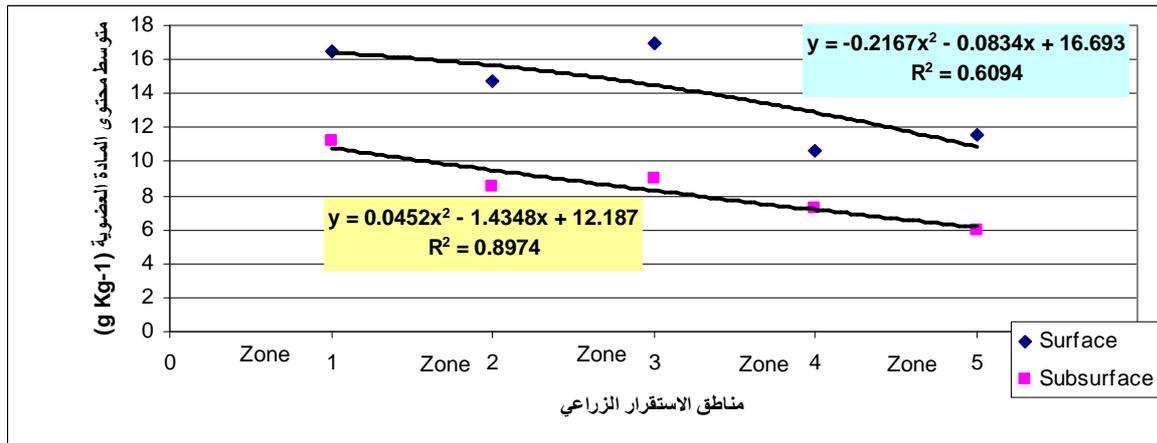
إلا أن تركيز كاتيون الصوديوم كان هو الأعلى من بقية الكاتيونات في العينات الموسومة Z<sub>3</sub>L<sub>3</sub>Su ، Z<sub>4</sub>L<sub>2</sub>Su ، Z<sub>4</sub>L<sub>1</sub>Su . وكان يتبادل السيادة مع المغنيزيوم في بعض الحالات حيث كان يأتي بعد الكالسيوم في الترتيب .

الجدول رقم (2) - يبين نتائج تحليل عينة التربة المشبعة soil paste لعينات الترب

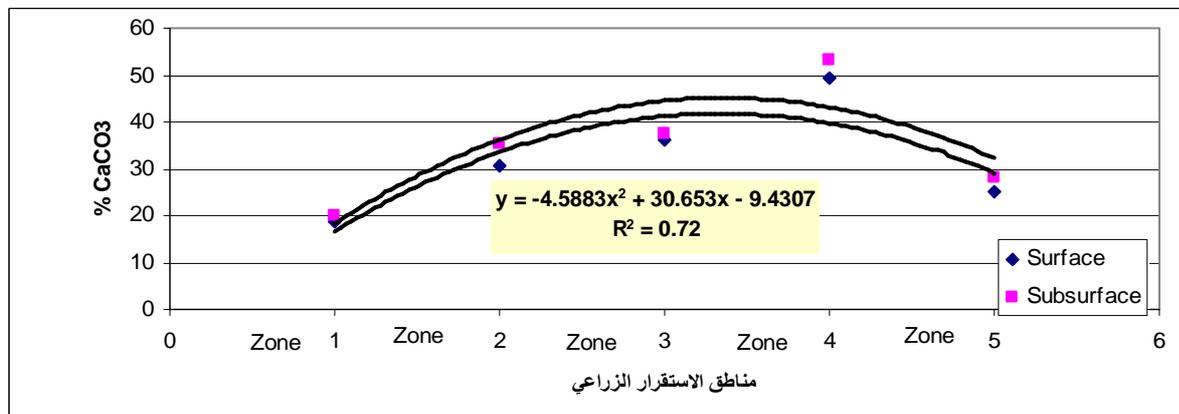
Sample code	pH soil paste	EC <sub>e</sub> dS.m <sup>-1</sup>	تركيز الكاتيونات (meq L <sup>-1</sup> )				تركيز الأنيونات (meq L <sup>-1</sup> )		
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Z <sub>1</sub> L <sub>1</sub> S	7.81	0.50	3.88	1.25	1.04	0.18	5.00	1.50	-
Z <sub>1</sub> L <sub>1</sub> Su	7.86	0.57	5.13	1.00	0.78	0.13	4.50	2.00	0.63
Z <sub>1</sub> L <sub>2</sub> S	7.56	0.89	6.88	2.75	0.78	0.15	3.50	3.75	1.88
Z <sub>1</sub> L <sub>2</sub> Su	7.89	0.56	4.00	1.75	0.70	0.12	4.00	1.25	1.75
Z <sub>1</sub> L <sub>3</sub> S	7.92	0.38	3.13	0.25	0.65	0.10	4.50	1.50	-
Z <sub>1</sub> L <sub>3</sub> Su	7.97	0.35	2.25	0.25	2.17	0.20	3.00	1.25	0.13
Z <sub>2</sub> L <sub>1</sub> S	7.99	0.49	4.50	0.50	0.61	0.13	5.00	1.25	-
Z <sub>2</sub> L <sub>1</sub> Su	8.06	0.41	4.38	0.25	1.74	0.10	3.50	2.00	-
Z <sub>2</sub> L <sub>2</sub> S	8.02	0.45	3.13	1.75	0.91	0.10	4.25	1.00	0.38
Z <sub>2</sub> L <sub>2</sub> Su	8.23	0.43	2.38	0.25	0.78	0.08	3.50	1.25	0.63
Z <sub>2</sub> L <sub>3</sub> S	7.99	0.37	3.13	1.00	0.87	0.12	4.00	0.75	-
Z <sub>2</sub> L <sub>3</sub> Su	8.07	0.34	2.38	0.50	2.17	0.08	3.00	0.75	0.50
Z <sub>3</sub> L <sub>1</sub> S	7.99	0.95	7.25	1.25	3.04	1.28	7.50	2.00	2.38
Z <sub>3</sub> L <sub>1</sub> Su	8.14	0.65	4.00	1.50	3.04	0.14	3.75	1.25	3.13
Z <sub>3</sub> L <sub>2</sub> S	8.07	0.43	3.00	1.75	0.70	0.10	4.25	1.25	-
Z <sub>3</sub> L <sub>2</sub> Su	8.22	0.33	1.88	1.00	1.74	0.05	3.00	1.00	0.13
Z <sub>3</sub> L <sub>3</sub> S	8.12	0.35	2.50	1.25	0.83	0.13	4.10	1.00	-
Z <sub>3</sub> L <sub>3</sub> Su	8.36	0.32	1.38	0.50	2.17	0.08	3.25	1.00	-
Z <sub>4</sub> L <sub>1</sub> S	8.22	0.52	3.00	1.00	2.61	0.33	3.75	1.5	1.25
Z <sub>4</sub> L <sub>1</sub> Su	8.29	5.56	6.75	3.00	43.48	0.31	2.50	41.00	12.1
Z <sub>4</sub> L <sub>2</sub> S	8.11	0.45	3.63	1.00	1.09	0.13	3.50	2.00	0.13
Z <sub>4</sub> L <sub>2</sub> Su	8.17	1.26	5.00	2.25	7.39	0.07	2.25	7.50	6.00
Z <sub>4</sub> L <sub>3</sub> S	8.14	0.36	3.13	0.75	0.87	0.10	2.75	1.25	0.50
Z <sub>4</sub> L <sub>3</sub> Su	8.25	0.40	2.88	0.50	1.30	0.50	1.75	1.25	2.00
Z <sub>5</sub> L <sub>1</sub> S	7.91	4.99	42.50	6.25	3.91	1.28	3.25	25.00	21.65
Z <sub>5</sub> L <sub>1</sub> Su	8.12	5.00	32.25	14.25	2.61	0.36	3.00	19.00	28.00
Z <sub>5</sub> L <sub>2</sub> S	8.08	1.00	8.88	2.50	1.30	0.28	3.65	1.50	7.35

Z <sub>5</sub> L <sub>2</sub> Su	8.05	1.26	9.00	2.75	3.48	0.11	2.00	3.75	10.00
Z <sub>5</sub> L <sub>3</sub> S	8.01	1.53	14.00	4.25	0.57	0.33	3.00	1.50	14.63
Z <sub>5</sub> L <sub>3</sub> Su	8.06	3.10	27.50	11.50	1.74	0.12	1.50	2.00	35.25

أما فيما يتعلق بمحتوى عينات الترب من المادة العضوية ( $g.Kg^{-1}$ ) وكربونات الكالسيوم (%) والجزء الطيني (%) (الجدول رقم 3)، فكانت المادة العضوية أقل من ( $20 g kg^{-1}$ ) في جميع العينات ما عدا في العينة Z<sub>3</sub>L<sub>1</sub>S ( $30.4 g kg^{-1}$ )، ويوضح الشكل رقم (1) تناقص متوسط محتوى المادة العضوية بالانتقال من ترب منطقة الاستقرار الأولى إلى ترب منطقة الاستقرار الخامسة حيث كانت قيمة معامل الارتباط ( $R=0.78$ ) للطبقة السطحية و ( $R=0.95$ ) للطبقة تحت السطحية. أما سلوك محتوى كربونات الكالسيوم في ترب المواقع المختلفة ( الشكل رقم 2) فكان متزايداً بالانتقال من ترب منطقة الاستقرار الأولى إلى ترب منطقة الاستقرار الرابعة حيث كانت قيمة معامل الارتباط ( $R=0.85$ )، قبل أن يعاود الانخفاض في منطقة الاستقرار الخامسة. أما فيما يتعلق بمحتوى الطين وتوزعه في مختلف عينات الترب المدروسة فقد كان هناك علاقة عكسية بين ترب مناطق الاستقرار المختلفة ومحتوى الطين فيها حيث تناقص محتوى الطين إلى أقل من 20% (جدول رقم 3) في عينات ترب منطقة الاستقرار الخامسة باستثناء العينة تحت السطحية (Z<sub>5</sub>L<sub>3</sub>Su) الممثلة لترب بادية حلب (الكواسية).



الشكل رقم (1) - يبين تغيرات متوسط محتوى المادة العضوية ( $g.Kg^{-1}$ ) في مختلف الترب الممثلة لمناطق الاستقرار الزراعي



الشكل رقم (2) - يبين تغيرات النسبة المئوية لكريونات الكالسيوم في مختلف الترب الممثلة لمناطق الاستقرار الزراعي

الجدول رقم (3) - يبين قوام الترب المدروسة ومحتواها من المادة العضوية ( $\text{g kg}^{-1}$ ) وكربونات الكالسيوم والطين (%)

Sample code	المادة العضوية $\text{g Kg}^{-1}$	% $\text{CaCO}_3$	التوزع الحجمي لحبيبات الترب			القوام Soil Texture
			% Sand	% Silt	% Clay	
Z <sub>1</sub> L <sub>1</sub> S	19.7	18.06	28.22	36.39	35.39	طينية لوميه
Z <sub>1</sub> L <sub>1</sub> Su	13.1	20.31	21.19	23.11	55.70	طينية
Z <sub>1</sub> L <sub>2</sub> S	15.2	11.75	10.77	30.43	58.80	طينية
Z <sub>1</sub> L <sub>2</sub> Su	10.7	12.75	34.68	14.39	50.93	طينية
Z <sub>1</sub> L <sub>3</sub> S	14.5	26.88	24.16	21.73	54.11	طينية
Z <sub>1</sub> L <sub>3</sub> Su	9.7	26.75	21.92	22.76	55.32	طينية
Z <sub>2</sub> L <sub>1</sub> S	19.1	22.19	20.70	40.62	38.68	طينية لوميه
Z <sub>2</sub> L <sub>1</sub> Su	9.7	22.19	17.85	31.38	50.77	طينية
Z <sub>2</sub> L <sub>2</sub> S	15.2	46.88	31.99	25.92	42.09	طينية
Z <sub>2</sub> L <sub>2</sub> Su	8.3	61.50	26.52	26.22	47.26	طينية
Z <sub>2</sub> L <sub>3</sub> S	19.8	23.13	30.84	11.09	58.07	طينية
Z <sub>2</sub> L <sub>3</sub> Su	7.6	22.19	21.98	12.06	65.96	طينية
Z <sub>3</sub> L <sub>1</sub> S	30.4	37.19	46.33	43.91	9.76	رملية لوميه
Z <sub>3</sub> L <sub>1</sub> Su	13.1	36.63	43.30	19.53	37.17	طينية لوميه
Z <sub>3</sub> L <sub>2</sub> S	12.1	31.88	32.10	24.69	43.21	طينية
Z <sub>3</sub> L <sub>2</sub> Su	9.0	30.63	22.31	24.86	52.83	طينية
Z <sub>3</sub> L <sub>3</sub> S	8.3	39.00	39.23	19.47	41.30	طينية
Z <sub>3</sub> L <sub>3</sub> Su	9.8	45.63	33.51	15.83	50.66	طينية
Z <sub>4</sub> L <sub>1</sub> S	13.1	45.63	52.61	22.51	24.88	رملية طينية لوميه
Z <sub>4</sub> L <sub>1</sub> Su	11.7	44.75	34.34	19.58	46.08	طينية
Z <sub>4</sub> L <sub>2</sub> S	10.9	49.88	64.34	8.28	27.38	رملية طينية لوميه
Z <sub>4</sub> L <sub>2</sub> Su	5.2	51.63	61.39	10.45	28.16	رملية طينية لوميه
Z <sub>4</sub> L <sub>3</sub> S	8.3	53.00	74.65	7.26	18.09	رملية لوميه
Z <sub>4</sub> L <sub>3</sub> Su	4.8	63.50	64.46	12.38	23.16	رملية طينية لوميه
Z <sub>5</sub> L <sub>1</sub> S	15.2	19.38	72.84	9.09	18.07	رملية لوميه
Z <sub>5</sub> L <sub>1</sub> Su	6.6	9.75	85.53	6.39	8.08	لوميه رملية

Z <sub>5</sub> L <sub>2</sub> S	11.0	25.25	81.57	8.73	9.70	لوميه رمليه
Z <sub>5</sub> L <sub>2</sub> Su	5.9	37.25	82.03	5.15	12.82	رمليه لوميه
Z <sub>5</sub> L <sub>3</sub> S	8.6	30.75	82.19	5.61	12.2	رمليه لوميه
Z <sub>5</sub> L <sub>3</sub> Su	5.5	37.75	32.33	17.85	49.82	طينية

إن الاستعمالات المختلفة للتحليل الحراري الوزني Thermogravimetry thermal analysis التي تتضمن التقدير الكمي لمعادن الطين وتقدير المادة العضوية وتقدير كميات الماء البلوري والماء المدمص (حسن وآخرون، 1972) كانت هي المحور الذي بنيت عليه هذه الدراسة، وكما هو معلوم تفقد معادن الطين الصور المختلفة للماء الموجود فيها عند درجات حرارة معينة، ويتميز كل معدن باحتوائه على نسب محددة من هذه الصور وبالتالي فإن كمية الفقد في الوزن بالتسخين الحراري عند درجات معينة تكون من الخواص المميزة للترب المدروسة بما تتضمنه من اختلافات في محتواها من المادة العضوية والجزء الطيني وكربونات الكالسيوم (الجدول رقم 4)، إذ يوضح الجدول النسب المئوية للفقد الوزني لجميع العينات الممثلة لترب مناطق الاستقرار الزراعي، وذلك باستخدام ناعم التربة (<2mm) كمادة جافة هوائياً من خلال التحليل الحراري الوزني داخل فرن كهربائي (105 - 200 - 300 م<sup>0</sup>) ومرمدة (500 - 750 م<sup>0</sup>).

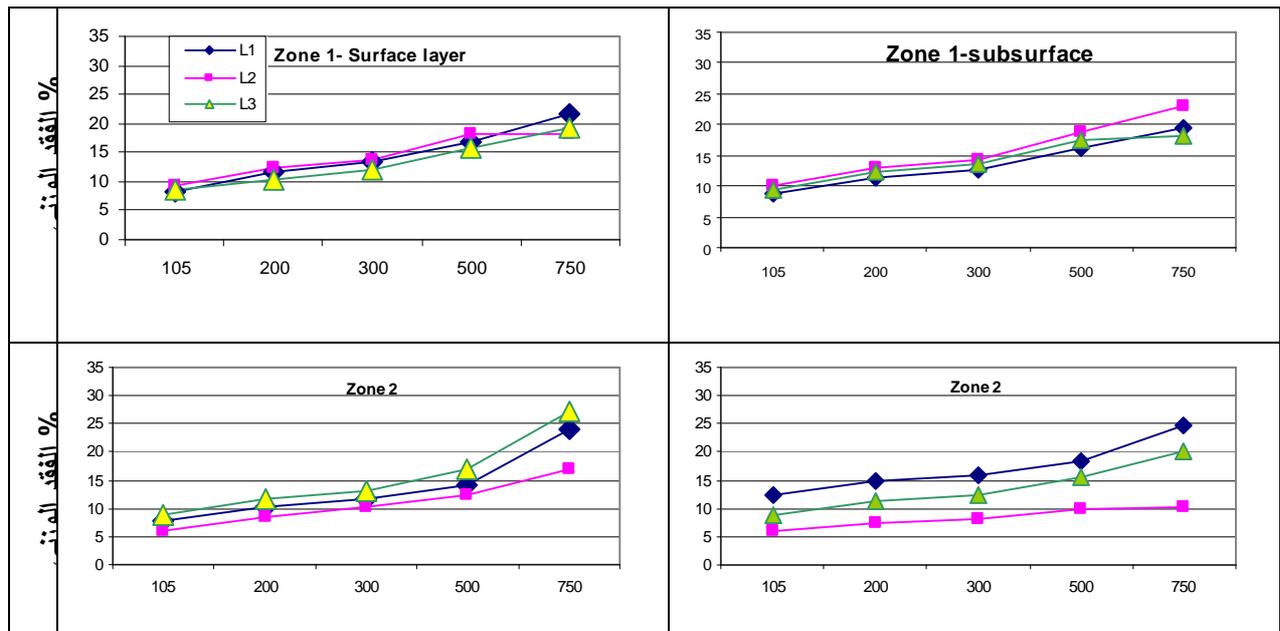
الجدول رقم (4) - يبين الفقد (وزناً %) بالتحليل الحراري الوزني (105 - 750 م<sup>0</sup>) لعينات جافة هوائياً

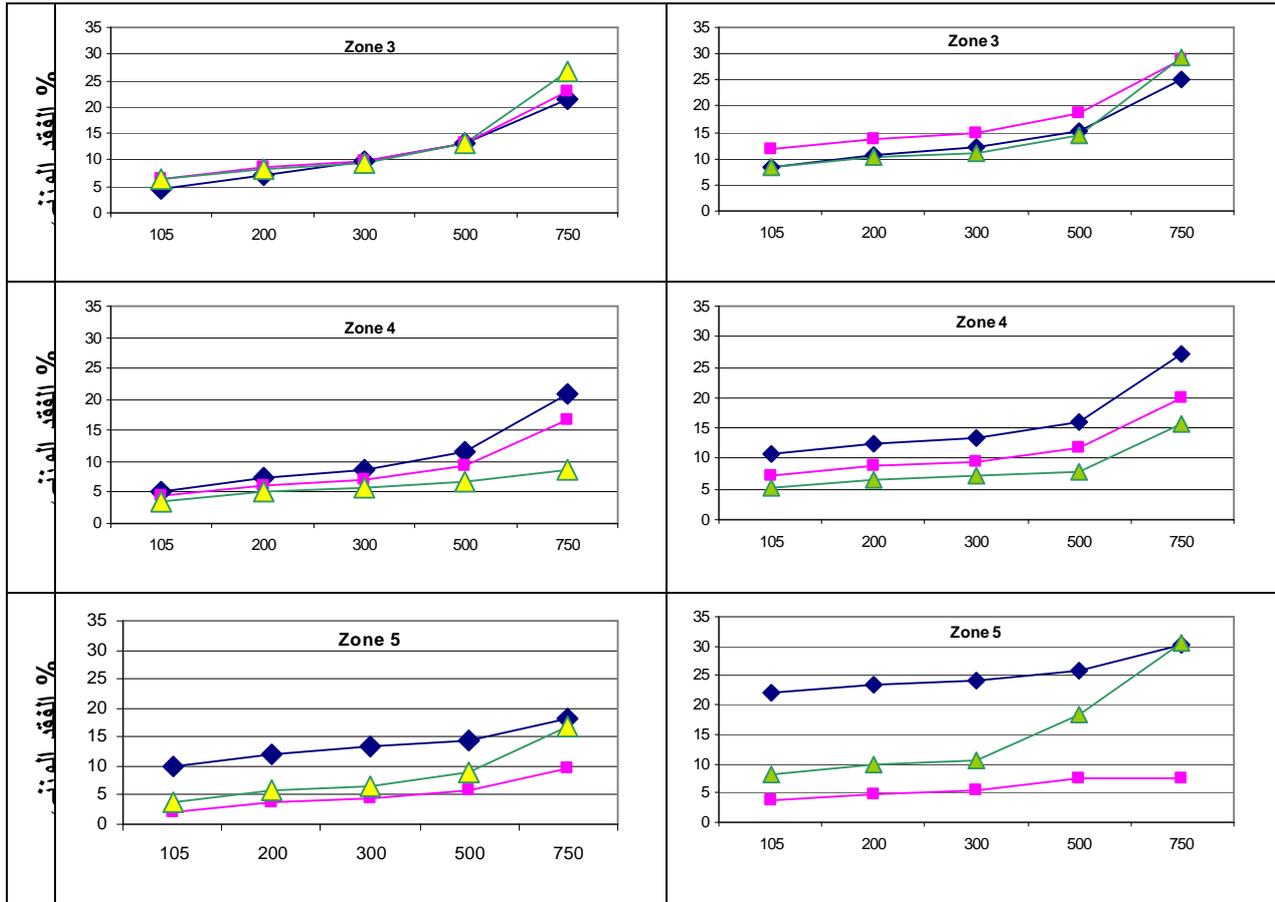
الرمز الرقمي	رقم العينة No. sample	الفقد (وزناً %)				
		105 <sup>0</sup>	200 <sup>0</sup>	300 <sup>0</sup>	500 <sup>0</sup>	750 <sup>0</sup>
Z <sub>1</sub> L <sub>1</sub> S	1	8.38	11.52	13.55	16.91	21.65
Z <sub>1</sub> L <sub>1</sub> Su	2	8.77	11.36	12.70	16.10	19.52
Z <sub>1</sub> L <sub>2</sub> S	3	9.25	12.28	13.81	18.02	18.20
Z <sub>1</sub> L <sub>2</sub> Su	4	10.13	13.04	14.24	18.86	22.95
Z <sub>1</sub> L <sub>3</sub> S	5	8.54	10.46	11.94	15.65	19.05
Z <sub>1</sub> L <sub>3</sub> Su	6	9.41	12.19	13.64	17.55	18.02
Z <sub>2</sub> L <sub>1</sub> S	7	7.84	10.38	11.77	14.24	24.17
Z <sub>2</sub> L <sub>1</sub> Su	8	12.28	14.85	16.01	18.30	24.58
Z <sub>2</sub> L <sub>2</sub> S	9	6.08	8.46	10.13	12.53	17.10
Z <sub>2</sub> L <sub>2</sub> Su	10	5.93	7.30	8.07	10.05	10.38
Z <sub>2</sub> L <sub>3</sub> S	11	8.70	11.69	13.21	16.82	27.12
Z <sub>2</sub> L <sub>3</sub> Su	12	8.93	11.19	12.28	15.56	20.00
Z <sub>3</sub> L <sub>1</sub> S	13	4.38	7.22	9.81	13.29	21.46
Z <sub>3</sub> L <sub>1</sub> Su	14	8.38	10.62	12.02	15.12	25.21
Z <sub>3</sub> L <sub>2</sub> S	15	6.31	8.54	9.97	13.12	22.85
Z <sub>3</sub> L <sub>2</sub> Su	16	11.77	13.64	14.85	18.67	28.98
Z <sub>3</sub> L <sub>3</sub> S	17	6.53	8.30	9.49	13.12	26.80
Z <sub>3</sub> L <sub>3</sub> Su	18	8.38	10.13	11.19	14.33	29.42
Z <sub>4</sub> L <sub>1</sub> S	19	5.19	7.37	8.54	11.44	20.77
Z <sub>4</sub> L <sub>1</sub> Su	20	10.78	12.44	13.46	16.10	27.23
Z <sub>4</sub> L <sub>2</sub> S	21	4.38	6.08	7.14	9.17	16.55
Z <sub>4</sub> L <sub>2</sub> Su	22	7.22	8.70	9.57	11.69	20.10
Z <sub>4</sub> L <sub>3</sub> S	23	3.59	5.12	5.93	6.69	8.77

Z <sub>4</sub> L <sub>3</sub> Su	24	5.19	6.46	7.14	7.84	15.65
Z <sub>5</sub> L <sub>1</sub> S	25	9.97	12.11	13.38	14.33	18.02
Z <sub>5</sub> L <sub>1</sub> Su	26	21.95	23.56	24.17	25.84	30.32
Z <sub>5</sub> L <sub>2</sub> S	27	2.18	3.81	4.60	5.86	9.73
Z <sub>5</sub> L <sub>2</sub> Su	28	3.59	4.82	5.41	7.45	7.53
Z <sub>5</sub> L <sub>3</sub> S	29	3.88	5.93	6.61	8.77	16.91
Z <sub>5</sub> L <sub>3</sub> Su	30	7.99	9.81	10.54	18.30	30.66

يظهر الشكل رقم (4) تزايد الفقد بالتسخين ابتداءً من درجة الحرارة 105 م ووصولاً إلى درجة الحرارة 750 م ويعزى هذا الفقد إلى تعاقب فقد الماء الأيروسكوبي ثم ماء التبلور لبورات الجيبس ثم أكسدة المادة العضوية بانطلاق ثاني اوكسيد الكربون CO<sub>2</sub> , ثم فقد الماء الممتص ما بين صفيحات الجزء الطيني والماء البلوري وإضافة إلى أكسدة كربونات الكالسيوم ضعيفة التبلور بانطلاق غاز CO<sub>2</sub> وفق المراحل التالية :

- المرحلة الأولى: 105 م / 48 ساعة ▲ = الماء الأيروسكوبي  
المرحلة الثانية: 200 م / 48 ساعة ▲ = ماء تبلور الجيبس  
المرحلة الثالثة: 200 - 300 م / 48 ساعة ▲ = مادة عضوية  
المرحلة الرابعة: 300 - 500 م / 2 ساعة ▲ = CO<sub>2</sub> مادة عضوية + الماء الممتص ما بين صفيحات معادن الطين.  
المرحلة الخامسة: 500 - 750 م / 2 ساعة ▲ = الماء البلوري عند معادن الطين ونسبة قليلة جدا من CO<sub>2</sub> الكربونات .



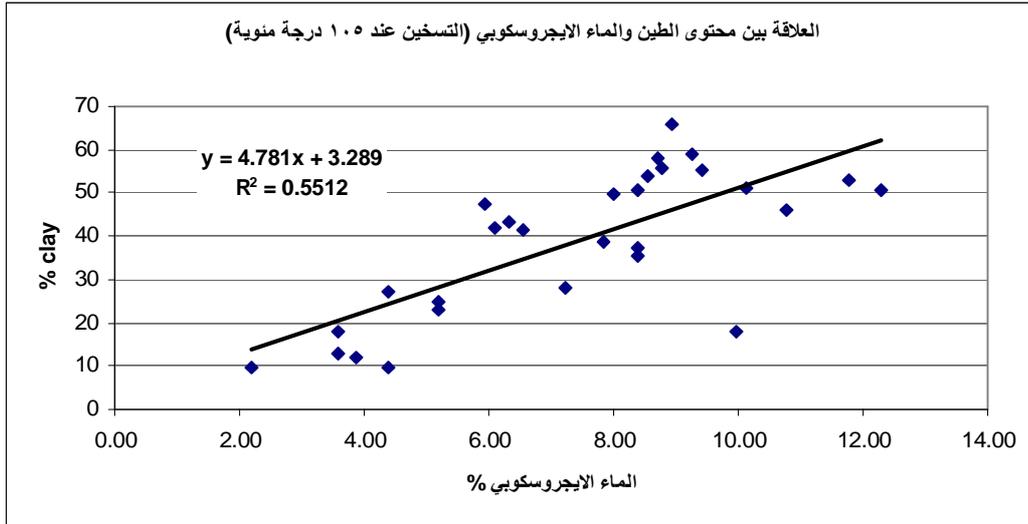


الشكل رقم (4) - يبين أثر التسخين لدرجات حرارة مختلفة (105 - 200 - 300 - 500 - 750 م) على النسبة المئوية للفقد (وزناً %) في عينات ترب المواقع المدروسة

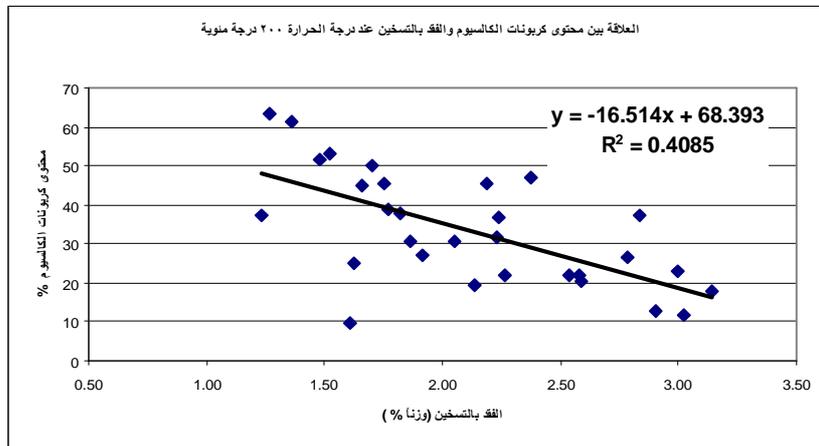
أظهرت النتائج (الشكل رقم 5) أن هناك علاقة ارتباط بين الماء الإيجروسكوبي (التسخين عند درجة حرارة 105 م) ومحتوى الجزء الطيني حيث كانت قيمة معامل الارتباط ( $R=0.74$ ). بينما كان معامل الارتباط بين محتوى كربونات الكالسيوم والفقد الوزني عند درجة الحرارة 200 م ( $R=-0.64$ ) وهي علاقة عكسية (شكل رقم 6) حيث كانت تزداد نسبة الفقد مع تناقص محتوى كربونات الكالسيوم، وهذا يعود إلى الاختلافات البيولوجية التي تصاحب تواجد كربونات الكالسيوم وتداخلها ثرموديناميكياً وبيدوجينياً مع الجبس بين موقع وآخر، حيث تأثرت ترب منطقة الاستقرار الخامسة بوجود تكوينات جبسية أظهرتها الدراسة المورفولوجية على شكل بودة powder form وأكدتها الدراسة المخبرية من خلال ارتفاع قيم الفقد الرطوبي عند التسخين على درجة حرارة 105 م حيث وصلت نسبة الفقد إلى 21.95 % في العينة رقم 26 ( $Z_5L_1Su$ ) الممثلة للطبقة تحت السطحية في موقع الفنخة (بادية حلب).

أكدت النتائج في الشكل رقم (7) الدور الواضح للمادة العضوية ومسؤوليتها عن الفقد الوزني عند التسخين على درجة حرارة 300 م، حيث كانت تزداد النسبة المئوية للفقد وزناً بتزايد محتوى المادة العضوية مع معامل ارتباط قدره ( $R=0.89$ ). وأوضح الشكل رقم (8) العلاقة بين محتوى الطين والفقد بالتسخين وزناً عند درجة حرارة 500 م في عينات الترب المدروسة، وتشير النتائج إلى وجود علاقة ارتباط بين نسبة الفقد ومحتوى الطين. لكن هذه العلاقة لم تكن

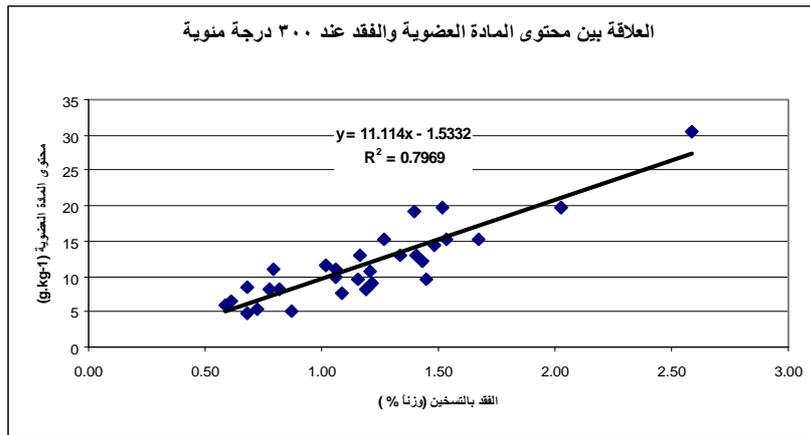
قوية كما كان عليه الحال في المادة العضوية، حيث بلغت قيمة معامل الارتباط ( $R=0.66$ ). هذا يعود إلى اختلافات جوهريّة بين خصائص معادن الطين التي تتوزع في الجزء الطيني ما بين خلطة من المعادن التي تنتمي إلى النموذج 1:1 كالكاولينيت والنموذج 1:2 كالسماكتيت والنموذج 2:2 كالكلوريت بالإضافة إلى الباليجورسكيت الذي يسود هذه الخلطة في المنطقة الرابعة والخامسة (كامل، 1988)، مع تواجد الأكاسيد والمواد الأمورفية كمعادن مرافقة للجزء الطيني في التربة، وهذه التكوينات المنروجية قد تكون هي الأكثر شيوعاً وانتشاراً في ترب المناطق المدروسة نظراً لتوفر الظروف الجيومناخية التي تتيح الفرصة لتواجد مثل هذه المكونات في الجزء الطيني لترب المواقع المختلفة.



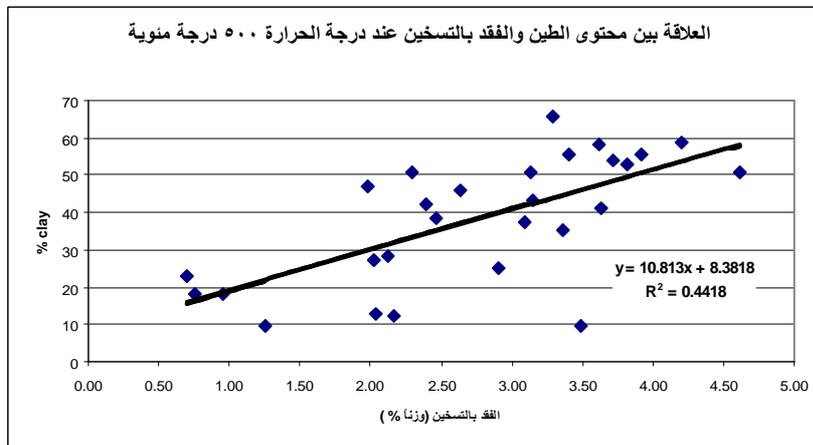
الشكل رقم (5) - يبين العلاقة بين محتوى الجزء الطيني (%) و النسبة المئوية للفقد الوزني للعائد للماء الإيروسكوبي عند 105 م<sup>0</sup> في عينات الترب



الشكل رقم (6) - يبين العلاقة بين محتوى كربونات الكالسيوم (%) والفقد بالتسخين (وزناً %) عند 200 م<sup>0</sup> في عينات الترب

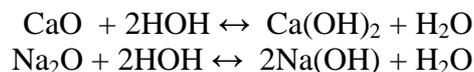


الشكل رقم (7) - يبين العلاقة بين محتوى المادة العضوية ( $\text{g.Kg}^{-1}$ ) والفقد بالتسخين (وزناً %) عند 300 م في عينات الترب



الشكل رقم (8) - يبين العلاقة بين محتوى الطين (%) والفقد بالتسخين (وزناً %) عند 500 م في عينات الترب

مما تقدم نجد أن التسخين المتزايد لعينات الترب كان أثره واضحاً على تغير خصائص طبقات الترب السطحية، وظهر ذلك جلياً من خلال ارتفاع درجة التفاعل pH للترب السطحية (بعد التسخين لدرجة الحرارة 750 م) مقارنة بمثيلاتها في العجينة المشبعة ومعلق التربة قبل التسخين (جدول رقم 5). ويعزى ارتفاع درجة التفاعل في المعلق قبل التسخين مقارنة بالعجينة المشبعة إلى تأثير التمديد dilution-effect وفقاً لنظرية دونان Donnan التي تنص على زيادة نشاط الكاتيونات على معقدات الامصاص في حالة التخفيف. أما ارتفاع درجة التفاعل إلى مرحلة القلوية بعد عملية التسخين لدرجة حرارة قدرها 750 م في معلق الترب المدروسة (1 : 2.5) فقد يعزى إلى أكاسيد الرماد المتبقي من أكسدة المادة العضوية أولاً وأكسدة كاتيونات الأملاح القلوية الصوديوم والبوتاسيوم والقلوية الأرضية الكالسيوم والمغنيزيوم ثانياً، وذلك بعد التحولات التي تطرأ على التركيب البنائي لمعادن الطين في درجات الحرارة العالية 750 م إذ يتخرب الجزء الطيني clay fraction (Chandler et al., 1983) إذا ما ارتفعت حرارة التربة إلى درجات حرارة (400 - 800 م)، وأكاسيد تلك العناصر تعطى مع الماء هيدروكسيداتاً وفق التفاعلات التالية :



وهذا يتفق مع العديد من الدراسات التي تناولت تأثير حرائق الغابات على خصائص التربة (Debano et al., 1977) و (Debano et al., 1979) و (Elliott and Vose, 2005).

الجدول رقم (5) - يبين درجة التفاعل pH في عينات الترب السطحية قبل التسخين وبعد التسخين على درجة 750 م مع الزمن

الرمز الرقمي	درجة التفاعل pH قبل التسخين		درجة التفاعل pH بعد التسخين على 750 م (مستخلص 1:2.5)			
	pH <sub>paste</sub>	pH <sub>(1:2.5)</sub>	pH(24 h)	pH(48 h)	pH(96 h)	pH(120 h)
Z <sub>1</sub> L <sub>1</sub> S	7.81	8.65	9.99	9.71	10.09	9.97
Z <sub>1</sub> L <sub>2</sub> S	7.56	8.62	8	8.07	8.36	8.44
Z <sub>1</sub> L <sub>3</sub> S	7.92	8.83	9.7	9.83	10.15	9.94
Z <sub>2</sub> L <sub>1</sub> S	7.99	8.80	10.11	10.34	10.81	10.52
Z <sub>2</sub> L <sub>2</sub> S	8.02	8.86	10.06	10.32	10.56	10.37
Z <sub>2</sub> L <sub>3</sub> S	7.99	8.97	9.83	9.84	9.98	9.65
Z <sub>3</sub> L <sub>1</sub> S	7.99	8.91	11.06	11.21	10.38	11.38
Z <sub>3</sub> L <sub>2</sub> S	8.07	8.96	10.87	11.06	11.18	11.14
Z <sub>3</sub> L <sub>3</sub> S	8.12	8.97	11.06	11.11	11.2	11.26
Z <sub>4</sub> L <sub>1</sub> S	8.22	9.15	11.24	11.33	11.53	11.5
Z <sub>4</sub> L <sub>2</sub> S	8.11	9.00	11.3	11.39	11.44	11.52
Z <sub>4</sub> L <sub>3</sub> S	8.14	8.90	9.58	9.54	9.78	9.61
Z <sub>5</sub> L <sub>1</sub> S	7.91	8.25	10.21	10.14	10.22	10.19
Z <sub>5</sub> L <sub>2</sub> S	8.08	8.80	10.98	11.1	11.07	11.02
Z <sub>5</sub> L <sub>3</sub> S	8.01	8.86	11.45	11.6	11.5	11.67

الجدول رقم (6) - يبين قيم التوصيل الكهربائي EC ( $\text{mS.Cm}^{-1}$ ) في مستخلصات التربة قبل التسخين وبعد التسخين لدرجة 750 م ولفترات زمنية (24 - 120 ساعة)

الرمز الرقمي	EC <sub>(1:2.5)</sub> قبل التسخين ( $\text{mS.Cm}^{-1}$ )	قيم التوصيل الكهربائي EC في مستخلصات التربة (2.5:1) بعد التسخين على 750 م ( $\text{mS.Cm}^{-1}$ )			
		24 h	48 h	96 h	120 h
Z <sub>1</sub> L <sub>1</sub> S	230	232	213	130	144
Z <sub>1</sub> L <sub>2</sub> S	241	290	734	356	374
Z <sub>1</sub> L <sub>3</sub> S	175	238	378	198	180
Z <sub>2</sub> L <sub>1</sub> S	161	278	347	254	201
Z <sub>2</sub> L <sub>2</sub> S	183	280	362	248	199
Z <sub>2</sub> L <sub>3</sub> S	174	309	524	57	241
Z <sub>3</sub> L <sub>1</sub> S	279	502	630	694	324
Z <sub>3</sub> L <sub>2</sub> S	155	371	487	94	239
Z <sub>3</sub> L <sub>3</sub> S	123	237	598	155	223
Z <sub>4</sub> L <sub>1</sub> S	164	222	436	285	214
Z <sub>4</sub> L <sub>2</sub> S	168	159	343	290	148
Z <sub>4</sub> L <sub>3</sub> S	165	210	313	57	184

Z <sub>5</sub> L <sub>1</sub> S	2660	1556	2780	1210	2480
Z <sub>5</sub> L <sub>2</sub> S	218	282	680	202	257
Z <sub>5</sub> L <sub>3</sub> S	365	389	632	164	103

لقد كان لنواتج الأكسدة أثر واضح في زيادة الناقلية الكهربائية لمستخلص التربة ( 2.5 : 1 ) ( الجدول رقم 6) مقارنة بمثيلاتها في مستخلص التربة قبل التسخين فيما يخص الطبقة السطحية. أما إزالة الأملاح بتجديد الماء في عينات التربة المسخنة بعد 48 ساعة فقد سمح بتدخل ظواهر أخرى مثل تجدد إذابة جزئية للاكاسيد وكذلك كربنة بعضها من خلال ترسيب نسبي لأكاسيد الكالسيوم والمغنيزيوم على سحنة دولوميت مما يعزز من درجة تفاعل معقدات عينات التربة المسخنة:



### الاستنتاجات:

أولاً - لقد أظهرت منحنيات التحليل الحراري الوزني لعينات تربة المواقع الممثلة لمناطق الاستقرار الزراعي في محافظة حلب خمسة مراحل من الفقد، وإن كان بالإمكان ضم المرحلة الثالثة والمرحلة الخامسة كونهما يمثلان الفقد الناتج من أكسدة المادة العضوية، وأوضحت النتائج أن استعمال تقنيات بسيطة مكونة من فرن ومرمدة قادرة على إظهار التغيرات الناجمة عن تسخين التربة وإيجاد العلاقات القائمة بين مكونات التربة ونسبة الفقد ونوعيته.

ثانياً - إن الحرارة التي تمس سطح التربة بعد حرق مخلفات المحاصيل أو بعد حرائق الغابات سوف تؤدي إلى قلوية التربة في ظروف الجفاف المتدرج لتربة محافظة حلب من منطقة الاستقرار الأولى إلى منطقة الاستقرار الخامسة.

### المراجع:

- (1) حسن ، محمد نجيب ، فوزي كشك واحمد السيوي . أصول الايدافولوجي - الجزء الأول ، دار الكتب الجامعية بالإسكندرية ، مصر العربية ، 1972 .
- (2) كامل ، محمد وليد . معادن الطين ، ط 1 ، منشورات جامعة حلب ، 1988 ، عدد الصفحات 271 .
- 3) CHANDLER, C.; Cheney, P.; Thomas, P.; Trabaud, L.; Williams, D. Fire in forestry: Volume I Forest fire behavior and effects, New York: Wiley, 1983, 450 p.
- 4) DEBANO, L. F.; Dunn, P. H.; Conrad, C. E. Fire's effect on physical and chemical properties of chaparral soils, Gen. Tech. Rep. WO-3. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1977.
- 5) DEBANO, L. F.; Rice, R. M.; Conrad, C. E. Soil heating in chaparral fires: effects on soil properties, plant nutrients, erosion, and runoff. Res. Pap. PSW-145. Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. 1979, 21.
- 6) DEBYLE, Norbert V. Clearcutting and fire in the larch/Douglas-fir forests of western Montana multifaceted research summary. Gen. Tech. Rep. INT-99. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 1981, 73 p.

- 7) **ELLIOTT, Katherine J.; Vose, James M.** Initial effects of prescribed fire on quality of soil solution and streamwater in the Southern Appalachian Mountains South. *J. Appl. For.* **2005**, 29(1):5-15.
- 8) **JACKSON, M . L.** Soil Chemical analysis. An advanced Course . 2<sup>nd</sup> ed. Published by the author. University of Wisconsin, Madison, WI. **1969**, Pp895.
- 9) **McNABB, D. H., and F. J. Swanson.** **1990.** Effects of fire on soil erosion. Pp. 159-176 in J. D. Walstad, S. R. Radosevich, and D. V. Sandberg, editors, Natural and prescribed fire in Pacific Northwest forests. Oregon State University Press, Corvallis, Oregon, USA.
- 10) **PAGE, A .L..** Methods of Soil Analysis . Amer. Soc. Of Agron. Inc. Soil Sci. Soc. Amer. Inc. **1982**.
- 11) **RICHARDS, A. L.** Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U. S. Dept. Agri. hand Book, **1954**, No. 60.
- 12) **RAISON, R. J., P. K. Khanna, and P. V. Woods.** Mechanisms of elemental transfer to the atmosphere during vegetation fires. *Canadian Journal of Forest Research* , **1985a** 15:132-140.
- 13) **RAISON, R. J., P. K. Khanna, and P. V. Woods.** Transfer of elements to the atmosphere during low-intensity prescribed fires in three Australian subalpine eucalypt forests. *Canadian Journal of Forest Research*, **1985b**, 15:657-664.
- 14) **TIEDEMANN, A. R.** Combustion losses of sulfur and forest foliage and litter. *Forest Science*, **1987**, 33:216-223.
- 15) **WELLS, C. G., R. E. Campbell, L. F. DeBano, C. E. Lewis, R. L. Fredriksen, E. C.**
- 16) **FRANKLIN, R. C., Froelich, and P. H. Dunn.** Effects of fire on soil, a state-of-knowledge review. USDA Forest Service, Washington Office, General Technical Report WO-7. **1979**.
- 17) **WONDZELL, S. M., and J. G. King.** Post-fire erosional processes in the Pacific Northwest and Rocky Mountain region. *Forest Ecology and Management*, **2003**, 178:75-87.