

تأثير الخصائص الأساسية للتربة في اتاحة بعض العناصر الصغرى للترب الكلسية في محافظة حمص

الملخص

أ.د. سمير شمشم د. ريم نصرا

قسم التربة واستصلاح الأراضي - كلية الزراعة - جامعة حمص

التربة في المناطق الجافة وشبه الجافة من محافظة حمص هي في الغالب كلسية، حيث أجريت الدراسة على 18 عينة تربة كلسية تم جمعها من الطبقة السطحية (0-25 سم) من مناطق الاستقرار الثالثة والرابعة والخامسة في المحافظة، بهدف معرفة تأثير بعض الخصائص الأساسية لهذه الترب في محتواها من الشكل المتاح للحديد والمنغنيز والزنك والنحاس. تراوحت تراكيز العناصر الصغرى القابلة للاستخلاص باستخدام DTPA في الترب المدروسة بين 0.03 و1.75 ملغ/كغ للحديد، و0.3-2.8 ملغ/كغ للزنك، و-0.73-10.73 ملغ/كغ للمنغنيز، و-0.41-1.51 ملغ/كغ للنحاس.

بينت الدراسة وجود علاقة ارتباط سلبية معنوية بين تركيز كل من الحديد والزنك المتاحين وكربونات الكالسيوم حيث كان معامل الارتباط مع كربونات الكالسيوم هو $(r_{Fe} = -0.70^{**})$ ، كما ارتبط كل من المنغنيز والزنك والنحاس بعلاقة ارتباط سلبية مع درجة حموضة التربة حيث كان معامل الارتباط مع pH هو $(r_{Mn} = -0.50^*$ ، $r_{Zn} = -0.49^*$ ، $r_{Cu} = -0.52^*$)، وكانت علاقات الارتباط ايجابية معنوية لكل العناصر المتاحة المدروسة مع المادة العضوية $(r_{Fe} = 0.50^{**}$ ، $r_{Mn} = 0.77^{***}$ ، $r_{Zn} = 0.47^*$ ، $r_{Cu} = 0.80^{***})$.

الكلمات المفتاحية: ترب كلسية، عناصر صغرى، DTPA، محافظة حمص، خصائص التربة.

The Effect of The Main Properties of Soil on the Availability of Some Micronutrients in Calcareous Soils in Homs Governorate.

Dr. Samir Shamsham Dr. Reem Nasra

Department of Soil and Land Reclamation – Faculty of
Agriculture – University of Homs

Abstract.

Soils in the arid and semi-arid regions of Homs Governorate are predominantly calcareous. The study was conducted on 18 calcareous soil samples collected from the surface layer (0–25 cm) of the third, fourth, and fifth stability areas in the governorate, aiming to determine the effect of some basic properties of these soils on their content of the available forms of iron, manganese, zinc, and copper. The concentrations of DTPA-extractable iron, manganese, zinc, and copper ranged from 0.03 and 1.75 mg/kg for iron, 0.3–2.8 mg/kg for zinc, 0.73–10.73 mg/kg for manganese, and 0.41–1.51 mg/kg for copper.

Available iron and zinc showed significant negative correlations with calcium carbonate ($r_{Fe} = -0.70^{**}$, $r_{Zn} = -0.72^{***}$), while available manganese, zinc, and copper correlated negatively with soil pH ($r_{Mn} = -0.50^*$, $r_{Zn} = -0.49^*$, $r_{Cu} = -0.52^*$). Positive correlations were observed between all studied elements and organic matter ($r_{Fe} = 0.50^{**}$, $r_{Mn} = 0.77^{***}$, $r_{Zn} = 0.47^*$, $r_{Cu} = 0.80^{***}$).

Keywords: Calcareous soils, Micronutrients, DTPA, Homs Governorate, soil properties.

أولاً: المقدمة والدراسة المرجعية

التربة الكلسية هي التربة التي تحتوي على كربونات الكالسيوم الحرة (CaCO_3) بشكل رئيسي، أي تحتوي على كمية كافية من CaCO_3 بحيث تُحدث فوراً عند معالجتها بحمض الهيدروكلوريك [1]. عرّف [2] التربة الكلسية بأنها التربة التي تتجاوز مستويات الكالسيوم والمغنيزيوم القابلة للاستخلاص فيها سعة التبادل الكاتيوني. ومن وجهة نظر تغذية النبات، وجد [3] أن هناك انخفاضاً مفاجئاً في امتصاص الحديد والفوسفور عند نسبة 8% من الـ CaCO_3 ، والتي اعتبرها الحد الذي يمكن عنده اعتبار التربة كلسية. ووفقاً لتصنيف التربة [4]، تتميز التربة الكلسية بوجود كربونات الكالسيوم في المادة الأم و/أو بأفق كلسي.

تتميز تربة المناطق الجافة وشبه الجافة بارتفاع محتواها من كربونات الكالسيوم الذي يقلل من حركية العناصر الصغرى. يختلف نمط الحركة والتوافر للعناصر الصغرى في الترب الكلسية من عنصر لآخر، ويعتمد بشكل كبير على خصائص التربة، مثل قوامها، ومحتواها من المادة العضوية، وكربونات الكالسيوم، ومعادن الطين، وتركيزها، وتركيبها [5].

يرجع ارتفاع الرقم الهيدروجيني للترب الكلسية الى تفاعل كربونات الكالسيوم مع الماء و CO_2 الذائب في محلول التربة لتكوين أيونات البيكربونات القلوية، تتفاعل ايونات العناصر الصغرى مع ايونات الكربونات او البيكربونات لتكوين مركبات كربوناتية ضعيفة الذوبان مثل كربونات الزنك وكربونات النحاس كما أن مركبات النحاس والزنك ينخفض ذوبانها بارتفاع درجة تفاعل التربة، كم أنه في الوسط القلوي يتحول الحديد الثنائي الى الثلاثي الذي يترسب على شكل Fe(OH)_3 [51].

غالبًا ما تعاني الترب الكلسية في المناطق الجافة وشبه الجافة من نقص شديد في محتوى العناصر الصغرى، ويُعزى هذا التأثير إلى تثبيت هذه العناصر في التربة نتيجة وجود كربونات الكالسيوم وارتفاع درجة الحموضة، بالإضافة إلى الظروف المناخية الخاصة (قلة الأمطار وارتفاع التبخر)، وبالتالي، فإن التركيز الكلي للمعادن في التربة الكلسية قد لا يوفر أفضل مؤشر لتوافرها الحيوي [6].

يتم التحكم في توزيع العناصر الصغرى مثل الحديد (Fe) ، المنغنيز (Mn) ، الزنك (Zn) ، والنحاس (Cu) في التربة من خلال مجموعة متنوعة من التفاعلات، والتي تشمل كل من: 1- الادمصاص الذي يضم الادمصاص الفيزيائي (التبادل الأيوني وقوى فاندرفالس) والادمصاص الكيميائي والذي يتم بتشكيل روابط بين أسطح معادن الطين والأيونات المختلفة الشحنة، 2- تكوين المعقدات مع الروابط العضوية (مثل الأحماض الدبالية والفوليك و..) وغير العضوية (مثل أيونات الكربونات CO_3^{2-} والفوسفات PO_4^{3-} و الهيدروكسيد OH^-)، 3- التحول الى أطوار صلبة جديدة عن طريق الترسيب على أسطح معادن الطين، 4- التوازنات الحمضية- القاعدية: حيث يؤثر جهد الأكسدة والاختزال (مستويات الأكسجين) وحموضة التربة على تحويل العناصر بين أشكال مؤكسدة وأخرى مختزلة مما يؤثر بشكل مباشر على إتاحتها [7، 52، 53].

بشكل عام، تتحدد إتاحة الحديد (Fe) في التربة بشكل رئيسي بوفرة المادة العضوية، بينما بالنسبة للزنك (Zn) والنحاس (Cu)، فإن درجة حموضة التربة والامتزاز على أسطح الطين والمواد العضوية لهما أهمية كبيرة. من ناحية أخرى، فإن العمليات الرئيسية في دورة المنغنيز (Mn) في التربة هي عمليات الأكسدة والاختزال وتشكيل المعقدات مع المخلبات العضوية الطبيعية [8].

وقد درس العديد من الباحثين [9، 10، 11، 12، 13] العلاقات بين توافر العناصر الصغرى وبعض خصائص التربة الرئيسية وخلصوا إلى أن درجة الحموضة والمادة العضوية هما أهم خاصيتين تتحكمان في توفر العناصر الصغرى. ومع ذلك، حصل العديد من الباحثين أيضاً على علاقات ذات دلالة إحصائية بين توافر العناصر الصغرى وكربونات الكالسيوم، وسعة التبادل الكاتيوني (CEC)، ومحتوى الطين والرمل [9، 14].

بما أن معظم ترب المناطق الجافة وشبه الجافة في محافظة حمص هي ترب كلسية تعاني من ارتفاع محتواها من الكربونات الكلية مما يؤثر سلباً في جاهزية Availability العناصر المغذية للنبات عامةً والعناصر الصغرى خاصةً، الأمر الذي يتجلى انخفاضاً في معدل نمو النباتات النامية فيها وإنتاجها كمياً ونوعاً. حيث ظهرت أعراض نقص العناصر الصغرى على

بعض الأشجار المثمرة كالعنب والمحاصيل كالشوندر السكري. انطلاقاً مما تقدم وندرة الدراسات في سورية عموماً والمحلية خاصة حول تركيز العناصر الصغرى في الترب الكلسية فإن هذا البحث يهدف إلى تقييم الترب الكلسية في المناطق الجافة وشبه الجافة في محافظة حمص من حيث محتواها من بعض العناصر الصغرى المتاحة (الحديد والزنك والنحاس والمنغنيز)، وإيجاد العلاقة بين العناصر الصغرى المتاحة والخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة.

ثانياً: مواد وطرق العمل

1-2 مكان جمع عينات التربة: تم جمع عينات التربة من مناطق الاستقرار الثالثة والرابعة والخمسة والتي تمثل المناطق الجافة وشبه الجافة من محافظة حمص، وبين الجدول (1) أهم المعطيات المناخية لمناطق الاستقرار الخمسة في محافظة حمص ومساحة كل منها، وما تمثله من مساحة القطر العربي السوري [15].

2-2 جمع عينات التربة: تتصف ترب المناطق الجافة وشبه الجافة في محافظة حمص بأنها ترب كلسية، حيث تم جمع 18 عينة تربة مركبة في الفترة ما بين 1-25 اذار 2014 من الطبقة السطحية (0-25 cm)، ذات محتوى متباين من كربونات الكالسيوم من مواقع مختلفة ممثلة بيئياً لها، وهو عدد مقبول في الدراسات الوصفية بحيث يسمح بحساب المتوسط والمدى والانحراف المعياري واجراء تحليلات ارتباط أولية، وبين الجدول (2) أماكن أخذ العينات وتوزعها على مناطق الاستقرار، حيث تم تجفيف العينات تجفيفاً هوائياً، وتم استبعاد الحجارة والحصى، وبعدها نخلت التربة بمنخل أبعاد تقويه 2 mm، ومن ثم حفظت العينات في عبوات بلاستيكية مرفقة ببطاقات تعريف لكل عينة تتضمن أهم المعلومات المتعلقة بها (اسم المنطقة، العمق، المحصول المزروع، الري، التسميد، ملاحظات أخرى).

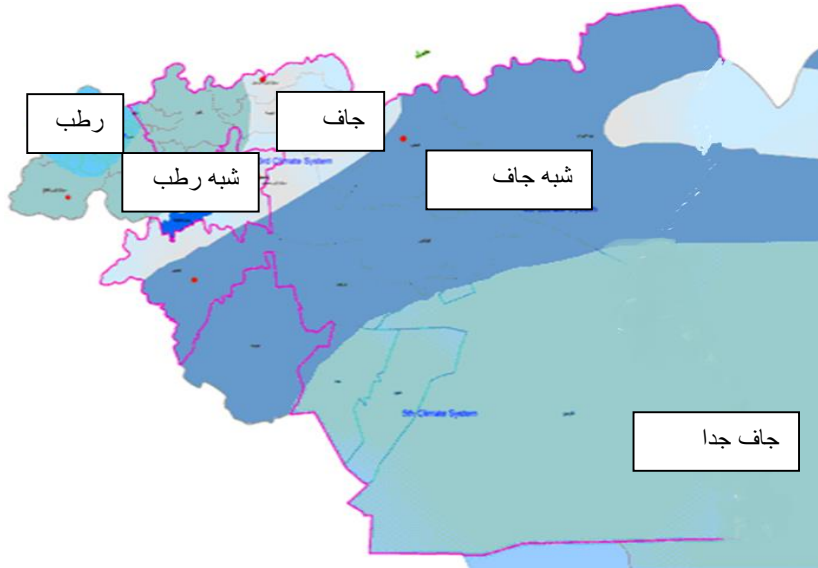
جدول (1) أهم المعطيات المناخية والمساحية في محافظة حمص [15]

منطقة الاستقرار الزراعي	المساحة (هكتار)	المساحة (ألف والنسبة المئوية)	معدل الهطول المطري ملم/عام	أعلى درجة حرارة	أدنى درجة حرارة

تأثير الخصائص الأساسية للتربة في اتاحة بعض العناصر الصغرى للترب الكلسية في محافظة حمص

3.5-	41.2	أكثر من 350	2701 (14.6%)	الأولى
4.9-	42.4	350 - 250	2475 (13.3%)	الثانية
6.3-	43.9	250 - 200	1303 (7.15%)	الثالثة
7.4-	45.3	200 - 150	1830 (9.9%)	الرابعة
8.9-	47.5	أقل من 150	10209 (55.1%)	الخامسة

ويبين الشكل (1) المناطق المناخية في محافظة حمص.



شكل (1): المناطق المناخية في محافظة حمص

جدول (2) أماكن أخذ العينات

رقم العينة	الموقع	المحصول المزروع	الري	المنطقة البيومناخية
1	المسعودية	زيتون	مروي	الثالثة
2	السنكري	شعير	بعل	
3	القصير	زيتون	مروي	
4	الأعور	كرمة	مروي	

	بعل	لوز	جب الجراح	5
	بعل	لوز	الصايد	6
	بعل	بور	هبرة غربية	7
الرابعة	مروي	خضار	المضابع	8
	بعل	لوز	جندر	9
	بعل	شعير	شمسين	10
	بعل	زيتون	الشعيرات	11
	مروي	شعير	الصوانة	12
الخامسة	بعل	رغل	القريتين	13
	مروي	زيتون	حوارين	14
	بعل	بور	ابو رجمين	15
	مروي	زيتون	السحنة	16
	بعل	بور	وادي أحمر	17
	مروي	خضار	صدد	18

3-2 التحاليل المخبرية

تم إجراء بعض التحاليل المخبرية على عينات التربة المدروسة:

- قياس الموصلية الكهربائية (EC): تم تقديرها في مستخلص مائي للتربة (5:1)، بواسطة جهاز الموصلية الكهربائية Conductivity- meter [16].
- تقدير pH التربة: تم قياسه في معلق تربة: ماء 2.5:1 باستخدام جهاز قياس الـ pH meter [17].
- تقدير الكربونات الكلية: أجري القياس بطريقة الكالسيومتر [18].
- تقدير الكلس الفعال: بطريقة دورينو-غاليه [19]
- تقدير المادة العضوية: بطريقة الأكسدة الرطبة بديكرومات البوتاسيوم في وسط شديد الحموضة [20].

- تقدير سعة التبادل الكاتيوني (CEC): تم قياسها بطريقة كلور الكالسيوم [19].
- التحليل الميكانيكي وتحديد قوام التربة: وفق طريقة الهيدرومتر [21].
- تقدير العناصر الصغرى المتاحة (الحديد، المنغنيز، الزنك، النحاس) في مستخلص DTPA ثم القياس على جهاز الامتصاص الذري موديل AA6800، صنع شركة شيمادزو اليابانية [22].
- التحلل الاحصائي: استخدم برنامج CoStat 6.451 للتحليل الإحصائي، حيث تم إجراء تحليل تباين عام بين الترب فيما بينها من حيث محتواها من العناصر الصغرى المتاحة المدروسة، كما درست علاقات الارتباط بين العناصر الصغرى المتاحة المدروسة وأهم الخصائص الأساسية للتربة وذلك عند مستوى 0.05، 0.01، 0.001، كما درست علاقات الانحدار المتعدد بين خصائص التربة ومحتواها من العناصر الصغرى. بلغ عدد الوحدات التجريبية 18 عينة×3 مكررات = 54.

ثالثاً: النتائج والمناقشة

3-1: توصيف ترب المواقع المدروسة

تُظهر النتائج في الجدولين (3) و(5) أن الترب المدروسة تحتوي على نطاق واسع من كربونات الكالسيوم، ونطاق ضيق من درجة الحموضة، ومستويات ملحوة مختلفة، وتركيزات متفاوتة من العناصر الصغرى المتاحة.

يلخص الجدول 3 بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية المهمة للتربة في عينات التربة السطحية الثمانية عشر. تُظهر نتائج التحاليل أن ترب المواقع المدروسة كانت ذات قوام يتراوح ما بين اللومي واللومي الطيني والطيني، مائلة للقاعدية، إذ يتراوح (pH) بين 7.95 و 8.69 في جميع الترب المدروسة. تشير بيانات كربونات الكالسيوم إلى أن الترب كلسية، ويتراوح محتوى كربونات الكالسيوم بين 19.25% و 62.39% وأن ارتفاع محتوى الترب من هذا المكون يعود الى طبيعة الصخور الموجودة وتعاقب دورات الرطوبة والجفاف مصحوباً بموسم جفاف طويل غير ملائم للغسل العميق لهذه الترب.

جدول (3): بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة المدروسة

رقم العينة	الرمل%	الطين%	السلت%	القوام	pH	EC (1:5) $\mu\text{S/cm}$	كربونات كلية %	الكلس الفعال %	CEC (meq/100g)	%OM
1	34.91	24.15	40.93	لومي	8.22	199.7	20.62	6.86	23.88	4.83
2	22.04	21.98	55.97	سلتي لومي	8.6	300	36.9	14.95	20.88	1.91
3	22.46	31.69	45.85	طيني لومي	8.54	128.1	19.79	8.09	20.63	1.64
4	45.08	32.29	22.63	رملّي طيني لومي	8.59	115.5	58.82	11.03	8	0.69
5	10.01	36.66	53.32	سلتي طيني لومي	8.38	128.1	21.65	8.33	22.5	1.38
6	29.02	30.48	40.5	طيني لومي	8.5	136	47.06	12.25	16	3.17
7	29.56	22.02	48.42	لومي	8.26	147	22.99	11.76	17.88	2.98
8	44.46	37.74	17.8	رملّي طيني لومي	8.29	391	37.43	12.5	24.25	2.52
9	21.13	32.84	46.04	طيني لومي	8.29	270	19.25	6.37	21.88	2.12
10	34.51	37.61	27.88	طيني لومي	8.38	117.2	31.02	7.35	17.13	1.76
11	29.21	50.44	20.34	طيني	8.49	109.6	23.71	8.58	24	1.72
12	44.63	37.78	17.58	رملّي طيني	8.69	164	51.34	13.97	10.63	0.86
13	38.82	30.89	30.29	طيني لومي	8.5	668	54.55	11.03	14.25	0.69

تأثير الخصائص الأساسية للتربة في إتاحة بعض العناصر الصغرى للترب الكلسية في محافظة حمص

4.6	17.63	16.66	61.88	2560	7.95	رملي طيني لومي	22.92	30.66	46.41	14
0.53	9.75	14.7	62.39	323	8.68	لومي	32.47	25.58	41.95	15
3.1	16.25	17.89	49.2	569	8.36	طيني	33.02	43.28	23.71	16
2.5	27.5	10.54	34.22	402	8.02	طيني لومي	40.76	31.69	27.55	17
1.81	17.75	12.01	51.34	709	8.36	لومي	38.02	26.46	35.51	18

تشير مستويات الملوحة (الجدول 3)، إلى وجود ترب خفيفة الى متوسطة الملوحة، باستثناء التربة S14 شديدة الملوحة، وقد تعود هذه القيمة المرتفعة الى تربية الأغنام في هذه المنطقة وماينتج عنها من مخلفات عضوية. وتتراوح قيمة EC في جميع الترب بين 117.2 و 2560 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ، كما يبين الجدول (3) أن الترب المدروسة متوسطة المحتوى من المادة العضوية، حيث تراوحت نسبة المادة العضوية ما بين (0.69 الى 4.83)% ويعود سبب ذلك الى طبيعة الاستغلال الزراعي وطبيعة النباتات النامية.

3-2: تقييم محتوى الترب من العناصر الصغرى المتاحة

تم تقييم كمية العناصر الصغرى المتاحة وفقاً لـ Jones (2001) [23] كما يوضحها الجدول (4)، وتم تبني هذا التصنيف المرجعي المعياري لسببين رئيسيين، أولاً: لكونه قد طبق بنجاح في دراسة علمية سابقة للباحثين خلوف وآخرون (2022) [54] لتقييم محتوى التربة من العناصر الصغرى في محافظة حماه المجاورة لمحافظة حمص، وثانياً: لأنه يعد مرجعاً معيارياً عالمياً في مجال تحليل التربة. بناءً على النتائج الواردة في الجدول 5، تراوح تركيز الحديد القابل للاستخلاص باستخدام DTPA، استناداً إلى العينات المدروسة، بين 0.03 و 1.75 ملغ/كغ (بمتوسط 0.48 ملغ/كغ)، وكانت جميع الترب فقيرة بالمحتوى من الحديد المتاحة وذلك حسب تصنيف Jones (2001). وهذا يتوافق مع ما وجدته [55]، من حيث انخفاض محتوى الترب الكلسية خفيفة القوام من الحديد المتاحة.

الجدول (4) تصنيف العناصر الصغرى بحسب (Jones، 2001)

تركيز العناصر الصغرى في التربة ملغ/ كغ					
العناصر الصغرى	منخفض جدا	منخفض	متوسط	عالي	عالي جداً
Fe	5-0	10-5	16-11	25-17	25<
Mn	4-0	8-4	12-9	30-13	30<
Zn	0.5>	1-0.5	3-1.1	6-3.1	6<
Cu	0.3>	0.8-0.3	1.2-0.9	2.5-1.3	2.5<

بناءً على النتائج الواردة في الجدول 5، فقد تراوحت قيم المنغنيز القابل للاستخلاص بـ DTPA في الترب المدروسة بين 0.73 و 10.73 ملغ/ كغ (بمتوسط 3.88 ملغ/ كغ)، حيث كانت جميع الترب منخفضة الى متوسطة المحتوى من المنغنيز المتاح وذلك حسب تصنيف Jones (2001). ووفقاً لهذا النطاق، لوحظ نقص المنغنيز المتاح في 16 عينة من أصل 18 عينة مدروسة. وهذا يتوافق مع ما وجدته [55]، من حيث انخفاض محتوى الترب الكلسية خفيفة القوام من الحديد المتاح.

بناءً على النتائج الواردة في الجدول 5، تم الحصول على كمية الزنك المستخلصة باستخدام DTPA كصورة متاحة للنباتات في نطاق 0.3-2.8 ملغ/ كغ (بمتوسط 1.41 ملغ/ كغ) في الترب المدروسة. حيث كانت جميع الترب منخفضة الى متوسطة المحتوى من الزنك المتاح وذلك حسب تصنيف Jones (2001). ووفقاً لهذا النطاق، لوحظ نقص الزنك المتاح في 7 عينات فقط من أصل 18 عينة مدروسة. وهذا يتوافق مع دراسات مشابهة على ترب كلسية حيث لوحظ انخفاض محتواها من الزنك المتاح [56].

يبين الجدول 5 أن قيم النحاس القابل للاستخلاص باستخدام DTPA في الترب المدروسة قد تراوحت بين 0.41 و 1.51 ملغ/ كغ (بمتوسط 0.80 ملغ/ كغ)، حيث كانت جميع الترب منخفضة الى متوسطة المحتوى من النحاس المتاح باستثناء التربة S1 التي كانت مرتفعة المحتوى من النحاس المتاح وذلك حسب تصنيف Jones (2001)، وربما يعزى ذلك الى ارتفاع محتوى التربة S1 من المادة العضوية وارتفاع سعة التبادل الكاتيوني فيها. ووفقاً لهذا النطاق، لوحظ نقص

النحاس المتاح في 10 عينات فقط من أصل 18 عينة مدروسة، وهذا يتوافق مع دراسات مشابهة على ترب كلسية حيث لوحظ انخفاض محتواها من الزنك المتاح [56].

أفاد [24] أن التربة الكلسية، والتربة منخفضة المواد العضوية، والتربة ذات الرقم الهيدروجيني الأعلى من 7.0، والتربة الرملية، غالبًا ما تكون منخفضة بمحتواها من العناصر الصغرى وخاصة الحديد والزنك. يبدو أن معظم هذه الظروف موجودة في جميع أنواع الترب المشمولة بالدراسة الحالية تقريبًا، وقد تكون السبب في نقص إتاحة الحديد والعناصر الصغرى الأخرى، كما توافقت النتائج مع ما وجدته [25] في دراسته على الترب الكلسية من شرقي محافظة حمص حيث وجد انخفاض محتوى الترب من العناصر الصغرى المتاحة وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة.

جدول (5): تركيز العناصر الصغرى المتاحة في الترب المدروسة (ملغ/كغ)

Cu-DTPA	Zn-DTPA	Mn-DTPA	Fe-DTPA	رقم العينة
1.51	2.8	10.73	1.75	1
0.59	0.83	0.73	1	2
1.01	2.7	3.47	0.43	3
0.41	0.5	0.83	0.03	4
0.96	1.5	4.24	1.2	5
1.2	1.02	5.99	0.8	6
0.76	1.75	2.77	0.74	7
0.82	2.8	3.38	1.31	8
0.77	2.53	3.07	0.98	9
0.62	0.78	1.09	0.56	10
0.73	1.2	5.31	0.58	11
0.57	0.5	5.13	0.14	12
0.49	0.6	2.54	0.1	13

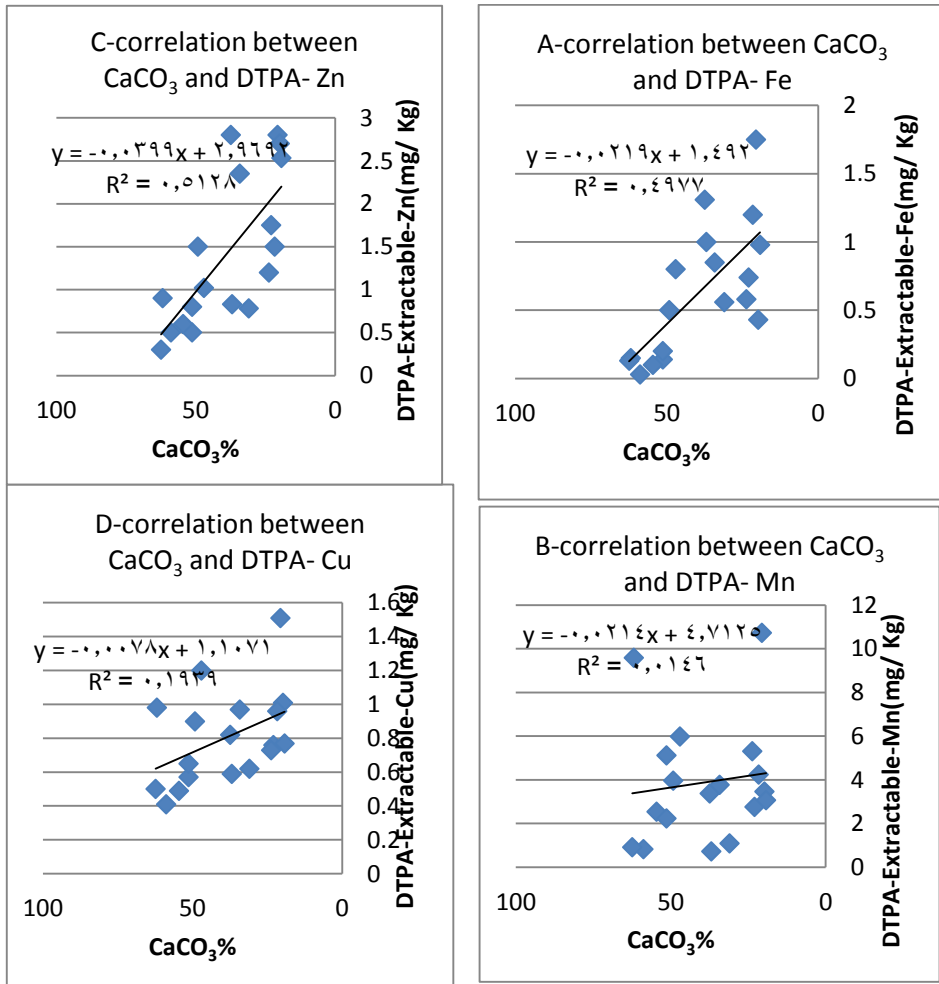
المجلد 48 العدد 2 عام 2026	أ.د. سمير شمشم	د. ريم نصرا
14	0.15	9.59
15	0.13	0.9
16	0.5	0.3
17	0.85	1.5
18	0.2	0.97
المتوسط	0.64	0.65
الانحراف المعياري	0.48	0.80
	2.77	0.28

3-3: أثر كربونات الكالسيوم في إتاحة العناصر الصغرى

بشكل عام، قد يُعزى نقص إتاحة العناصر الصغرى وخاصة الحديد في الترب إلى وجود كربونات الكالسيوم الحرة، وقيم الـ pH القلوية، وقوام عينات التربة المتوسط إلى الخشن (الجدول 3). ويُمكن دعم هذه النتائج بالبيانات الحالية؛ حيث توجد علاقات ارتباط سلبية معنوية (عند مستوى المعنوية $p < 0.05$) بين كربونات الكالسيوم و $DTPA-Fe$ ($R^2 = 0.50, y = -$) وعند مستوى المعنوية $p < 0.05$)، وبين كربونات الكالسيوم و $DTPA-Zn$ ($R^2 = 0.50, y = -$)، وبين كربونات الكالسيوم و $(0.0219x + 1.492)$ ، وبين كربونات الكالسيوم و $(0.0399x + 2.9692)$ (الشكل 2 A و C)، ويعزى ذلك إلى أن الكربونات ترفع الـ pH وتؤدي إلى ترسيب العناصر كأكاسيد أو كربونات غير ذائبة مثل $FeCO_3, ZnCO_3$ ، ما يقلل من تيسرها للنبات. كما أن ارتفاع محتوى الكربونات يؤدي إلى بطء إتاحة العناصر عبر الزمن بسبب انخفاض الذوبان التدريجي، ومن المفيد بالذكر أن زيادة Ca^{2+} قد تؤثر على التبادل الكاتيوني للعناصر الدقيقة وتحد من امتصاصها. وقد أُبلغ سابقاً عن نتائج مماثلة لنقص الحديد والزنك في الترب الكلسية [26، 27، 28].

تشير النتائج الحالية (الشكل 2 B و D) إلى عدم وجود ارتباط بين كربونات الكالسيوم و $(CaCO_3)$ و $DTPA-Cu$ ($R^2 = 0.1939, y = -0.0078x + 1.1071$)، وبين كربونات الكالسيوم و $DTPA-Mn$ ($R^2 = 0.0146, y = -0.0214x + 4.7125$)، إذ تشير قيم R^2 المنخفضة إلى ضعف العلاقة بين النحاس والمنغنيز المتاحين مع كربونات الكالسيوم، وأن العوامل

الأخرى مثل المادة العضوية أو CEC قد تكون أكثر تأثيراً، وبالتالي فإن محتوى التربة من كربونات الكالسيوم (CaCO_3) له تأثير ضعيف على المنغنيز والنحاس القابلين للاستخلاص باستخدام DTPA، إذ أفاد [28، 29] أن المنغنيز والنحاس أقل عرضة للنقص في الترب الكلسية مقارنةً بالحديد والزنك. ويُعزى ذلك إلى أن الحديد والزنك أكثر حساسية للتغير في pH مقارنةً بالنحاس والمنغنيز.



شكل (2) علاقات الارتباط بين الكربونات الكلية وبين الشكل المتاح للحديد والمنغنيز والزنك والنحاس

3-4: العلاقة بين خصائص التربة وتركيز العناصر الصغرى المتاحة في الترب المدروسة

يوضح الجدول 6 العلاقة بين الأشكال المتاحة للحديد والمنغنيز والزنك والنحاس، وبعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب المدروسة.

جدول (6): معاملات الارتباط لبعض خصائص التربة مع تركيز العناصر الصغرى المتاحة

OM	CEC	Active Lime	CaCO ₃	Ec	pH	Clay	Sand	Silt	
0.50*	0.74***	-0.41	-0.70**	-	-0.34	-	-	0.44	Fe
				0.31		0.10	0.45		
0.77***	0.32	-0.03	-0.12	0.43	-	0.07	0.10	-	Mn
					0.50*			0.13	
0.47*	0.76***	-0.45	-	-	-*	0.01	-	0.30	Zn
			0.72***	0.17	0.49		0.35		
0.80***	0.57*	-0.23	-0.44	0.08	-	-	-	0.31	Cu
					0.52*	0.07	0.31		

3-4-1: معاملات الارتباط والانحدار مع الحديد المتاح:

يشير الجدول 6 الى أن محتوى الحديد المتاح في التربة ارتبط ارتباطاً سلبياً ذي دلالة إحصائية مع الكربونات الكلية ($r = -0.70^{**}$). وهذا يتوافق مع [30، 9]، ويمكن تفسير ذلك بأن كربونات الكالسيوم تعمل على تحويل أيون الحديدوز الذائب إلى حديد ثلاثي التكافؤ وأن هذا

التحول يسبب تكوين معقدات غير ذائبة (Fe_2O_3 , $Fe(OH)_3$, $Fe_2(CO_3)$) التي تحد من الإتاحة، كما يعود ذلك إلى الدور الكبير لكاربونات الكالسيوم في تأثيرها على قيم الرقم الهيدروجيني الذي يؤثر بدوره على الحديد المتاح في التربة من جهة، إضافة إلى منافسة الكالسيوم للحديد على مواقع الادمصاص السطحية في التربة من جهة أخرى.

يشير الجدول 6 الى أن محتوى الحديد المتاح في التربة ارتبط ارتباطاً إيجابياً ذي دلالة إحصائية مع سعة التبادل الكاتيوني ($r = 0.74^{***}$)، وهذا يتوافق مع [30]، ويعزى ذلك لزيادة سطوح تبادل الحديد.

أظهر الجدول 6 أن الحديد القابل للاستخلاص بـ DTPA ارتبط ارتباطاً إيجابياً ذا دلالة إحصائية مع المادة العضوية ($r = 0.50^*$)، وهذا يتوافق مع العديد من الدراسات [12، 31]، وقد يعزى ذلك إلى أن المركبات الدبالية تتمتع بسعة تبادلية عالية تصل إلى أضعاف السعة التبادلية لمعادن الطين، فتمص الكاتيونات المعدنية على سطوحها وبالتالي تقدم للنبات عند الحاجة وعلى امتداد مراحل نموه [9]، كما تحتوي المادة العضوية على مجاميع فعالة كيميائياً مثل مجاميع الهيدروكسيل والكاربوكسيل قادرة على تخليب عنصر الحديد وبالتالي تقليل تعرضه لعملية الترسيب [31]. تشير هذه العلاقات إلى أن تحسين بنية التربة وزيادة محتواها من المادة العضوية قد يعزز من تيسر الحديد في الأراضي الجافة.

تشير نتائج تحليل الانحدار الخطي المتعدد إلى أن النموذج الاحصائي الكامل المكون من خصائص التربة المقاسة (درجة الحموضة والسلت والرمل والطين والناقلية الكهربائية والكاربونات الكلية والكلس الفعال وسعة التبادل الكاتيوني والمادة العضوية) كان ذا دلالة احصائية ($p < 0.05$)، حيث فسر ما مجموعه 81% من التباين في تركيز الحديد المتاح ($R^2 = 0.81^*$). عند فحص الأهمية النسبية لكل متغير مستقل داخل هذا النموذج ذي الدلالة الاحصائية، أظهر تحليل المعاملات المعيارية والتأثيرات الجزئية أن متغيرين فقط هما من حققا دلالة احصائية فردية كمتنبئين مستقلين لمستويات الحديد المتاح وهما محتوى التربة من السلل والناقلية

الكهربائية ($p < 0.05$) ، بينما لم تظهر باقي المتغيرات تأثيراً ذا دلالة في وجودها، وبناءً على ذلك يمكن تقديم معادلة الانحدار المختصرة والنهائية الأكثر كفاءة في التنبؤ على النحو التالي:

$$\text{Fe-DTPA} = 203.23 - 2.06(\text{Silt}) * -4.23(\text{Ec}) * (R^2 = 0.81 * , p < 0.05)$$

تشير المعادلة الى وجود علاقة عكسية قوية، حيث يؤدي ازدياد كل من نسبة السلت ودرجة الملوحة الى انخفاض معنوي في مدى تيسر الحديد. ويعزى ذلك أن زيادة السلت تزيد مساحة التبادل السطحي، في حين أن زيادة الرمل تقللها، وقد تؤدي هذه الخاصية الى تثبيت الحديد على أسطح الحبيبات ما يفسر الانحدار السليبي.

يبين جدول العلاقات الارتباط بين EC و Fe بأنه كان سليبي غير معنوي ($r = -0.31$) (جدول 6)، لكن في معادلة الانحدار يظهر أن معامل الانحدار المتعلق بالـ EC كان سليبي معنوي ($EC = -4.23 *$)، ويعزى ذلك لأن تحليل الانحدار المتعدد يتحكم في تأثير جميع المتغيرات الدروسة في نفس الوقت بينما يقيس الارتباط البسيط العلاقة الثنائية فقط.

2-4-3: معاملات الارتباط والانحدار مع المنغنيز المتاح:

أظهر الجدول 6 أن المنغنيز ارتبط ارتباطاً سلبياً ذا دلالة إحصائية مع الرقم الهيدروجيني ($r = -0.50 *$) . ووجد [32، 33] نتائج مماثلة، حيث وجد ارتباطاً سلبياً ذا دلالة إحصائية للرقم الهيدروجيني مع المنغنيز المتاح. قد أُفيد بأن ذوبانية المنغنيز في التربة تنخفض بمقدار 100 ضعف لكل وحدة زيادة في الرقم الهيدروجيني [8]، وتعكس هذه النتيجة طبيعة الترب القلوية في مناطق الدراسة التي تحدّ من ذوبان Mn^{2+} . ومع ذلك، يتأثر توافر المنغنيز في الترب بشكل رئيسي بالأكسدة والاختزال أكثر من العوامل الأخرى، حيث أن ظروف الجفاف تزيد من أكسدة المنغنيز وتحوله إلى Mn^{4+} غير المتاح. كما أن ارتفاع التهوية في الترب الجافة يزيد أكسدة المنغنيز ويقلل من ذوبانيته. ويعد الـ Mn من العناصر الحساسة جداً للرطوبة، ويُعد توفر الرطوبة عاملاً حاسماً في تنظيم حالات الأكسدة والاختزال المؤثرة على الـ Mn المتاح.

كما أظهر الجدول 6 أن المنغنيز القابل للاستخلاص بـ DTPA ارتبط ارتباطاً إيجابياً ذا دلالة إحصائية مع المادة العضوية ($r = 0.77***$). يمكن أن يؤثر محتوى المادة العضوية على توافر المنغنيز (Mn) من خلال زيادة ذوبانيته في التربة. إذ يمكن للمادة العضوية أن تعمل كمانح للإلكترونات وتخلق جهد أكسدة واختزال سلبي، ومن ثم يتحول المنغنيز إلى صورة مختزلة وتزداد ذوبانيته [34]. في ضوء قوة العلاقة الاحصائية ($r = 0.77***$) والسياق البيئي للتربة، يمكن القول بأن المادة العضوية ليست مجرد عامل مؤثر، بل هي المحدد الرئيسي لتيسر المنغنيز في الظروف الجافة المدروسة.

تشير نتائج تحليل الانحدار الخطي المتعدد إلى أن النموذج الاحصائي الكامل المكون من خصائص التربة المقاسة كان ذا دلالة احصائية ($p < 0.05$, $F = 3.89$)، حيث فسر ما مجموعه 81% من التباين في تركيز المنغنيز المتاح ($R^2 = 0.81*$). عند فحص الأهمية النسبية لكل متغير مستقل داخل هذا النموذج ذي الدلالة الاحصائية، أظهر تحليل المعاملات المعيارية والتأثيرات الجزئية أن ثلاث متغيرات فقط هي من حققت دلالة احصائية فردية كمتنبئين مستقلين لمستويات المنغنيز المتاح، وهي محتوى الطين ($p < 0.05$)، ودرجة الحموضة ($p < 0.01$)، والمادة العضوية ($p < 0.05$)، بينما لم تظهر باقي المتغيرات تأثيراً ذا دلالة في وجودها، وبناءً على ذلك يمكن تقديم معادلة الانحدار المختصرة والنهائية الأكثر كفاءة في التنبؤ على النحو التالي:

$$\text{Mn-DTPA} = 11999.32 - 120.18(\text{Clay})^* + 3.32(\text{pH})^{**} + 2.27(\text{OM})^{**}$$

$$(R^2 = 0.81^*)$$

حيث يدل معامل الانحدار السالب للطين (-120.18) إلى أن زيادة الطين تسهم في تثبيت المنغنيز وتقليل صورته المتاحة، وذلك بسبب زيادة المساحة السطحية ومعامل السعة التبادلية لمعادن الطين مما يؤدي إلى امتزاز وتثبيت أيونات المنغنيز وتحولها إلى صورة أقل ذوباناً.

ويعزى الارتفاع غير المنطقي لقيمة الثابت (11999.32) إلى اختلاف وحدات القياس بين المتغيرات المستقلة، إضافة إلى التداخل بينها، مما يؤدي إلى تضخيم قيمة الثابت دون التأثير على صلاحية النموذج التنبؤية.

3-4-3: معاملات الارتباط والانحدار مع الزنك:

أظهر الجدول 6 أن الزنك المتاح ارتبط ارتباطاً سلبياً ذي دلالة إحصائية مع الـ pH ($r = -0.49^*$)، ومع الكربونات الكلية ($r = -0.72^{***}$). كما أظهر الزنك القابل للاستخلاص بـ DTPA ارتباطاً إيجابياً ذا دلالة إحصائية مع سعة التبادل الكاتيوني ($r = 0.76^{***}$) ومع المادة العضوية ($r = 0.47^*$).

تظهر هذه النتيجة أهمية السعة التبادلية الكاتيونية والمادة العضوية ودرجة الحموضة في توافر الزنك في الترب الكلسية، وتتفق مع نتائج [35، 36، 37].

تدعم نتائج هذه الدراسة العديد من النتائج المماثلة، إذ أفاد [9] ، بأن محتوى الزنك يزداد مع زيادة CEC، والكربون العضوي، ولكنه ينخفض مع زيادة الرقم الهيدروجيني. كما تم تأكيد نتائج مماثلة، حيث أظهر الزنك المستخلص بـ DTPA ارتباطاً إيجابياً مع الكربون العضوي [38]. في دراسة أخرى أجراها [39]، أظهر الزنك المستخلص بـ DTPA ارتباطاً سلبياً مع الرقم الهيدروجيني للتربة، ولكنه ارتبط ارتباطاً إيجابياً ومعنوياً مع الكربون العضوي.

تشير دراسة الارتباط إلى أن توفر الزنك ينخفض مع زيادة درجة حموضة التربة ، ويرجع ذلك على الأرجح إلى زيادة ذوبانية أكاسيد وهيدروكسيدات الزنك في ظروف انخفاض درجة الحموضة [40] ، وتكوّن هيدروكسيد الزنك وكربونات الزنك غير القابلة للذوبان عند ارتفاع درجة الحموضة، وتثبيت الزنك وزيادة ادمصاصه بواسطة جسيمات التربة الغروية سالبة الشحنة [41]. بالإضافة إلى ذلك، يؤدي ارتفاع الرقم الهيدروجيني (pH) ومحتوى كربونات الكالسيوم (CaCO_3) إلى تكوين مركبات الزنك غير القابلة للذوبان، مثل $\text{Zn}(\text{OH})_2$ و ZnCO_3 ، مما قد يقلل من توافر الزنك. وقد أكدت نتائج [42، 43] نتائج هذه الدراسة.

إن حالة الزنك المتاح في التربة قيد الدراسة تزداد مع زيادة محتوى المادة العضوية، وقد يرجع ذلك إلى الأحماض أو المركبات العضوية التي تنتج أثناء تحلل المادة العضوية، حيث تتفاعل مع الزنك وتشكل مركبات عضوية مع الزنك قابلة للذوبان، مما يمنع تثبيت الزنك بواسطة مكونات

التربة، كما تزود التربة بعوامل مخلبية قابلة للذوبان تزيد من ذوبانية محتوى العناصر الصغرى، وهذا يتوافق مع نتائج [44، 45، 46].

تشير نتائج تحليل الانحدار الخطي المتعدد إلى أن النموذج الاحصائي الكامل المكون من خصائص التربة المقاسة كان ذا دلالة احصائية ($p < 0.05$, $F = 4.35$)، حيث فسر ما مجموعه 83% من التباين في تركيز الزنك المتاح ($R^2 = 0.83^*$). عند فحص الأهمية النسبية لكل متغير مستقل داخل هذا النموذج ذي الدلالة الاحصائية، أظهر تحليل المعاملات المعيارية والتأثيرات الجزئية أن ثلاث متغيرات فقط هي من حققت دلالة احصائية فردية كمتنبئين مستقلين لمستويات الزنك المتاح، وهي درجة الحموضة والناقلية الكهربائية وكربونات الكالسيوم ($p < 0.05$)، بينما لم تظهر باقي المتغيرات تأثيراً ذا دلالة في وجودها، وبناءً على ذلك يمكن تقديم معادلة الانحدار المختصرة والنهائية الأكثر كفاءة في التنبؤ على النحو التالي:

$$\text{Zn-DTPA} = -5330.03 + 0.63(\text{pH})^* + 3.50(\text{Ec})^* - 0.027(\text{CaCO}_3)^* \\ (R^2 = 0.83^*)$$

يظهر تأثير ايجابي معنوي للملوحة (Ec) على الزنك المتاح في معادلة الانحدار، ويرجع ذلك الى أن ارتفاع (Ec) يعكس زيادة الأيونات الذائبة في محلول التربة مما يرفع تركيز Zn^{+2} المتاح للنبات. كما قد يساهم ارتفاع الـ Ec في دفع أيونات الزنك المخزنة على أسطح الطين والمادة العضوية نحو المحلول عن طريق التبادل الكاتيوني خصوصاً في الترب الكلسية أو القلوية [47].

4-4-3: معاملات الارتباط والانحدار مع النحاس:

وجدنا علاقات مهمة بين النحاس المتاح وبعض خصائص التربة الرئيسية، مثل CEC ($r = 0.57^*$) و OM ($r = 0.80^{***}$) و pH ($r = -0.52^*$). ويمكن تفسير الترتيب النسبي لأهمية المتغيرات في التأثير على النحاس المتاح بأن المادة العضوية (التي حصلت على ثلاث نجوم) تلعب دوراً مزدوجاً فهي لا تزيد فقط السعة التبادلية للتربة، بل وتشكل معقدات عضوية مع النحاس تزيد من ذوبانيته وتوافره الحيوي [49].

إن ارتفاع (pH) التربة يعمل على خفض تركيز النحاس القابل للإفادة [48] إذ يترسب على صورة هيدروكسيد النحاس، كما أنه في الترب المتعادلة المائلة إلى القلوية (درجة الحموضة < 7)، يمكن أن تزيد OM من ذوبان النحاس عن طريق تكوين معقدات مع الكربون العضوي المذاب ، مما قد يزيد من التوافر الحيوي للنحاس [49]. يتوافق هذا مع نتائج [13] الذين خلصوا إلى أن خصائص التربة المؤثرة على اتاحة النحاس هي OM و pH. أفاد [50] أن اتاحة النحاس من التربة عالية المحتوى من كربونات الكالسيوم كان مرتبطاً بالكربونات و CEC والطين. بشكل عام، تخضع ذوبانية النحاس وتوافره بشكل أساسي لـ pH وادمصاص النحاس على غرويات التربة [8].

تشير نتائج تحليل الانحدار الخطي المتعدد إلى أن النموذج الاحصائي الكامل المكون من خصائص التربة المقاسة كان ذا دلالة احصائية ($p < 0.05$, $F = 4.80$)، حيث فسر ما مجموعه 84% من التباين في تركيز النحاس المتاح ($R^2 = 0.84^*$). عند فحص الأهمية النسبية لكل متغير مستقل داخل هذا النموذج ذي الدلالة الاحصائية، أظهر تحليل المعاملات المعيارية والتأثيرات الجزئية أن متغيرين فقط هي من حققت دلالة احصائية فردية كمتنبئين مستقلين لمستويات النحاس المتاح، وهي درجة الحموضة والمادة العضوية ($p < 0.01$)، بينما لم تظهر باقي المتغيرات تأثيراً ذا دلالة في وجودها، وبناءً على ذلك يمكن تقديم معادلة الانحدار المختصرة والنهائية الأكثر كفاءة في التنبؤ على النحو التالي:

$$\text{Cu-DTPA} = 225.7 + 0.35 (\text{pH})^{**} + 0.25(\text{OM})^{**} \quad (R^2=0.84^*)$$

رابعاً: الاستنتاجات والتوصيات

تراوح متوسط درجة حموضة التربة بين 7.95 و 8.69، وتشير بيانات كربونات الكالسيوم (19.25-62.39%) إلى أن الترب جميعها كلسية.

وتشير بيانات الـ EC للتربة (117.2- 2560 $\mu\text{S}/\text{cm}$) إلى وجود ترب خفيفة الى متوسطة الملوحة، باستثناء التربة S14 شديدة الملوحة.

تراوحت نطاقات العناصر الصغرى القابلة للاستخلاص باستخدام DTPA في الترب المدروسة بين 0.03 و 1.75 ملغ/ كغ للحديد، و 0.3- 2.8 ملغ/ كغ للزنك، و 0.73- 10.73 ملغ/ كغ للمغنيز، و 0.41- 1.51 ملغ/ كغ للنحاس.

ارتبط ارتفاع متوسط التراكيز المتاحة للحديد والزنك والمغنيز والنحاس بوجود نسبة عالية من المواد العضوية، كما يرتبط ارتفاع متوسط تراكيز الحديد والزنك والنحاس بارتفاع سعة التبادل الكاتيوني.

بينما ارتبط انخفاض متوسط تراكيز الزنك والمغنيز والنحاس بارتفاع درجة الحموضة، كما يرتبط انخفاض متوسط تركيز الحديد والزنك بنسبة كربونات الكالسيوم.

كان الحديد والمغنيز منخفضين في معظم الترب، بينما لوحظ نقص الزنك المتاح في 7 ترب ونقص النحاس المتاح في 10 ترب، لذلك يُنصح بإدراج الحديد والمغنيز والنحاس في برامج تسميد المحاصيل والاهتمام بالتسميد الورقي للنباتات بالعناصر الصغرى للترب الكلسية في المناطق الجافة وشبه الجافة من محافظة حمص.

خامساً: المراجع

[1] WAHBA M, FAWKIA L, & ZAGHLOUL A, 2019. Management of calcareous soils in arid region, International Journal of Environmental Pollution and Environmental Modelling, 2(5), 248–258.

[2] HAGIN J and TUCKER B, 1982– Fertilization of Dry Land and Irrigated Soils. Springer Verlag, New York.

[3] ANTER F, HILAL MH and EL-DAMATY A H, 1973. A chemical and biological approach towards the definition of calcareous soils. II– Plant

growth, P32 and Fe uptake as affected by percentage of calcium carbonate fraction, *Plant and Soil*, 39, 479–489.

[4] USDA, 2014– Keys to Soil Taxonomy. United States, Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service, 12th Edition.

[5] ADRIANO D C, 2001– Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability, and Risk of Heavy Metals. 2nd ed. Berlin, Springer, 896.

[6] MORAL R, MORENO–CASELLES J, PEREZ–MURCIA M, & PEREZ–ESPINOSA A, 2002. Improving the micronutrient availability in calcareous soils by sewage sludge amendment, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33(15–18), 3015–3022.

[7] SHUMAN L M, 2005. Chemistry of micronutrients in soils, pp. 293–308, in M. A. Tabatabai and D. L. Sparks, eds., *Chemical Processes in Soils*. Soil Science Society of American, Madison, WI.

[8] HAVLIN J L, BEATON J D, TISDALE S L and NELSON W L, 1999– Soil fertility and fertilizers. An introduction to nutrient management, 6th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

[9] SHARMA B D, ARORA H, KUMAR R and NAYYAR V K, 2004. Relationship between soil characteristics and total and DTPA–extractable micronutrients in Inceptisols of Punjab, *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 35, 799–818.

- [10] AMMARI T and MENGEL K, 2006. Total soluble Fe in soil solutions of chemically different soils, *Geoderma*, 136, 876–885.
- [11] OBRADOR, A., J. M. ALVAREZ, L. M. LOPEZ-VALDIVIA, D. GONZALEZ, J. NOVILLO, AND M. I. RICO, 2007. Relationships of soil properties with Mn and Zn distribution in acidic soils and their uptake by a barley crop, *Geoderma*, 137, 432–443
- [12] WANG L, WU J P, LIU Y X, HUANG H Q and FANG Q F, 2009. Spatial variability of micronutrients in rice grain and paddy soil, *Pedosphere*, 19(6), 748–755.
- [13] WU C, LUO Y and ZHANG L, 2010. Variability of copper availability in paddy fields in relation to selected soil properties in southeast China, *Geoderma* 156, 200–206.
- [14] SHARMA B. D, H. S. JASSAL, J. S. SAWHNEY and P. S. SIDHU, 1999. Micronutrient distribution in different physiographic units of the Siwalik hills of the semiarid tract of Punjab, India, *Arid Land Research and Management* 13(2), 189–200.
- [15] STATISTICS AND PLANNING DEPARTMENT – Homs Agriculture Directorate, 2013.
- [16] RICHARDS L A(ed), 1954– Diagnosis and improvement of saline and alkali soils . US Department of Agriculture. Agricultural Handbook No. 60, Washington D.C, 7–53.

- [17] MCLEAN J E; Bledsoe B E, 1992– Behaviour of metals in soils. EPA Ground Water Issue, Environmental Protection Agency, Washington. EPA 540–S–92–018, 25p.
- [18] AWDA MAHMOUD and SHAMSHAM SAMIR, 2007– Soil Fertility and Plant Nutrition. Practical Part, Directorate of Books and Publications, Al–Baath University, 290 pages.
- [19] DROUINEAU G, 1942. Dosage rapid du calcire actif du col. Nouvelles donnies sur la reportation de la nature des fractions calcaires, Ann.Agron, 12,411– 450.
- [20] WALKLEY A; Black I A, 1934. An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method, Soil Sci, 37, 29–37.
- [21] DAY P R, 1965– Particle fractionation and particle size analysis. In: C.A.black(ed). method of soil analysis, Agron., No. 9, Part I: physical and mineralogical properities. Am. Soc. Agron., Madison,,WI, USA, pp 546–566.
- [22] LINDSAY W L and Norvell W A, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper, Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421–428.
- [23] JONES J B, 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC press.

- [24] TISDALE L S, NELSON L N, BEATON D J and HAVLIN L H, 1993–Soil fertility and fertilizer, 5th ed. Prentice Hall, New Jersey 07458, U.S.A.
- [25] Shamsham S, 2012. The effect of main soil properties on their content of some microelements in eastern homs governorate, AL–Furat University Journal for Resarches and Scientific Studies, Volume 5, issue 19, pp 97–116.
- [26] LOIZIDES P, 1975. The sandy soils of the Kingdom of Saudi Arabia, FAO Soils Bull, 25, 225–227.
- [27] JONES S W and KESLO I, 1977. The micronutrient status of soils in Al–Hasa and at the Agricultural Research Center, Hufuf, Univ. College of North Wales, Bangor, U.K., Ministry of Agriculture and Water, Riyadh, Saudi Arabia Joint Publication No.101,3–7.
- [28] JALOUD A A A I, AL RABHI M A and BASHOUR I I, 2013. Availability and fractionation of trace elements in arid calcareous soils. Emirates Journal of Food and Agriculture, 25(9), 702.
- [29] FUEHRING H D, 1973. Response of crops grown on calcareous soils to fertilization, FAO Soils Bull, 21, 53–71.
- [30] AL–GHAJAR, MUHANNAD AL–IBRAHIM, 2022. The effect of some soil properties on the availability of iron in the soils of some areas north of Aleppo. Syrian Journal of Agricultural Research, 9(1), 317–329.

- [31] NAJAFI-GHIRI M, GHASEMI-FASAEI R and FARROKHNEJAD E, 2013. Factors affecting micronutrient availability in calcareous soils of Southern Iran, *Arid Land Research and Management*, 27(3), 203–215.
- [32] CHAUDHARI PR, AHIRE D V and VIDYA D, 2013. Relationship among electrical conductivity, soil properties and available nutrients in the soil of north Maharashtra region, *J. Chemical, Biological and Physical Sciences*, 3(1), 5–8.
- [33] KULKARNI R V, WAGHMARE S T and PAWAR S B, 2021. Micronutrient status and its correlation with chemical properties of soils of Gaganbawda tehsil of Kolhapur district, Maharashtra, *International journal of current microbiology and applied sciences*, 10, 552–559.
- [34] MEEK B D, MACKENZIE A J, GRASS L B, 1968. Effects of organic matter, flooding time, and temperature on the dissolution of iron and manganese from soil in situ, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 32, 634–638.
- [35] Wu J, Norvell W A, and Welch R M, 2006. Kriging on highly skewed data for DTPA-extractable soil Zn with auxiliary information for pH and organic carbon, *Geoderma*, 134, 187–199.
- [36] JIANG Y, ZHANG Y G, ZHOU D, QIN Y and LIANG W J, 2009. Profile distribution of micronutrients in an aquic brown soil as affected by land use. *Plant Soil Environment*, 55(11), 468–476.
- [37] NASCIMENTO C W A, OLIVEIRA A B, RIBEIRO M R and MELO E E C, 2006. Distribution and availability of zinc and copper in benchmark

soils of Pernambuco state, Brazil, Communication in Soil Science and Plant Analysis, 37(1–2), 109–125.

[38] JASSAL H S, KAUR M, DHALIWAL S S and SINGH K, 2014. Micronutrient distribution in salt-affected soils of central Punjab in relation to soil properties, Indian Journal of Fertilisers, 36.

[39] TUNDUP P and AKBAR A, 2014. Distribution of micronutrient cations (Zn, Cu, Mn, Fe) and their relationship with soil properties of saffron growing soils of district Kishtwar in J&K, An Asian Journal of Soil Science, 9(1), 59–62.

[40] TALUKDAR M C, BASUMATARY A and DUTTA S K, 2009. Status of DTPA-extractable cationic micronutrients in soils under rice and sugarcane ecosystems of Golaghat district in Assam, Journal of the Indian Society of Soil Science, 57, 313–316.

[41] ALLOWAY B J, 1995– Heavy metals in soils. 2nd Ed. Chapman and Hall, Glasgow, 34.

[42] SINGH B K, 2006. Available micronutrient status and their relationship with soil properties of Sangaria Tehsil of Hanumangarh District (Rajasthan). M.Sc. (Ag.) Thesis, RAU, Bikaner.

[43] MEHRA R K and JAT J R, 2007. To delineate the area of sufficiency and deficiency of micronutrients and their relationship with soil properties of Mokala soil series. M.Sc. (Ag.) Thesis, RAU, Bikaner.

[44] BEGUM K, HOSSAIN M D F, and PARVEEN Z, 2016. Distribution of zinc fractions in relation to properties of some soils of Bangladesh, Dhaka Univ. J. Biol. Sci, 25(1), 19–25.

[45] KUMAR M B, SUBBARAYAPPA C T and RAMAMURTHY V, 2017. Distribution of Available (DTPA–extractable) Zinc and Iron and their Relationship with Some Soil Properties in Rice Soils of Chamarajanagar District, Karnataka, India, International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(5), pp. 1423–1428.

[46] RAI P, PHUNTSOG T, MONDAL A K, KUMAR A, SAMANTA , KUMAR M, ARORA R K and DWIVEDI M C, 2018. Cationic Micronutrient Status of Some Soils under Different Cropping System of Kishtwar District (J&K), India, International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.

[47] KESHAVARZ P, MALAKOUTI M J, KARIMIAN N AND FOTOVAT A, 2006. The effects of salinity on extractability and chemical fractions of zinc in selected calcareous soils of Iran. J. Agric. Sci. Technol. (2006) Vol. 8: 181–190.

[48] WELCH R M, 2003– Farming for Nutritious Foods: Agricultural Technologies for improved Human Health. In IFA–FAO Agricultural Conference, Rome, Italy.

[49] TIPPING E, RIEUWERTS J, PAN G, ASHMORE M R, LOFTS S, HILL M T R, FARAGO M E and THORNTON I, 2003. The solid-solution partitioning of heavy metals (Cu, Zn, Cd, Pb) in upland soils of England and Wales, *Environmental Pollution*, 125(2), 213-225. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(03\)00058-7](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(03)00058-7)

[50] GHASEMI-FASAEI R, MAFTOUN M, RONAGHI A., KARIMIAN N, YASREBI J, ASSAD M T, and IPPOLITO J A, 2006. Kinetics of copper desorption from highly calcareous soils, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37, 797-809.

[51] TAALAB, A. S., AGEEB, G. W., SIAM, H. S., & MAHMOUD, S. A, 2019. Some characteristics of calcareous soils. A review as Taalab1, GW Ageeb2, Hanan S. Siam1 and Safaa A. Mahmoud1. *Middle East J*, 8(1), 96-105.

[52] SPARKS D L, 1995- Environmental Soil Chemistry. Academic Press, San Diego, CA. 267p.

[53] DRASZAWKA-BOLZAN B, 2015. Heavy metals in soils. *World News of Natural Sciences*, (2), 20-37.

[54] خلوف، علاء وشمشم، سمير وادريس، يونس. 2022. استخدام البيانات الاستشعارية في دراسة حالة العناصر الصغرى في ترب بازلتية في منطقة مصيف - محافظة حماة. *المجلة السورية للبحوث الزراعية* 9(1): 244-262.

[55] الشاطر، محمد سعيد ودرغام، حسان وسليم، سليمان. 2021. تأثير إضافة الزيوليت وحمأة الصرف الصحي في إتاحة العناصر الصغرى بتربة كلسية خفيفة القوام. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. المجلد 37، العدد 2.

[56] الخفاجي، قحطان. 2018. دراسة توزيع بعض العناصر الصغرى تحت ظروف مناخية مختلفة في تربة مختارة من شمال العراق، مجلة جامعة كركوك للعلوم الزراعية، مجلد 9، العدد 3.

