مجلة مركز بابل للدراسات الإنسانية ٢٠٢٦ المجلد ١٦/ العدد ١١

# التباين المكاني للخصائص الفيزيائية والكيميائية لترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط

**أ.م.د رفل حسين نجم**

الجغرافية. الكلية التربية للعلوم الإنسانية. جامعة .بابل ،الدولة

البريد الإلكتروني Email : Hum.rafal.hus@uobabylon.edu.iq

**الكلمات المفتاحية**: التباين المكاني، الخصائص الفيزيائية، الخصائص الكيميائية، ترب كتوف الأنهار، ترب أحواض الأنهار، ترب الأهوار

**كيفية اقتباس البحث**

نجم، رفل حسين ، التباين المكاني للخصائص الفيزيائية والكيميائية لترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط، مجلة مركز بابل للدراسات الانسانية، تشرين الثاني ٢٠٢٦، المجلد:١٦ ،العدد:١١ .

**هذا البحث من نوع الوصول المفتوح مرخص بموجب رخصة المشاع الإبداعي لحقوق التأليف والنشر ( Creative Commons Attribution ) تتيح فقط للآخرين تحميل البحث ومشاركته مع الآخرين بشرط نَسب العمل الأصلي للمؤلف، ودون القيام بأي تعديل أو استخدامه لأغراض تجارية.**

**مفهرسة في Indexed**
**IASJ**

**مسجلة في Registered**
**ROAD**

# Spatial Variation in the Physical and Chemical Properties of Soils in Taj Al-Din Subdistrict, Wasit Governorate

**Rafal Hussein Najam**
Department of geography, College of education for human sciences, University of Babylon

**Keywords** : Spatial variation, physical properties, chemical properties, river levee soils, river basin soils, marsh soils.

**How To Cite This Article**
Najam, Rafal Hussein , Spatial Variation in the Physical and Chemical Properties of Soils in Taj Al-Din Subdistrict, Wasit Governorate,Journal Of Babylon Center For Humanities Studies, November 2026,Volume:16,Issue 11.

**This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/**

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

**Abstract:**

This study aims to analyze the spatial variation in the physical and chemical properties of soils in Taj Al-Din Subdistrict, Wasit Governorate, and to identify the differences among river levee soils, river basin soils, and marsh soils. The study adopted descriptive-analytical and comparative approaches, supported by fieldwork, laboratory analyses, and Geographic Information Systems (GIS). Soil samples were collected from nine sites at two depths: 0–30 cm and 30–60 cm.

The results revealed clear variations in soil texture. Loam texture predominated in the river levee soils, while clay loam and silty clay loam textures characterized the river basin soils, and silty clay texture prevailed in the marsh soils. The marsh soils recorded the highest mean porosity at 45.96%, whereas the river basin soils recorded the highest bulk density at 1.50 g/cm³. The marsh soils also exhibited the highest mean values of electrical conductivity, organic matter, cation exchange capacity, exchangeable sodium percentage, and nitrogen. In contrast, the river levee soils recorded the highest mean values of soil reaction, calcium

carbonate, phosphorus, and potassium. Organic matter and nutrient contents generally decreased with increasing soil depth, whereas electrical conductivity and calcium carbonate showed a relative increase in the subsurface layers. These variations are attributed to differences in sediment characteristics, soil texture, topographic position, moisture and drainage conditions, and agricultural land use.

This variation is attributed to differences in the nature of sediments, soil texture, topographic position, moisture and drainage conditions, and agricultural land use. This highlights the importance of considering the characteristics of each soil unit when managing agricultural soils and reducing their susceptibility to degradation. The findings provide a scientific basis for monitoring changes in soil properties, guiding management practices, improving land-use efficiency, and sustainably maintaining the productive capacity of soils in the study area in the future.

**الملخص:**

يهدف البحث إلى تحليل التباين المكاني في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط، وبيان الاختلافات بين الوحدات الترابية السائدة، والمتمثلة بترب كتوف الأنهار، وترب أحواض الأنهار، وترب الأهوار. واعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي والمنهج المقارن، إلى جانب العمل الميداني والتحليلات المختبرية والاستعانة بنظم المعلومات الجغرافية في تمثيل النتائج مكانياً. وجُمعت عينات التربة من تسعة مواقع موزعة على انواع الترب الترابية الثلاث، وبعمقين هما (٠–٣٠) و(٣٠–٦٠) سم، بهدف الكشف عن التباين المكاني والرأسي في خصائصها.

أظهرت النتائج وجود اختلاف واضح في نسجة التربة؛ إذ سادت النسجة المزيجية في ترب كتوف الأنهار، في حين تميزت ترب أحواض الأنهار بالنسجة الطينية المزيجية والطينية الغرينية المزيجية، بينما غلبت النسجة الطينية الغرينية على ترب الأهوار. وسجلت ترب الأهوار أعلى معدل للمسامية بلغ (٤٥.٩٦%)، في حين سجلت ترب أحواض الأنهار أعلى معدل للكثافة الظاهرية بلغ (١.٥٠ غم/سم³). كما سجلت ترب الأهوار أعلى معدلات للتوصيلية الكهربائية والمادة العضوية والسعة التبادلية الكاتيونية والصوديوم المتبادل والنتروجين، بينما سجلت ترب كتوف الأنهار أعلى معدلات لدرجة التفاعل وكربونات الكالسيوم والفسفور والبوتاسيوم. وأظهرت النتائج كذلك انخفاض المادة العضوية ومعظم العناصر الغذائية غالباً مع زيادة العمق، مقابل ارتفاع نسبي في التوصيلية الكهربائية وكربونات الكالسيوم في الطبقات تحت السطحية.

ويُعزى هذا التباين إلى اختلاف طبيعة الرواسب ونسجة التربة والموضع الطبوغرافي وظروف الرطوبة والصرف والاستعمال الزراعي، مما يؤكد أهمية مراعاة خصائص كل وحدة ترابية عند إدارة التربة الزراعية والحد من تعرضها للتدهور. وتوفر النتائج قاعدة علمية يمكن الاستناد إليها في متابعة تغير خصائص التربة، وتوجيه إجراءات إدارتها، وتحسين كفاءة استعمالها، والمحافظة على قدرتها الإنتاجية ضمن منطقة الدراسة مستقبلاً على نحو مستدام.

**المقدمة:**

تُعدّ التربة من المكونات الأساسية للبيئة والقاعدة التي يعتمد عليها نمو النبات وتوفير الماء والعناصر الغذائية. وتتباين خصائصها مكانياً تبعاً لاختلاف المادة الأصلية، وطبيعة السطح، ونظام الترسيب، وظروف الري والصرف، وأساليب استعمال الأرض، مما ينعكس على كفاءتها الزراعية.

وتضم ناحية تاج الدين في محافظة واسط انواع الترب المختلفة، تتمثل بترب كتوف الأنهار وأحواض الأنهار والأهوار، وقد تكوّنت في ظروف ترسيبية وموضعية متباينة أثرت في خصائصها الفيزيائية والكيميائية. لذلك يهدف البحث إلى تحليل التباين المكاني والرأسي في نسجة التربة وكثافتها ومساميتها، فضلاً عن التوصيلية الكهربائية ودرجة التفاعل والمادة العضوية والسعة التبادلية الكاتيونية وكربونات الكالسيوم والصوديوم المتبادل والعناصر الغذائية. ويسهم ذلك في تفسير الاختلاف بين انواع الترب وتوفير قاعدة علمية تساعد على إدارة التربة والحد من تدهورها.

**أولاً: مشكلة الدراسة:**

تتمثل مشكلة البحث في عدم وضوح طبيعة التباين المكاني للخصائص الفيزيائية والكيميائية لترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط، ومدى ارتباط هذا التباين باختلاف انواع الترب المتمثلة بترب كتوف الأنهار وأحواض الأنهار والأهوار، فضلاً عن أثره في تصنيف التربة وتحديد قابليتها الإنتاجية. ويمكن التعبير عن المشكلة بالتساؤلات الآتية:

١- ما طبيعة التباين المكاني والرأسي في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لترب ناحية تاج الدين بين انواع الترب ومواقع العينات وأعماقها المختلفة؟

٢- ما العوامل الجغرافية التي أسهمت في تشكيل هذا التباين، ولا سيما طبيعة السطح، والعمليات الترسيبية، والقرب من مجاري الأنهار، والصرف، والمياه الجوفية، ونوعية مياه الري والاستعمال الزراعي؟

٣- إلى أي أصناف تنتمي ترب ناحية تاج الدين وفق خصائصها الفيزيائية والكيميائية والمعايير العلمية المعتمدة؟

**ثانياً: فرضيات الدراسة:**

١- تتباين الخصائص الفيزيائية والكيميائية لترب ناحية تاج الدين مكانياً بين ترب كتوف الأنهار وأحواض الأنهار والأهوار، كما تتباين رأسياً بين الطبقات السطحية وتحت السطحية.

٢- يرتبط التباين المكاني لخصائص التربة باختلاف الموقع التضاريسي والبيئة الترسيبية ودرجة الصرف والقرب من مجرى النهر، فضلاً عن تأثير الري والاستعمال الزراعي.

٣- تتميز ترب كتوف الأنهار بقوام أخف وصرف أفضل نسبياً، في حين ترتفع نسبة المكونات الدقيقة واحتمالات تراكم الأملاح في ترب الأحواض والأهوار نتيجة انخفاض السطح وضعف الصرف.

٤- يؤدي اختلاف النسجة والملوحة والصوديوم المتبادل والمادة العضوية وكربونات الكالسيوم والجبس والصرف إلى تباين أصناف التربة ودرجات قابليتها الإنتاجية بين انواع الترب في ناحية تاج الدين.

**ثالثاً: هدف الدراسة:**

تهدف الدراسة إلى تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط، والكشف عن تباينها المكاني والرأسي بين ترب كتوف الأنهار وأحواض الأنهار والأهوار، ثم تصنيف نسجتها وتقييم قابليتها الإنتاجية وفق المعايير العلمية المعتمدة. كما تسعى إلى تحديد الخصائص التي تمثل محددات للاستعمال الزراعي، وربط تباينها بظروف الترسيب وطبيعة السطح والصرف والقرب من المجاري المائية، بما يساعد على تحديد أساليب الإدارة الملائمة لموارد التربة في منطقة الدراسة.

ويمكن تفصيله إلى أهداف فرعية:

١- تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات التربة في العمقين ٠-٣٠ سم و ٣٠-٦٠ سم.

٢- تحديد التباين المكاني في خصائص ترب كتوف الأنهار وأحواض الأنهار والأهوار.

٣- تصنيف نسجة التربة وفق مثلث النسجة الأمريكي USDA.

٤- تقييم القابلية الإنتاجية للتربة وفق معايير Sys.

٥- تحديد أبرز المحددات الطبيعية والكيميائية المؤثرة في ملاءمة التربة للاستعمال الزراعي.

٦- تفسير التباين في خصائص التربة في ضوء طبيعة السطح والترسيب والصرف والري والاستعمال الزراعي.

**رابعاً: منهج الدراسة:**

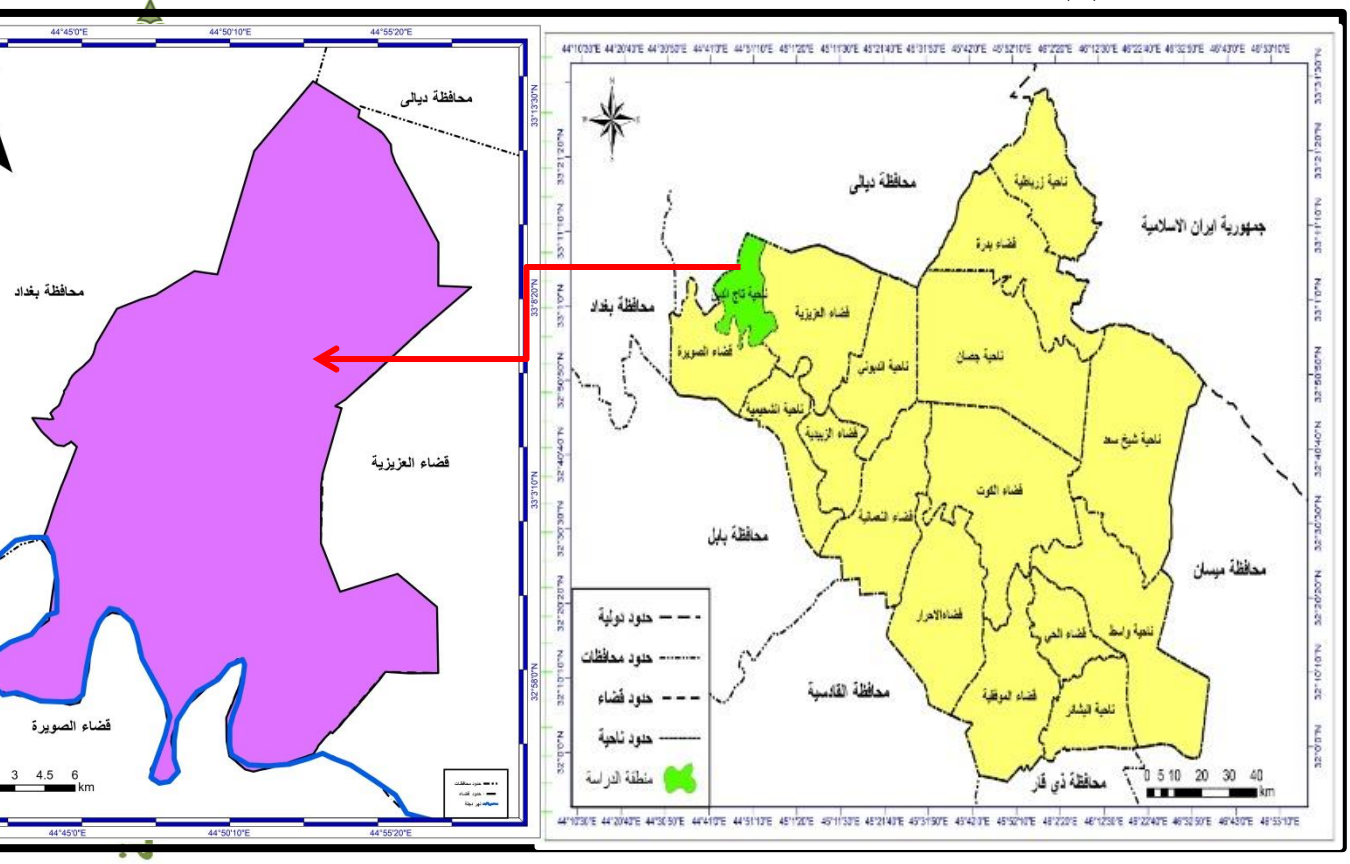
اعتمدت الدراسة المنهج التحليلي في تفسير الخصائص الفيزيائية والكيميائية لترب ناحية تاج الدين وربط تباينها بعوامل تكوين التربة، ولا سيما طبيعة السطح والبيئة الترسيبية ودرجة الصرف والقرب من المجاري المائية والاستعمال الزراعي. كما استُخدم المنهج المكاني للمقارنة بين ترب كتوف الأنهار وأحواض الأنهار والأهوار، والكشف عن الاختلافات بين مواقع العينات وأعماقها. واستندت الدراسة إلى العمل الميداني في تحديد مواقع العينات وجمعها من العمقين (٠–٣٠ سم) و (٣٠–٦٠ سم)، ثم إخضاعها للتحليل المختبري لقياس خصائصها الفيزيائية والكيميائية. وعولجت النتائج كمياً باستخدام الأساليب الإحصائية الملائمة، فضلاً عن تصنيف نسجة التربة وفق مثلث النسجة الأمريكي USDA، وتقييم قابليتها الإنتاجية وفق نظام Sys. كما استُخدمت نظم المعلومات الجغرافية في إعداد الخرائط وتحليل التوزيع المكاني لانواع الترب والخصائص المدروسة.

**خامساً: حدود منطقة الدراسة:**

تتمثل منطقة الدراسة في ناحية تاج الدين، المعروفة محلياً باسم ناحية الحفرية، وهي إحدى النواحي التابعة لقضاء العزيزية في محافظة واسط. وقد استُحدثت كوحدة إدارية بموجب المرسوم الجمهوري رقم (١٥٦) الصادر في ٢٤ أيار ١٩٧٦، وتبلغ مساحتها نحو ٢١٠ كم$^2$.تقع الناحية في الجزء الشمالي الغربي من محافظة واسط، على مسافة تقارب ١١٠ كم شمال مدينة الكوت، ونحو ٦٠ كم جنوب مدينة بغداد. ويمنحها هذا الموقع طابعاً انتقالياً بين أراضي محافظة واسط من جهة، والمناطق الواقعة ضمن الامتداد الجنوبي الشرقي لمحافظة بغداد من جهة أخرى. كما تحاذي منطقة النهروان من الشمال الشرقي، ومنطقة الوحدة من جهة الشمال.

ويتضح من الخريطة(١) أن ناحية تاج الدين تقع فلكياً بين دائرتي عرض (٠٠″ ٥٨′ ٣٢° – ٣٠″ ١٣′ ٣٣°) شمالاً، وبين خطي طول (٢٠″ ٥٥′ ٤٤° – ٠٠″ ٤٥′ ٤٤°) شرقاً. أما جغرافياً، فتحدها محافظة ديالى من الشمال والشمال الشرقي، ومحافظة بغداد من الغرب، وبقية أراضي قضاء العزيزية من الشرق، وقضاء الصويرة من الجنوب. تقع ناحية تاج الدين ضمن السهل الرسوبي، وتتباين تربها تبعاً لظروف الترسيب النهري ودرجة القرب من المجاري المائية. وتضم ثلاثة أصناف رئيسة هي: ترب أحواض الأنهار، وترب الأهوار، وترب كتوف الأنهار، وتتوزع مكانياً بين الأجزاء الشمالية والوسطى والجنوبية من الناحية. ويُعتمد هذا التباين أساساً لمقارنة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة وتقييم قابليتها الإنتاجية ضمن موضوع الدراسة.

**خريطة(١) حدود منطقة الدراسة وموقعها بالنسبة لمحافظة واسط.**




المصدر: الباحثة بالاعتماد على الهيأة العامة للمساحة، خريطة محافظة واسط، بمقياس ١- ٥٠٠٠٠٠.

**المحور الأول: انواع الترب في ناحية تاج الدين**

**أنواع الترب بحسب الوحدات التضاريسية لناحية تاج الدين في محافظة واسط:**

يرتبط تباين أنواع الترب في ناحية تاج الدين باختلاف الوحدات الجيومورفولوجية وظروف الترسيب النهري ودرجة انخفاض السطح وارتفاعه. يتضح من الجدول (١) و (٢) والخريطة (٢) أن ترب ناحية تاج الدين لا تتوزع بصورة متجانسة، بل تتباين تبعاً لاختلاف مواضعها الطبوغرافية وظروف الترسيب النهري ودرجة القرب من مجرى نهر دجلة. وقد بلغت المساحة الكلية لمنطقة الدراسة نحو ٤٠٩.٢ كم²، وتوزعت بين ثلاثة أنواع رئيسة من الترب، هي ترب أحواض الأنهار، وترب الأهوار، وترب كتوف الأنهار.

١- **ترب أحواض الأنهار**: احتلت ترب أحواض الأنهار المرتبة الأولى من حيث المساحة، إذ بلغت ٢٠٣.٨ كم²، بما يعادل ٤٩.٨٠% من المساحة الكلية لناحية تاج الدين. وتنتشر في

معظم الأجزاء الشمالية والوسطى والغربية من منطقة الدراسة، مكونةً نطاقاً واسعاً خلف ترب كتوف الأنهار وبعيداً نسبياً عن المجرى النهري. تكوّنت هذه الترب في المواضع المنخفضة الواقعة بين الأنهار أو خلف كتوفها، حيث تقل سرعة مياه الفيضانات وتترسب المواد الدقيقة، ولا سيما الغرين والطين. لذلك يغلب عليها القوام المتوسط إلى الناعم، كما تكون حركتا الماء والهواء فيها أبطأ مقارنة بترب الكتوف. وقد يؤدي انخفاض سطحها النسبي وضعف التصريف في بعض المواقع إلى ارتفاع مستوى المياه الجوفية وتراكم الأملاح، ولا سيما عند زيادة مياه الري أو غياب شبكات البزل الفاعلة.

٢- **تربة الاهوار**: جاءت ترب الأهوار في المرتبة الثانية، بمساحة بلغت ١١١.٤ كم$^2$، وشكلت نحو ٢٧.٢٤% من مساحة الناحية. وتتركز في الجزء الأوسط من منطقة الدراسة، ثم تمتد باتجاه الجنوب والجنوب الشرقي، ضمن نطاق منخفض تحيط به ترب أحواض الأنهار وكتوفها. يرتبط تكوّن هذه الترب بالمناطق المنخفضة التي تعرضت لتجمع المياه أو الغمر خلال فترات سابقة، مما ساعد على ترسيب المواد الدقيقة وبقاء التربة رطبة لمدة أطول. ويُرجح أن تتصف بارتفاع نسبي في محتوى الطين، وضعف النفاذية والصرف الداخلي، فضلاً عن تأثر بعض مواقعها بارتفاع المياه الجوفية. وقد تسهم بقايا النباتات المتحللة في زيادة المادة العضوية في الطبقات السطحية، إلا أن ضعف التهوية وتشبع التربة بالماء قد يحدان من كفاءتها الزراعية ما لم تُعالج مشكلات الصرف.

٣- تربة كتوف الأنهار: شغلت ترب كتوف الأنهار مساحة بلغت ٩٤.٠ كم$^2$، أي ما نسبته ٢٢.٩٦% من المساحة الكلية، وهي بذلك أقل أنواع الترب انتشاراً في ناحية تاج الدين. وتظهر في الجزء الجنوبي من منطقة الدراسة بمحاذاة مجرى نهر دجلة، وتتخذ شكلاً شريطياً يتوافق مع امتداد المجرى النهري. تكوّنت هذه الترب نتيجة ترسيب المواد التي حملتها مياه الفيضانات بالقرب من ضفاف النهر، إذ تترسب الحبيبات الأكبر حجماً أولاً مع انخفاض سرعة المياه خارج المجرى. ولهذا تكون أعلى نسبياً من ترب الأحواض والأهوار، وتميل نسجتها إلى احتواء نسب أكبر من الرمل والغرين، مما يمنحها نفاذية وتهوية وصرفاً أفضل. وتعد هذه الخصائص ملائمة للاستعمال الزراعي، إلا أن مستوى قابليتها الإنتاجية يتوقف أيضاً على الملوحة والمادة العضوية وكربونات الكالسيوم ونسبة الصوديوم المتبادل وطرائق إدارة الأرض.

ويشير التوزيع المكاني إلى أن ترب أحواض الأنهار تمثل الوحدة السائدة في ناحية تاج الدين، في حين ترتبط ترب الأهوار بالمنخفضات الداخلية، وتتركز ترب كتوف الأنهار بمحاذاة نهر

دجلة. ويشكل هذا التباين أساساً لاختيار مواقع العينات ومقارنة خصائصها الفيزيائية والكيميائية، على أن تُثبت الفروق الفعلية بين هذه الوحدات من خلال نتائج التحاليل المختبرية.

**جدول ( ١) التوزيع المساحي والنسبي لأنواع الترب في ناحية تاج الدين بمحافظة واسط**

| التربة | المساحة كم٢ | النسبة % |
|---|---|---|
| تربة الاهوار | ١١١.٤ | ٢٧.٢٤ |
| تربة احواض الانهار | ٢٠٣.٨ | ٤٩.٨٠ |
| ترب كتوف الانهار | ٩٤.٠ | ٢٢.٩٦ |
| المجموع | ٤٠٩.٢ | ١٠٠ |

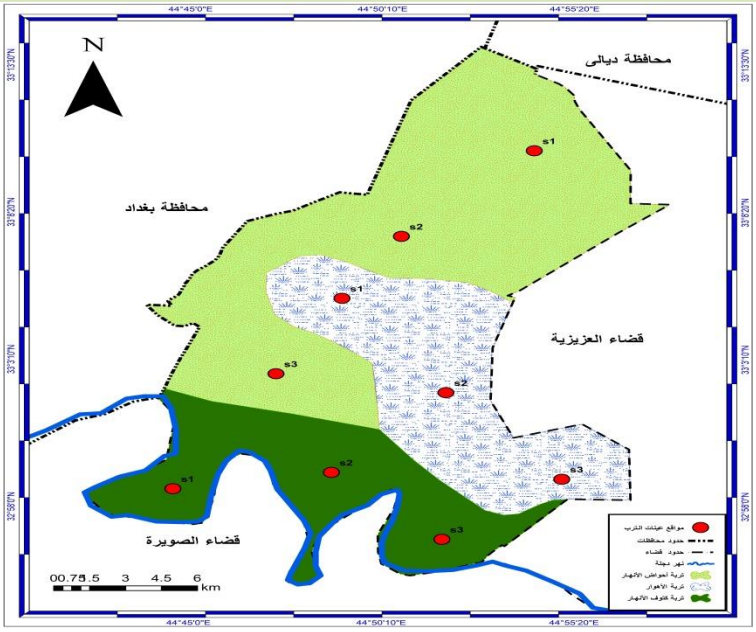
المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على: Buringh, P., Soils and Soil Conditions in Iraq, 1960، وباستخدام برنامج ArcGIS 10.8.

**جدول (٢) المواقع والاحداثيات الفلكية لعينات ترب منطقة الدراسة.**

| التربة | رقم العينة | الاحداثيات | |
|---|---|---|---|
| | | دوائر العرض | خطوط الطول |
| تربة احواض الانهار | S1 | 33° 10' 30.317" N | 44° 54' 14.991" E |
| | S2 | 33° 7' 29.844" N | 44° 50' 40.963" E |
| | S3 | 33° 2' 40.119" N | 44° 47' 19.500" E |
| تربة الاهوار | S1 | 33° 5' 19.186" N | 44° 49' 5.548" E |
| | S2 | 33° 2' 0.678" N | 44° 51' 53.246" E |
| | S3 | 32° 58' 58.379" N | 44° 55' 0.009" E |
| تربة كتوف الانهار | S1 | 32° 58' 37.653" N | 44° 44' 34.165" E |
| | S2 | 32° 59' 12.431" N | 44° 48' 49.152" E |
| | S3 | 32° 56' 51.748" N | 44° 51' 47.288" E |

المصدر: الباحثة بالاعتماد على الدراسة الميدانية .

**خريطة (٢) أنواع الترب ومواقع العينات بحسب الوحدات التضاريسية لناحية تاج الدين في محافظة واسط.**




المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على: Buringh, P., Soils and Soil Conditions in Iraq, 1960، وباستخدام برنامج ArcGIS 10.8.والدراسة الميدانية.

**المحور الثاني: الخصائص الفيزيائية لترب في ناحية تاج الدين:**

وبعد التعرف على أنواع الترب وتوزيعها المكاني في ناحية تاج الدين، سيتم تناول خصائصها الفيزيائية وبيان أوجه التباين بينها:

**اولاً: نسجة التربة (Texture oil )** : تُعرَّف نسجة التربة بأنها التوزيع النسبي لمفصولات الرمل والغرين والطين المكوِّنة للجزء المعدني من التربة، التي يقل قطر حبيباتها عن ٢ ملم، بصرف النظر عن تركيبها الكيميائي. وتُحدد النسجة وفق النسب الوزنية لكل مفصول، ثم تُصنَّف التربة بالاعتماد على مثلث النسجة الأمريكي USDA، الذي يبين الصنف النسجي الناتج عن تداخل نسب الرمل والغرين والطين(١).

**جدول (٣) أنواع نسجة التربة بحسب حجم الذرات (ملم)**

| نوع النسيج | حجم الذرات/ملم |
|---|---|
| رملي خشن جداً | 1–2 |
| رملي خشن | 0.5–1 |
| رملي متوسط | 0.25–0.5 |
| رملي ناعم | 0.10–0.25 |
| رملي ناعم جداً | 0.05–0.10 |
| غريني | 0.002–0.05 |
| طيني | أقل من ٠.٠٠٢ |



مجلة مركز بابل للدراسات الإنسانية ٢٠٢٦ المجلد ١٦/ العدد ١١

المصدر: حسن أبو سمور، الجغرافيا الحيوية والتربة، ط١، دار المسيرة، عمّان، ٢٠٠٥، ص٢٥٦.

١- **ترب كتوف الأنهار**: يتضح من الجدول (٤) والشكل (١)، أن نسجة ترب كتوف الأنهار في ناحية تاج الدين تتباين بين العينات، إلا أن المعدل العام لمفصولاتها بلغ ٢١.٩٨% للطين، و٤٥.٧٧% للغرين، و٣٢.٢٥% للرمل، وبذلك صُنفت ضمن النسجة المزيجية وفق مثلث نسجة التربة الأمريكي. ويشير هذا التوزيع إلى غلبة الغرين مع نسبة متوسطة من الرمل وانخفاض نسبي للطين، وهي خصائص تتفق مع طبيعة الترسيب النهري بالقرب من المجاري المائية، حيث تترسب الحبيبات الأكبر والأثقل نسبياً قبل انتقال المواد الأدق إلى المواضع الأكثر انخفاضاً.

ظهرت العينة S1 بنسجة مزيجية غرينية في العمقين، إذ بلغ متوسط الغرين ٥٨.٥٥%، مقابل ٣١.٥٠% للرمل و٩.٩٥% للطين. ولم يظهر اختلاف رأسي كبير بين الطبقتين؛ فقد انخفض الطين من ١٠.٩% في العمق السطحي إلى ٩% في العمق الثاني، مع ارتفاع محدود في نسبتي الغرين والرمل.

ويعكس ذلك تقارب ظروف الترسيب في طبقات هذه العينة وسيادة المواد الغرينية فيها، أما العينة S2 فقد اتصفت بنسجة مزيجية طينية، نتيجة ارتفاع متوسط الطين إلى ٣٥.٢٥% وتقاربه مع الغرين البالغ ٣٦%، بينما بلغ الرمل ٢٨.٧٥%. وارتفعت نسبة الطين في العمق ٣٠-٦٠ سم إلى ٣٦% مقارنة بـ٣٤.٥% في الطبقة السطحية، وهو ما قد يرتبط بترسب الحبيبات الدقيقة في الطبقة تحت السطحية أو انتقال جزء منها إلى الأسفل مع مياه الري، وسجلت العينة S3 نسجة مزيجية، بمتوسط بلغ ٢٠.٧٥% للطين، و٤٢.٧٥% للغرين، و٣٦.٥٠% للرمل. وظهر فيها أكبر تباين بين العمقين، إذ ارتفعت نسبة الرمل من ٣٤% في الطبقة السطحية إلى ٣٩% في الطبقة تحت السطحية، في مقابل انخفاض الغرين من ٤٥% إلى ٤٠.٥%، مع ثبات نسبي في الطين. ويشير ذلك إلى اختلاف طبيعة الرواسب بين الطبقتين أكثر مما ظهر في العينتين الأخريين.

وبذلك لا تتخذ ترب كتوف الأنهار نسجة واحدة في جميع مواقعها، بل تتدرج من المزيجية الغرينية إلى المزيجية الطينية والمزيجية، تبعاً لاختلاف موقع العينة بالنسبة إلى المجرى النهري وتعاقب الرواسب وحجم الحبيبات المترسبة. ويسهم ارتفاع الغرين والرمل نسبياً في منح هذه الترب تهوية ونفاذية أفضل من الترب شديدة النعومة، مع بقاء خصائص كل موقع مرتبطة بنسبة الطين ودرجة تراص الحبيبات وإدارة الري والصرف.

٢- **ترب احواض الأنهار**: يتضح من الجدول (٤) والشكل (١) أن ترب أحواض الأنهار في ناحية تاج الدين تتصف بسيادة المكونات الدقيقة، إذ بلغ المعدل العام للطين ٣٧.٢٨%، وللغرين ٤٢.٥٥%، بينما انخفض الرمل إلى ٢٠.١٧%. ووفق موقع هذه النسب على مثلث نسجة التربة الأمريكي، تقترب النسجة العامة من الحد الفاصل بين المزيجية الطينية والمزيجية الطينية الغرينية، وقد صُنفت في الجدول ضمن النسجة المزيجية الطينية. ويشير ارتفاع الطين والغرين إلى ترسب المواد الدقيقة في المناطق المنخفضة الواقعة خلف كتوف الأنهار، بعد فقدان مياه الفيضانات جزءاً من سرعتها وقدرتها على حمل الرواسب.

اتصفت العينة S1 بنسجة مزيجية طينية غرينية في العمقين، إذ بلغ متوسط الطين ٣٤.٢٥% والغرين ٤٨%، مقابل ١٧.٧٥% للرمل. وارتفعت نسبة الطين من ٣٢.٥% في العمق السطحي إلى ٣٦% في العمق ٣٠–٦٠ سم، في حين انخفض الغرين والرمل نسبياً.

وقد يرتبط ذلك بانتقال جزء من الحبيبات الطينية نحو الطبقة تحت السطحية بفعل مياه الري، أو باختلاف طبيعة الرواسب التي تكوّنت منها الطبقتان، أما العينة S2 فقد جاءت بنسجة مزيجية طينية، وبلغ متوسط الطين فيها ٣٨.١%، والغرين ٣٧.٤%، والرمل ٢٤.٥%. ويظهر تقارب نسبي بين مفصولي الطين والغرين، مع ارتفاع محدود للطين في الطبقة تحت السطحية إلى ٣٩.٢% مقارنة بـ٣٧% في الطبقة السطحية. ويمنح هذا التركيب التربة قدرة أعلى على الاحتفاظ بالماء، لكنه قد يبطئ حركة الماء والهواء عند زيادة التراص أو ضعف الصرف، وسجلت العينة S3 أعلى متوسط للطين بين عينات أحواض الأنهار، إذ بلغ ٣٩.٥%، مقابل ٤٢.٢٥% للغرين و١٨.٢٥% للرمل. وصُنفت الطبقة السطحية ضمن النسجة المزيجية الطينية الغرينية، بينما انتقلت الطبقة تحت السطحية إلى النسجة الطينية الغرينية بعد ارتفاع الطين إلى ٤١% وانخفاض الرمل إلى ١٧.٥%. ويكشف هذا التحول عن زيادة نعومة الرواسب مع العمق، بما قد يحد من النفاذية ويزيد قابلية التربة للاحتفاظ بالرطوبة.

وتبين هذه النتائج أن ترب أحواض الأنهار أكثر نعومة من ترب كتوف الأنهار، نتيجة انخفاض مواضعها وبعدها النسبي عن المجرى المباشر، مما سمح بترسيب الغرين والطين واستمرار تراكمهما. وينعكس ذلك على بطء الصرف الداخلي وارتفاع احتمالات تجمع الرطوبة والأملاح، ولا سيما في المواقع التي تعاني من ضعف البزل أو ارتفاع مستوى المياه الجوفية.

٣- **ترب الأهوار**: يتضح من الجدول (٤) والشكل (١) أن ترب الأهوار في ناحية تاج الدين تتصف بسيادة المكونات الناعمة، إذ بلغ المعدل العام للطين ٤٢.٠٨%، وللغرين ٤٢.٨٤%، في حين انخفض الرمل إلى ١٥.٠٨%. وبحسب مثلث نسجة التربة الأمريكي، تقع هذه القيم

ضمن صنف التربة الطينية الغرينية، مما يدل على غلبة الرواسب الدقيقة التي تراكمت في المواضع المنخفضة المتأثرة بتجمع المياه وبطء حركة الجريان.

سجلت العينة S1 نسجة طينية غرينية في العمقين، إذ بلغ متوسط الطين ٤٢.٧٥% والغرين ٤٦%، مقابل ١١.٢٥% فقط للرمل. وارتفعت نسبة الطين من ٤١% في الطبقة السطحية إلى ٤٤.٥% في العمق ٣٠–٦٠ سم، بينما انخفض الرمل من ١٢% إلى ١٠.٥%. ويشير ذلك إلى ازدياد نعومة التربة مع العمق، نتيجة تراكم الحبيبات الدقيقة واستقرارها في الطبقة تحت السطحية. أما العينة S2 فقد احتفظت أيضاً بالنسجة الطينية الغرينية في العمقين، بمتوسط بلغ ٤٢% للطين و٤٣% للغرين و١٥% للرمل. وارتفع الطين من ٤٠% في العمق السطحي إلى ٤٤% في العمق الثاني، مقابل انخفاض الغرين والرمل بدرجات محدودة. ويؤدي هذا التركيب إلى زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، لكنه قد يبطئ النفاذية والتهوية عند تشبعها بالرطوبة. وأظهرت العينة S3 تبايناً نسجياً محدوداً بين العمقين، إذ صُنفت الطبقة السطحية ضمن النسجة الطينية بعد بلوغ الطين ٤١% والغرين ٣٩% والرمل ٢٠%، في حين اتخذت الطبقة تحت السطحية نسجة طينية غرينية مع ارتفاع الطين إلى ٤٢% والغرين إلى ٤٠% وانخفاض الرمل إلى ١٨%. أما متوسط العينة فقد بلغ ٤١.٥% للطين و٣٩.٥% للغرين و١٩% للرمل، وصُنّف ضمن النسجة الطينية.

وتبين هذه النتائج أن ترب الأهوار تمثل أكثر وحدات التربة نعومة في منطقة الدراسة، مقارنة بترب كتوف الأنهار وأحواضها. ويرتبط ذلك بانخفاض مواضعها واستقبالها للرواسب الدقيقة المحمولة بالمياه، مما يزيد قدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة، ويجعلها أكثر عرضة لضعف الصرف والتهوية واحتمال تراكم الأملاح عند ارتفاع مستوى المياه الجوفية أو استمرار الغمر.

**جدول (٤) الخصائص الفيزيائية «نسجة التربة» لعينات ترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط**

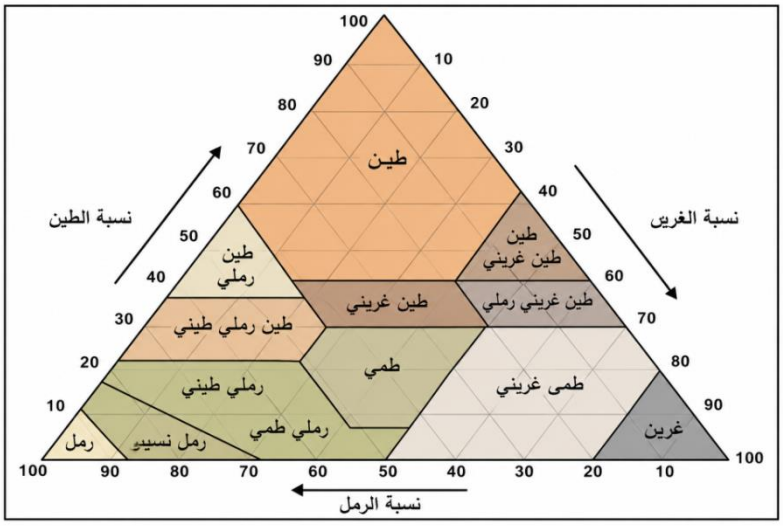
| نوع التربة | رقم العينة | العمق/ سم | الطين % | الغرين % | الرمل % | صنف النسجة |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تربة كتوف الانهار | S1 | 0–30 | 10.9 | 58.1 | 31 | مزيجية غرينية |
| | | 30–60 | 9 | 59 | 32 | مزيجية غرينية |
| | | المعدل | 9.95 | 58.55 | 31.5 | مزيجية غرينية |
| | S2 | 0–30 | 34.5 | 36.5 | 29 | مزيجية طينية |
| | | 30–60 | 36 | 35.5 | 28.5 | مزيجية طينية |
| | | المعدل | 35.25 | 36 | 28.75 | مزيجية طينية |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | S3 | 0–30 | 21 | 45 | 34 | مزيجية |
| | | 30–60 | 20.5 | 40.5 | 39 | مزيجية |
| | | المعدل | 20.75 | 42.75 | 36.5 | مزيجية |
| المعدل العام لترب كتوف الأنهار | — | — | 21.98 | 45.77 | 32.25 | مزيجية |
| تربة احواض الانهار | S1 | 0–30 | 32.5 | 49 | 18.5 | مزيجية طينية غرينية |
| | | 30–60 | 36 | 47 | 17 | مزيجية طينية غرينية |
| | | المعدل | 34.25 | 48 | 17.75 | مزيجية طينية غرينية |
| | S2 | 0–30 | 37 | 38 | 25 | مزيجية طينية |
| | | 30–60 | 39.2 | 36.8 | 24 | مزيجية طينية |
| | | المعدل | 38.1 | 37.4 | 24.5 | مزيجية طينية |
| | S3 | 0–30 | 38 | 43 | 19 | مزيجية طينية غرينية |
| | | 30–60 | 41 | 41.5 | 17.5 | طينية غرينية |
| | | المعدل | 39.5 | 42.25 | 18.25 | مزيجية طينية غرينية |
| المعدل العام لترب أحواض الأنهار | — | — | 37.28 | 42.55 | 20.17 | مزيجية طينية |
| ترب الأهوار | S1 | 0–30 | 41 | 47 | 12 | طينية غرينية |
| | | 30–60 | 44.5 | 45 | 10.5 | طينية غرينية |
| | | المعدل | 42.75 | 46 | 11.25 | طينية غرينية |
| | S2 | 0–30 | 40 | 44 | 16 | طينية غرينية |
| | | 30–60 | 44 | 42 | 14 | طينية غرينية |
| | | المعدل | 42 | 43 | 15 | طينية غرينية |
| | S3 | 0–30 | 41 | 39 | 20 | طينية |
| | | 30–60 | 42 | 40 | 18 | طينية غرينية |
| | | المعدل | 41.5 | 39.5 | 19 | طينية |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| المعدل العام لترب الأهوار | — | — | 42.08 | 42.84 | 15.08 | طينية غرينية |

المصدر: الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليلات المختبرية، مديرية زراعة واسط، قسم المختبرات، في ٢٠٢٦/٧/٢.

**شكل (١) مثلث نسجة التربة الأمريكي لتصنيف عينات ترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط.**




المصدر: U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), Soil Screening Guidance: User's Guide, 2nd ed., 1996, Exhibit 9, p. 19.

**جدول (٥) تصنيف نسجة التربة حسب النظام الأمريكي.**

| الأصناف الرئيسة | الأصناف الفرعية |
|---|---|
| الترب خشنة النسجة | الرملية، الرملية المزيجية، المزيجية الرملية، الرملية الطينية |
| الترب متوسطة النسجة | الغرينية، المزيجية، المزيجية الغرينية، المزيجية الطينية، المزيجية الطينية الغرينية، الرملية الطينية المزيجية |
| الترب ناعمة النسجة | الطينية، الطينية الغرينية، الطينية الرملية |

المصدر: عبد الفتاح القطبي، ميكانيكا التربة، دار الكتب العلمية للنشر، القاهرة، ٢٠٠٧، ص٧٥.

ويتضح من الجدول (٥) أن نسجة ترب ناحية تاج الدين تنحصر بين الترب متوسطة النسجة والترب ناعمة النسجة، دون ظهور أصناف خشنة النسجة. فقد اتصفت ترب كتوف الأنهار بالنسجات المزيجية والمزيجية الغرينية والمزيجية الطينية، لذلك تندرج ضمن الترب متوسطة النسجة. كما غلبت النسجات المتوسطة على ترب أحواض الأنهار، مع ظهور النسجة الطينية

الغرينية في بعض الطبقات. أما ترب الأهوار فكانت في معظمها طينية غرينية أو طينية، مما يضعها ضمن الترب ناعمة النسجة. ويشير ذلك إلى زيادة نعومة التربة تدريجياً من كتوف الأنهار باتجاه الأحواض والأهوار، تبعاً لاختلاف ظروف الترسيب وانخفاض سطح الأرض.

**ثانياً: الكثافة الظاهرية (Bulk Density):**

تُعرَّف الكثافة الظاهرية بأنها كتلة التربة الجافة في وحدة الحجم الكلي، بما يشمله من حبيبات صلبة وفراغات مسامية، وتُقاس عادةً بوحدة غم/سم$^3$. وتتأثر قيمتها بدرجة تراص الحبيبات ونسجة التربة وبنائها ومحتواها من المادة العضوية؛ إذ ترتفع في الترب المتماسكة والمضغوطة ذات المسامية المنخفضة، بينما تنخفض في الترب المفككة والغنية بالمادة العضوية التي تتسع فيها الفراغات المسامية. ولذلك تُعد مؤشراً على حالة التربة الفيزيائية ومدى سهولة حركة الماء والهواء ونمو الجذور فيها [٢].

تُعد الكثافة الظاهرية مؤشراً على نسجة التربة وبنائها وتركيبها المعدني، إذ ترتبط عكسياً بحجم المسامات؛ فتكون قيمها أقل في الترب الخفيفة والمفككة ذات المسامية المرتفعة، وتزداد في الترب الثقيلة أو المتراصة. كما تتأثر بالعمليات الزراعية ونمط إدارة الأرض، إذ تسهم إضافة الأسمدة العضوية في تحسين بناء التربة وزيادة مساميتها، مما يؤدي إلى انخفاض كثافتها الظاهرية، في حين تسبب الزراعة المكثفة وتكرار مرور الآلات الزراعية زيادة تراص الحبيبات وتقليل الفراغات المسامية، ومن ثم ارتفاع قيم الكثافة الظاهرية[٣].

١- **الكثافة الظاهرية لتربة كتوف الأنهار:** يتضح من الجدول (٦) والخريطة (٣) أن المعدل العام للكثافة الظاهرية في ترب كتوف الأنهار بلغ ١.٤٥ غم/سم$^3$، مع وجود تباين محدود بين مواقع العينات وأعماقها. وسجلت العينة S1 أعلى معدل بلغ ١.٥٠ غم/سم$^3$، تلتها العينة S2 بمعدل ١.٤٦ غم/سم$^3$، في حين انخفض المعدل في العينة S3 إلى ١.٤٠ غم/سم$^3$.

وأظهرت جميع العينات ارتفاعاً منتظماً في الكثافة الظاهرية مع زيادة العمق؛ إذ ارتفعت في العينة S1 من ١.٤٨ غم/سم$^3$ في العمق (٠-٣٠ سم) إلى ١.٥٢ غم/سم$^3$ في العمق (٣٠-٦٠ سم)، كما ارتفعت في العينة S2 من ١.٤٤ إلى ١.٤٨ غم/سم$^3$، وفي العينة S3 من ١.٣٨ إلى ١.٤٢ غم/سم$^3$. ويرتبط هذا الاتجاه بزيادة تراص حبيبات التربة في الطبقات تحت السطحية، مقابل تأثر الطبقة السطحية بالحراثة وانتشار الجذور وبقايا النباتات، مما يسهم في تحسين بنائها وخفض كثافتها نسبياً.

ويشير انخفاض الكثافة الظاهرية في العينة S3 إلى ارتفاع حجم الفراغات المسامية مقارنة بالعينتين الأخريين، بينما تعبر القيم الأعلى في العينة S1 عن زيادة نسبية في تراص الحبيبات.

ولا يرتبط هذا التباين بالنسجة وحدها، بل يتأثر أيضاً بمحتوى المادة العضوية وشدة استعمال الآلات الزراعية ورطوبة التربة وطرائق إدارة الأرض.

٢- **الكثافة الظاهرية لتربة احواض الأنهار:** يتضح من الجدول (٦) والخريطة (٣) أن المعدل العام للكثافة الظاهرية في ترب أحواض الأنهار بلغ ١.٥٠ غم/سم$^3$، وهو أعلى من المعدل المسجل في ترب كتوف الأنهار البالغ ١.٤٥ غم/سم$^3$. ويعكس هذا الارتفاع زيادة نسبية في تماسك الحبيبات وانخفاض حجم المسامات، وهو ما ينسجم مع سيادة المكونات الدقيقة، ولا سيما الطين والغرين، في ترب الأحواض.

بلغ معدل الكثافة الظاهرية في العينة S1 نحو ١.٤٨ غم/سم$^3$، إذ ارتفعت من ١.٤٦ غم/سم$^3$ في العمق (٠-٣٠ سم) إلى ١.٥٠ غم/سم$^3$ في العمق (٣٠-٦٠ سم). وسجلت العينة S2 أعلى معدل بين العينات بلغ ١.٥٢ غم/سم$^3$، بعد ارتفاع القيمة من ١.٥٠ إلى ١.٥٤ غم/سم$^3$ بين العمقين. أما العينة S3 فقد بلغ معدلها ١.٥٠ غم/سم$^3$، وارتفعت قيمتها من ١.٤٨ في الطبقة السطحية إلى ١.٥٢ غم/سم$^3$ في الطبقة تحت السطحية.

ويظهر من ذلك اتجاه منتظم نحو ارتفاع الكثافة الظاهرية مع العمق في جميع العينات، ويرتبط هذا الاتجاه بانخفاض تأثير الحراثة والجذور والمادة العضوية في الطبقات السفلى، إلى جانب زيادة تراص الحبيبات بفعل ضغط الطبقات العليا. كما أن ارتفاع القيمة في العينة S2 يتفق مع نسجتها المزيجية الطينية وارتفاع نسبة الطين فيها، مما يزيد قابلية التربة للتماسك عند تعرضها للري والضغط الزراعي. ويشير المعدل العام إلى أن ترب أحواض الأنهار أكثر تراصاً وأقل مسامية نسبياً من ترب كتوف الأنهار، وهو ما قد يبطئ حركة الماء والهواء فيها، ولا سيما عند ضعف الصرف.

٣- **الكثافة الظاهرية لتربة الاهوار:** يتضح من الجدول (٦) والخريطة (٣) أن المعدل العام للكثافة الظاهرية في ترب الأهوار بلغ ١.٣٦ غم/سم$^3$، وهو أدنى من المعدلين المسجلين في ترب كتوف الأنهار ١.٤٥ غم/سم$^3$ وترب أحواض الأنهار ١.٥٠ غم/سم$^3$. ويشير انخفاض القيمة إلى قلة تراص الحبيبات وارتفاع حجم الفراغات المسامية نسبياً، رغم سيادة النسجة الناعمة في هذه الترب.

سجلت العينة S1 أدنى معدل للكثافة الظاهرية بلغ ١.٣٢ غم/سم$^3$، إذ ارتفعت من ١.٣٠ غم/سم$^3$ في العمق (٠-٣٠ سم) إلى ١.٣٤ غم/سم$^3$ في العمق (٣٠-٦٠ سم). وبلغ المعدل في العينة S2 نحو ١.٣٦ غم/سم$^3$، مع ارتفاع القيمة من ١.٣٤ إلى ١.٣٨ غم/سم$^3$ بين العمقين.

أما العينة S3 فسجلت أعلى معدل بلغ ١.٤٠ غم/سم$^3$، بعد ارتفاعها من ١.٣٨ في الطبقة السطحية إلى ١.٤٢ غم/سم$^3$ في الطبقة تحت السطحية.

وتظهر العينات اتجاهاً ثابتاً نحو زيادة الكثافة الظاهرية مع العمق، ويرتبط ذلك بانخفاض تأثير الجذور وبقايا النباتات في الطبقات السفلى، إلى جانب زيادة ضغط الطبقات العليا وتراص الحبيبات.

أما انخفاض الكثافة الظاهرية العامة لترب الأهوار فقد يرتبط بارتفاع مساميتها وتراكم البقايا العضوية في الطبقة السطحية وتأثر بنائها بظروف الغمر والرطوبة. ويعني ذلك أن ترب الأهوار أقل تراصاً من بقية أنواع الترب في منطقة الدراسة، إلا أن ارتفاع المسامية لا يدل بالضرورة على جودة الصرف، لأن المسامات الدقيقة السائدة في الترب الطينية قد تحتفظ بالماء وتبطئ حركته.

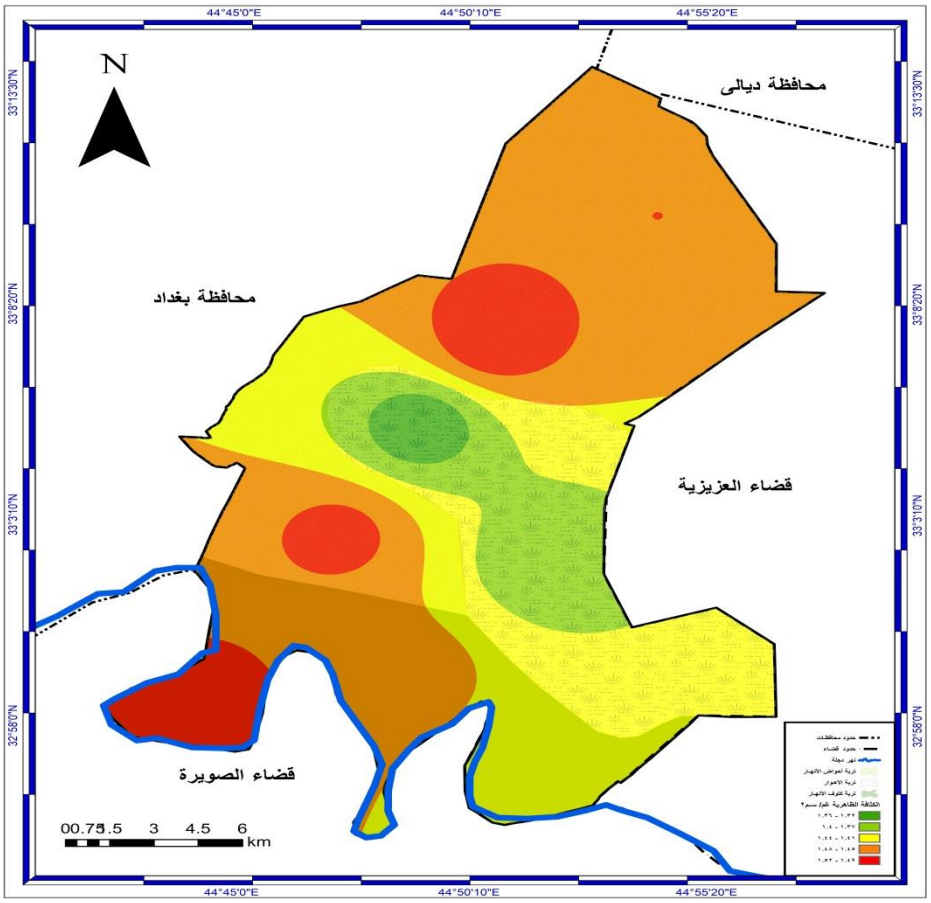
**جدول (٦) الخصائص الفيزيائية (الكثافة الظاهرية والحقيقية والمسامية) لعينات ترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط.**

| نوع التربة | رقم العينة | العمق/ سم | الكثافة الظاهرية غم/سم$^3$ | الكثافة الحقيقية غم/سم$^3$ | المسامية % |
|---|---|---|---|---|---|
| ترب كتوف الأنهار | S1 | 0–30 | 1.48 | 2.64 | 43.94 |
| | | 30–60 | 1.52 | 2.66 | 42.86 |
| | | المعدل | 1.5 | 2.65 | 43.4 |
| | S2 | 0–30 | 1.44 | 2.6 | 44.62 |
| | | 30–60 | 1.48 | 2.64 | 43.94 |
| | | المعدل | 1.46 | 2.62 | 44.27 |
| | S3 | 0–30 | 1.38 | 2.58 | 46.51 |
| | | 30–60 | 1.42 | 2.6 | 45.38 |
| | | المعدل | 1.4 | 2.59 | 45.95 |
| المعدل العام | — | — | 1.45 | 2.62 | 44.53 |
| ترب أحواض الأنهار | S1 | 0–30 | 1.46 | 2.62 | 44.27 |
| | | 30–60 | 1.5 | 2.64 | 43.18 |
| | | المعدل | 1.48 | 2.63 | 43.73 |
| | S2 | 0–30 | 1.5 | 2.64 | 43.18 |
| | | 30–60 | 1.54 | 2.68 | 42.54 |
| | | المعدل | 1.52 | 2.66 | 42.86 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | S3 | 0–30 | 1.48 | 2.62 | 43.51 |
| | | 30–60 | 1.52 | 2.66 | 42.86 |
| | | المعدل | 1.5 | 2.64 | 43.18 |
| المعدل العام | — | — | 1.5 | 2.64 | 43.25 |
| ترب الأهوار | S1 | 0–30 | 1.3 | 2.48 | 47.58 |
| | | 30–60 | 1.34 | 2.5 | 46.4 |
| | | المعدل | 1.32 | 2.49 | 46.99 |
| | S2 | 0–30 | 1.34 | 2.5 | 46.4 |
| | | 30–60 | 1.38 | 2.54 | 45.67 |
| | | المعدل | 1.36 | 2.52 | 46.03 |
| | S3 | 0–30 | 1.38 | 2.52 | 45.24 |
| | | 30–60 | 1.42 | 2.56 | 44.53 |
| | | المعدل | 1.4 | 2.54 | 44.88 |
| المعدل | — | — | 1.36 | 2.52 | 45.96 |

المصدر: الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليلات المختبرية، مديرية زراعة واسط، قسم المختبرات، في ٢٠٢٦/٧/٢.

**خريطة(٣) التوزيع المكاني لمعدلات الكثافة الظاهرية لمنطقة الدراسة.**




المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات جدول (٦ ) وباستخدام برمجية ARC GIS 10.8

**ثالثاً: الكثافة الحقيقية (Particle Density)**: تُعرَّف الكثافة الحقيقية بأنها كتلة الحبيبات الصلبة للتربة بالنسبة إلى حجمها الفعلي، من دون احتساب الفراغات المسامية الواقعة بينها، وتُقاس عادةً بوحدة غم/سم$^3$ أو ميغاغرام/م$^3$. وتتحدد قيمتها أساساً بنوع المعادن والمكونات العضوية الداخلة في تركيب التربة؛ إذ ترتفع في الترب الغنية بأكاسيد الحديد والمعادن الثقيلة، بينما تنخفض مع زيادة محتواها من المادة العضوية لانخفاض كثافتها مقارنة بالمكونات المعدنية(٤).

وتوجد علاقة عكسية بين الكثافة الحقيقية ونسبة المادة العضوية، كما تُستخدم قيمها مع الكثافة الظاهرية في حساب المسامية الكلية للتربة، ومن ثم تقييم توزيع الفراغات وقدرتها على استيعاب الماء والهواء(٥).

يتضح من الجدول (٦٥) والخريطة(٤) أن قيم الكثافة الحقيقية تباينت مكانياً بين أنواع الترب الثلاثة، إذ سجلت ترب أحواض الأنهار أعلى معدل عام بلغ ٢.٦٤ غم/سم$^3$، تلتها ترب كتوف الأنهار بمعدل ٢.٦٢ غم/سم$^3$، في حين انخفض المعدل في ترب الأهوار إلى ٢.٥٢ غم/سم$^3$.

ويرتبط هذا التباين باختلاف التركيب المعدني ونسبة المادة العضوية وطبيعة الرواسب التي تكوّنت منها كل وحدة ترابية.

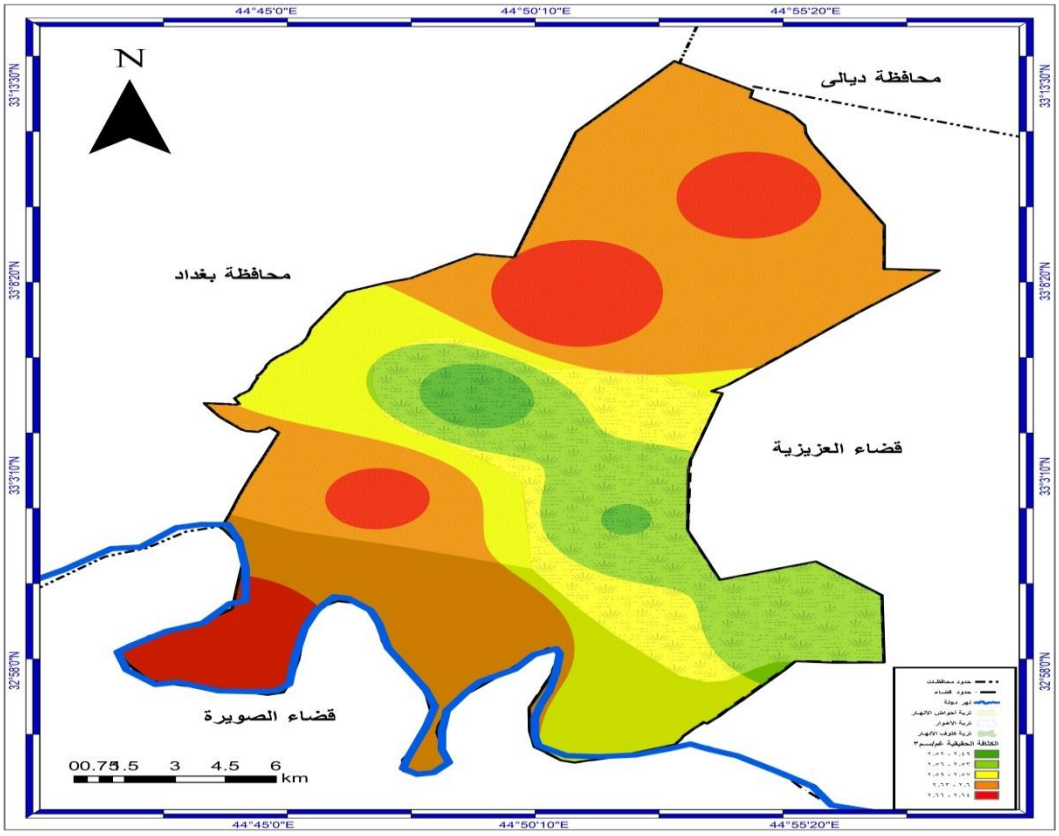
١- **تربة كتوف الأنهار**: بلغ المعدل العام للكثافة الحقيقية في ترب كتوف الأنهار ٢.٦٢ غم/سم$^3$. وسجلت العينة S1 أعلى معدل بلغ ٢.٦٥ غم/سم$^3$، تلتها العينة S2 بمعدل ٢.٦٢ غم/سم$^3$، ثم العينة S3 بمعدل ٢.٥٩ غم/سم$^3$. كما ارتفعت القيم في جميع العينات مع زيادة العمق؛ إذ تراوحت في الطبقة السطحية بين ٢.٥٨ و٢.٦٤ غم/سم$^3$، مقابل ٢.٦٠–٢.٦٦ غم/سم$^3$ في الطبقة تحت السطحية. وقد يرتبط انخفاضها النسبي في السطح بزيادة تأثير المادة العضوية وبقايا النباتات مقارنة بالطبقات الأعمق.

٢- **ترب أحواض الأنهار**: سجلت ترب أحواض الأنهار أعلى معدل للكثافة الحقيقية في منطقة الدراسة، إذ بلغ ٢.٦٤ غم/سم$^3$. وظهرت أعلى قيمة في العينة S2 بمعدل ٢.٦٦ غم/سم$^3$، بينما بلغ المعدل ٢.٦٤ غم/سم$^3$ في العينة S3 و٢.٦٣ غم/سم$^3$ في العينة S1. ويشير ارتفاع القيم إلى سيادة المكونات المعدنية في هذه الترب، فضلاً عن ترسيب المواد الدقيقة في الأحواض الواقعة خلف كتوف الأنهار. وظهر اتجاه رأسي نحو زيادة الكثافة الحقيقية في العمق الثاني، إذ بلغت أعلى قيمة ٢.٦٨ غم/سم$^3$ في العينة S2.

٣- **ترب الأهوار**: بلغ المعدل العام للكثافة الحقيقية في ترب الأهوار ٢.٥٢ غم/سم$^3$، وهو أدنى معدل بين أنواع الترب المدروسة. وتدرجت معدلات العينات من ٢.٤٩ غم/سم$^3$ في S1 إلى ٢.٥٢ غم/سم$^3$ في S2 و٢.٥٤ غم/سم$^3$ في S3. كما ارتفعت القيم مع العمق في جميع العينات، إذ تراوحت في الطبقة السطحية بين ٢.٤٨ و٢.٥٢ غم/سم$^3$، وفي الطبقة تحت السطحية بين ٢.٥٠ و٢.٥٦ غم/سم$^3$. ويمكن تفسير انخفاضها النسبي بتأثر ترب الأهوار بتراكم البقايا العضوية والرواسب الرطبة، إذ تؤدي زيادة المادة العضوية عادةً إلى خفض كثافة المكونات الصلبة للتربة.

وتوضح المقارنة المكانية أن الكثافة الحقيقية ترتفع في ترب أحواض الأنهار المنتشرة في الأجزاء الشمالية والوسطى من الناحية، وتنخفض في ترب الأهوار الواقعة في المناطق الأكثر انخفاضاً، بينما تحتل ترب كتوف الأنهار الممتدة جنوباً بمحاذاة المجرى النهري مستوى متوسطاً بينهما. ويؤكد ذلك أن الكثافة الحقيقية ترتبط أساساً بطبيعة المكونات المعدنية والعضوية، أكثر من ارتباطها بدرجة تراص التربة أو حجم مساماتها.

خريطة (٤ ) التوزيع المكاني لمعدلات الكثافة الحقيقية لعينات ترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط.




المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات جدول ( ٦) وباستخدام برمجية ARC GIS 10.8.

**رابعاً: مسامية التربة (Soil Porosity)(*):**

تُعرَّف مسامية التربة بأنها النسبة المئوية لحجم الفراغات الموجودة بين الحبيبات إلى الحجم الكلي للتربة. وتتباين قيمها تبعاً لنسجة التربة وبنائها وأحجام حبيباتها ودرجة تراصها؛ إذ ترتفع عادةً في الترب المفككة والغنية بالمادة العضوية، وتنخفض في الترب المتماسكة والمضغوطة(٦). وتشمل المسامات الفراغات التي تشغلها المياه والهواء داخل جسم التربة، لذلك تؤثر في حركة الماء ونفاذيته، وتهوية منطقة الجذور، ونشاط الكائنات الحية الدقيقة، فضلاً عن دورها في تسهيل انتشار الجذور والتبادل الحراري داخل التربة.

ولا ترتبط زيادة المسامية دائماً بجودة الصرف، لأن الترب الطينية قد تمتلك مسامية مرتفعة يغلب عليها المسام الدقيقة التي تحتفظ بالماء وتبطئ حركته(٧).

ويتضح من الجدول (٦) والخريطة (٥) أن مسامية التربة في ناحية تاج الدين تراوحت بين ٤٢.٥٤% و٤٧.٥٨%، وبلغ المتوسط الحسابي العام لأنواع الترب الثلاثة نحو ٤٤.٥٨%. وقد سجلت ترب الأهوار أعلى معدل للمسامية بلغ ٤٥.٩٦%، تلتها ترب كتوف الأنهار بمعدل ٤٤.٥٣%، بينما انخفض المعدل في ترب أحواض الأنهار إلى ٤٣.٢٥%. ويرتبط هذا التباين

باختلاف الكثافة الظاهرية وبناء التربة ونسجتها ومحتواها من المادة العضوية ودرجة تراص الحبيبات.

**١- مسامية ترب كتوف الأنهار:**

بلغ المعدل العام للمسامية في ترب كتوف الأنهار ٤٤.٥٣%. وسجلت العينة S3 أعلى معدل بلغ ٤٥.٩٥%، تلتها العينة S2 بنسبة ٤٤.٢٧%، ثم العينة S1 بنسبة ٤٣.٤٠%. وتتفق هذه النتائج مع التباين في الكثافة الظاهرية؛ إذ ارتفعت المسامية في العينة S3 التي سجلت أدنى كثافة ظاهرية، بينما انخفضت في العينة S1 ذات الكثافة الأعلى. كما انخفضت المسامية مع زيادة العمق في جميع العينات، فتراجعت في S1 من ٤٣.٩٤% إلى ٤٢.٨٦%، وفي S2 من ٤٤.٦٢% إلى ٤٣.٩٤%، وفي S3 من ٤٦.٥١% إلى ٤٥.٣٨%. ويُعزى ذلك إلى زيادة تراص الحبيبات في الطبقة تحت السطحية، مقابل تأثر الطبقة السطحية بالحراثة والجذور والمادة العضوية.

**٢- مسامية ترب أحواض الأنهار:**

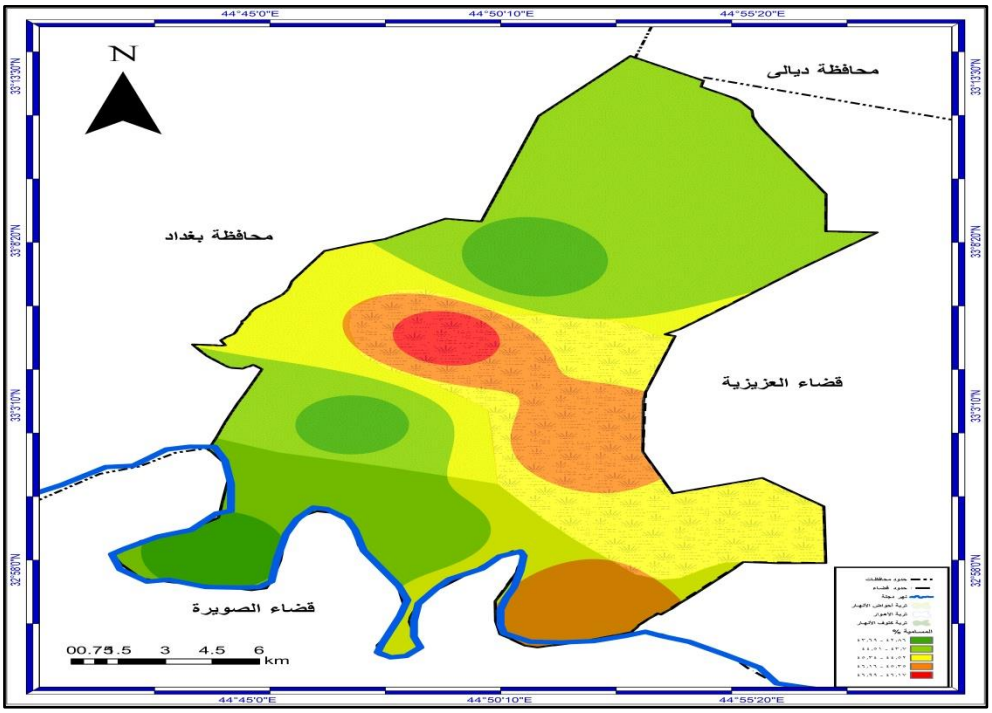
سجلت ترب أحواض الأنهار أدنى معدل عام للمسامية بلغ ٤٣.٢٥%، وهو ما ينسجم مع ارتفاع كثافتها الظاهرية إلى ١.٥٠ غم/سم$^3$. وبلغ معدل المسامية في العينة S1 نحو ٤٣.٧٣%، مقابل ٤٣.١٨% في S3، بينما انخفض إلى ٤٢.٨٦% في S2. وظهرت أدنى قيمة في منطقة الدراسة عند العمق ٣٠-٦٠ سم للعينة S2، إذ بلغت ٤٢.٥٤%. ويرتبط انخفاض المسامية في ترب الأحواض بارتفاع محتواها من الطين والغرين وزيادة قابلية الحبيبات للتراص، ولا سيما عند تعرضها للري المتكرر أو ضغط الآلات الزراعية. كما أن انخفاض المسامية مع العمق في العينات الثلاث يدل على تماسك الطبقات تحت السطحية مقارنة بالطبقات العليا.

**٣- مسامية ترب الأهوار:**

بلغ المعدل العام للمسامية في ترب الأهوار ٤٥.٩٦%، وهو أعلى معدل بين أنواع الترب المدروسة. وسجلت العينة S1 أعلى معدل بلغ ٤٦.٩٩%، تلتها S2 بنسبة ٤٦.٠٣%، ثم S3 بنسبة ٤٤.٨٨%. كما ظهرت أعلى قيمة مفردة في الطبقة السطحية للعينة S1، إذ بلغت ٤٧.٥٨%. وقد يرتبط ارتفاع المسامية بانخفاض الكثافة الظاهرية وتراكم البقايا العضوية وتأثر بناء التربة بظروف الرطوبة والغمر. ومع ذلك، فإن ارتفاع المسامية الكلية في ترب الأهوار لا يعني بالضرورة جودة الصرف؛ لأن نسجتها الطينية الغرينية توحي بسيادة المسامات الدقيقة التي تحتفظ بالماء وتبطئ حركته، بدلاً من المسامات الكبيرة المسؤولة عن التهوية والتصريف السريع.

وتظهر النتائج علاقة عكسية منتظمة بين الكثافة الظاهرية والمسامية؛ فكلما ارتفعت الكثافة الظاهرية انخفض حجم الفراغات، والعكس صحيح. كما انخفضت المسامية في العمق ٣٠–٦٠ سم مقارنة بالعمق ٠–٣٠ سم في جميع العينات، مما يشير إلى زيادة تراص الطبقات تحت السطحية.

**خريطة ( ٥) التوزيع المكاني لمعدلات المسامية لعينات ترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط.**




المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات جدول ( ٦) وباستخدام برمجية ARC GIS 10.8.

**المحور الثالث**

**الخصائص الكيميائية للترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط :**

**أولاً: المادة العضوية (Organic Matter):**

تتكون المادة العضوية في التربة من بقايا النباتات والحيوانات والكائنات الحية الدقيقة، وما ينتج عن تحللها بدرجات مختلفة بفعل النشاط الأحيائي. وتشمل هذه المادة مركبات حديثة التحلل وأخرى أكثر استقراراً تدخل في تكوين الدبال، لذلك يتباين محتواها تبعاً لكثافة الغطاء النباتي ورطوبة التربة ودرجة الحرارة والتهوية وأساليب إدارة الأرض الزراعية[٨].

وتوفر التربة وسطاً حيوياً يضم أعداداً كبيرة من البكتيريا والفطريات والأحياء الحيوانية الدقيقة، التي تسهم في تفكيك البقايا العضوية وتحويل عناصرها إلى صور يمكن أن يستفيد منها النبات. وتؤدي هذه العمليات دوراً في تحسين بناء التربة وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية، فضلاً عن تنشيط العمليات الحيوية المرتبطة بخصوبتها[٩].

يتضح من جدول (٧)، أن نسبة المادة العضوية تباينت بين أنواع الترب ومواقع العينات وأعماقها، إذ تراوحت القيم بين ١.٦٠% في الطبقة تحت السطحية للعينة S2 من ترب أحواض الأنهار، و٣.١٠% في الطبقة السطحية للعينة S3 من ترب الأهوار. وسجلت ترب الأهوار أعلى معدل عام بلغ ٢.٧٦%، تلتها ترب كتوف الأنهار بمعدل ٢.١٣%، بينما انخفض المعدل في ترب أحواض الأنهار إلى ١.٨٧%.

١- **المادة العضوية في ترب كتوف الأنهار**: بلغ المعدل العام للمادة العضوية في ترب كتوف الأنهار ٢.١٣%. وسجلت العينة S3 أعلى معدل بلغ ٢.٤٤%، تلتها العينة S1 بمعدل ٢.٢٣%، في حين انخفض المعدل في العينة S2 إلى ١.٧٣%. ويظهر في العينات الثلاث انخفاض المادة العضوية مع العمق؛ إذ تراجعت في S1 من ٢.٤٠% إلى ٢.٠٥%، وفي S2 من ١.٧٦% إلى ١.٦٩%، وفي S3 من ٢.٧٠% إلى ٢.١٨%. ويرتبط ارتفاعها في الطبقات السطحية بتراكم بقايا النباتات والجذور وإضافة المخلفات والأسمدة العضوية، في حين يقل تأثير هذه المصادر في الطبقات الأعمق. أما انخفاضها في S2 فقد يعود إلى قلة الغطاء النباتي أو زيادة تفكك المادة العضوية نتيجة التهوية والحراثة المتكررة.

٢- **المادة العضوية في ترب أحواض الأنهار**: سجلت ترب أحواض الأنهار أدنى معدل عام للمادة العضوية بلغ ١.٨٧%. وبلغ أعلى معدل في العينة S3 نحو ٢.١٤%، ثم S1 بمعدل ١.٨٣%، بينما سجلت S2 أدنى معدل بلغ ١.٦٣%. وانخفضت القيم مع العمق في جميع المواقع، إذ تراجعت في S1 من ١.٨٦% إلى ١.٧٩%، وفي S2 من ١.٦٦% إلى ١.٦٠%، وفي S3 من ٢.٣٠% إلى ١.٩٨%. وقد يرتبط انخفاض المادة العضوية في ترب الأحواض باستمرار الاستعمال الزراعي وإزالة بقايا المحاصيل وتسارع تحللها عند تعرض التربة للجفاف والحراثة، فضلاً عن محدودية الإضافات العضوية في بعض المواقع. ويؤدي انخفاضها النسبي إلى تقليل قدرتها على تحسين بناء التربة والاحتفاظ بالعناصر الغذائية.

٣- المادة العضوية في ترب الأهوار: بلغ المعدل العام للمادة العضوية في ترب الأهوار ٢.٧٦%، وهو الأعلى بين أنواع الترب المدروسة. وسجلت العينة S3 أعلى معدل بلغ ٢.٩٢%، تلتها S1 بمعدل ٢.٧٩%، ثم S2 بمعدل ٢.٥٦%. وظهرت أعلى قيمة مفردة في الطبقة السطحية للعينة S3 وبلغت ٣.١٠%، في حين انخفضت إلى ٢.٧٤% في العمق الثاني. ويرتبط ارتفاع المادة العضوية في ترب الأهوار بتراكم البقايا النباتية في المواضع المنخفضة وارتفاع رطوبة التربة وضعف تهويتها، وهي ظروف تؤدي إلى بطء تحلل المواد

العضوية مقارنة بالترب الأفضل صرفاً. ومع ذلك، انخفضت القيم في الطبقات تحت السطحية نتيجة تركز معظم المخلفات النباتية والنشاط الجذري بالقرب من السطح.

وتكشف النتائج عن تدرج مكاني يبدأ بأعلى محتوى للمادة العضوية في ترب الأهوار، يليه ترب كتوف الأنهار، ثم ترب أحواض الأنهار. كما ظهر اتجاه رأسي ثابت تمثل بانخفاض المادة العضوية مع زيادة العمق، مما يبين ارتباط توزيعها بمصادر البقايا النباتية وظروف الرطوبة والتهوية والاستعمال الزراعي.

**جدول (٧) الخصائص الكيميائية لعينات ترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط**

| نوع التربة | رقم العينة | العمق/سم | EC | pH | المادة العضوية % | السعة التبادلية الكاتيونية | $CaCO_3$ غم/كغم | ESP % | النيتروجين ملغم/كغم | الفسفور ملغم/كغم | البوتاسيوم ملغم/كغم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ترب كتوف الأنهار | S1 | 0–30 | 1.12 | 7.3 | 2.4 | 22.15 | 21.8 | 7.7 | 44 | 25.2 | 175.4 |
| | | 30–60 | 1.26 | 7.24 | 2.05 | 21 | 23.1 | 7.25 | 41.6 | 24.4 | 171.8 |
| | | المعدل | 1.19 | 7.27 | 2.23 | 21.58 | 22.45 | 7.48 | 42.8 | 24.8 | 173.6 |
| | S2 | 0–30 | 2.2 | 6.96 | 1.76 | 24.6 | 21.5 | 7.48 | 38.8 | 19.6 | 162.8 |
| | | 30–60 | 2.18 | 7.16 | 1.69 | 24.25 | 21.1 | 7.18 | 36.9 | 19.3 | 160.2 |
| | | المعدل | 2.19 | 7.06 | 1.73 | 24.43 | 21.3 | 7.33 | 37.85 | 19.45 | 161.5 |
| | S3 | 0–30 | 1.32 | 7.34 | 2.7 | 23.2 | 19.5 | 8.7 | 31.4 | 18.1 | 164.6 |
| | | 30–60 | 1.88 | 7.49 | 2.18 | 21.4 | 21.6 | 8.02 | 30.9 | 18.5 | 160.9 |
| | | المعدل | 1.6 | 7.42 | 2.44 | 22.3 | 20.55 | 8.36 | 31.15 | 18.3 | 162.75 |
| المعدل العام لترب كتوف الأنهار | — | — | 1.66 | 7.25 | 2.13 | 22.77 | 21.43 | 7.72 | 37.27 | 20.85 | 165.95 |
| ترب أحواض الأنهار | S1 | 0–30 | 2.62 | 6.87 | 1.86 | 20.25 | 18.6 | 9.74 | 36.1 | 22.7 | 167.8 |
| | | 30–60 | 3.28 | 6.18 | 1.79 | 20.48 | 20.5 | 9.05 | 35.8 | 20.4 | 161.5 |
| | | المعدل | 2.95 | 6.53 | 1.83 | 20.37 | 19.55 | 9.4 | 35.95 | 21.55 | 164.65 |
| | S2 | 0–30 | 2.36 | 6.89 | 1.66 | 18.8 | 19.7 | 11.05 | 29.4 | 17.9 | 122.6 |
| | | 30–60 | 2.7 | 6.22 | 1.6 | 17.95 | 21.1 | 10.82 | 27.3 | 17.3 | 112.8 |
| | | المعدل | 2.53 | 6.56 | 1.63 | 18.38 | 20.4 | 10.94 | 28.35 | 17.6 | 117.7 |
| | S3 | 0–30 | 2.08 | 6.76 | 2.3 | 22.12 | 21.9 | 8.24 | 30.6 | 18.9 | 163.5 |
| | | 30–60 | 2.22 | 6.3 | 1.98 | 20.2 | 23.7 | 8.51 | 29.9 | 19.1 | 160.8 |
| | | المعدل | 2.15 | 6.53 | 2.14 | 21.16 | 22.8 | 8.38 | 30.25 | 19 | 162.15 |
| المعدل العام لترب أحواض الأنهار | — | — | 2.54 | 6.54 | 1.87 | 19.97 | 20.92 | 9.57 | 31.52 | 19.38 | 148.17 |
| ترب الأهوار | S1 | 0–30 | 3.18 | 6.62 | 2.95 | 25.1 | 17.8 | 11.62 | 45.2 | 21.4 | 170.5 |
| | | 30–60 | 3.54 | 6.34 | 2.62 | 24.4 | 18.9 | 12.1 | 42.6 | 20.8 | 166.2 |
| | | المعدل | 3.36 | 6.48 | 2.79 | 24.75 | 18.35 | 11.86 | 43.9 | 21.1 | 168.35 |
| | S2 | 0–30 | 2.88 | 6.58 | 2.72 | 23.65 | 18.6 | 10.95 | 39.8 | 18.6 | 154.8 |
| | | 30–60 | 3.12 | 6.28 | 2.4 | 22.85 | 19.7 | 11.36 | 37.2 | 17.9 | 149.4 |
| | | المعدل | 3 | 6.43 | 2.56 | 23.25 | 19.15 | 11.16 | 38.5 | 18.25 | 152.1 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S3 | 0–30 | 2.46 | 6.7 | 3.1 | 24.85 | 20.2 | 9.88 | 41.5 | 19.7 | 162.3 |
| | | 30–60 | 2.74 | 6.42 | 2.74 | 23.9 | 21.1 | 10.24 | 39.1 | 19.2 | 158.6 |
| | | المعدل | 2.6 | 6.56 | 2.92 | 24.38 | 20.65 | 10.06 | 40.3 | 19.45 | 160.45 |
| المعدل العام لترب الأهوار | — | — | 2.99 | 6.49 | 2.76 | 24.13 | 19.38 | 11.03 | 40.9 | 19.6 | 160.3 |

المصدر: الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليلات المختبرية، مديرية زراعة واسط، قسم المختبرات، في ٢٠٢٦/٧/٢.

**ثانياً: درجة تفاعل التربة (Soil Reaction, pH)**: تُعد درجة تفاعل التربة من الخصائص الكيميائية التي تُحدد مدى حموضتها أو قاعديتها، ويُعبّر عنها بالرقم الهيدروجيني (pH)، الذي يمثل اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين الفعالة في محلول التربة[١٠]. وتتراوح قيمه عادةً بين ٠ و١٤؛ فتكون التربة حامضية عندما تقل القيمة عن ٧، ومتعادلة عند ٧، وقاعدية عندما تزيد عليها. وتؤثر درجة التفاعل في ذوبان العناصر الغذائية وصلاحيتها للامتصاص، وفي نشاط الأحياء الدقيقة وسرعة تحلل المادة العضوية والتفاعلات الكيميائية داخل التربة، لذلك يرتبط تباينها بنوعية المادة الأصلية ومياه الري والصرف ومحتوى التربة من الأملاح والكربونات[١١]. وبناءً على قيم pH الواردة في جدول (٧)، يمكن تحديد طبيعة تفاعل ترب ناحية تاج الدين وبيان اختلافها بين الوحدات الترابية والعينات والأعماق المدروسة.

يتضح من جدول (٧) والخريطة(٦ )، وبالاعتماد على حدود التصنيف الواردة في جدول (٨)، أن تفاعل ترب ناحية تاج الدين يتدرج بين قليلة الحموضة والمحايدة ومعتدلة القلوية. فقد اتصفت ترب كتوف الأنهار بالتفاعل المحايد في معظم العينات، مع ظهور ميل إلى القلوية المعتدلة في بعض المواقع، بينما تراوحت ترب أحواض الأنهار والأهوار بين قليلة الحموضة والمحايدة، ولا سيما عند المقارنة بين الطبقات السطحية وتحت السطحية.

**جدول (٨) تصنيف حدود درجة تفاعل التربة (pH) وصفات التربة**

| حدود درجة التفاعل (pH) | صفة التربة |
|---|---|
| أقل من ٤.٥٠ | شديدة الحموضة |
| 4.50–5.00 | عالية الحموضة جداً |
| 5.10–5.50 | عالية الحموضة |
| 5.60–6.00 | متوسطة الحموضة |
| 6.10–6.50 | قليلة الحموضة |
| 6.60–7.30 | محايدة |

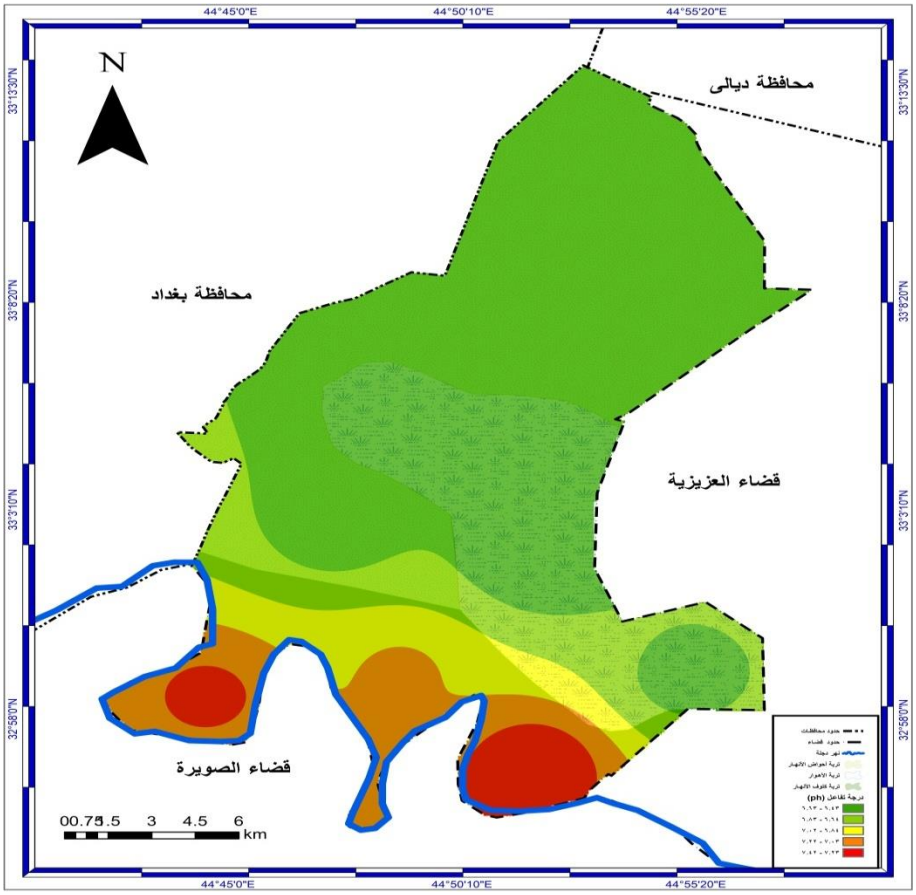
| | |
|---|---|
| 7.40–7.80 | معتدلة القلوية |
| 7.90–8.40 | متوسطة القلوية |
| 8.50–9.00 | شديدة القلوية |
| أكثر من ٩.١٠ | شديدة القلوية جداً |

المصدر: حسن أبو سمور، الجغرافية الحيوية والتربة، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمّان، الأردن، ط١، ٢٠٠٩، ص٢٧.

١- درجة التفاعل في ترب كتوف الأنهار: بلغ المعدل العام لدرجة تفاعل ترب كتوف الأنهار ٧.٢٥، وبالاعتماد على حدود التصنيف الواردة في جدول (٨) تُعد هذه الترب محايدة التفاعل. وسجلت العينة S3 أعلى معدل بلغ ٧.٤٢، مما يضعها ضمن فئة معتدلة القلوية، تلتها العينة S1 بمعدل ٧.٢٧، ثم العينة S2 بمعدل ٧.٠٦، وتقع كلتاهما ضمن فئة الترب المحايدة وعلى مستوى الأعماق، بقيت قيم العينة S1 ضمن التفاعل المحايد، إذ انخفضت من ٧.٣٠ في العمق السطحي إلى ٧.٢٤ في العمق الثاني. كما ظلت العينة S2 محايدة رغم ارتفاع القيمة من ٦.٩٦ إلى ٧.١٦. أما العينة S3 فقد انتقلت من قيمة ٧.٣٤، الواقعة قرب الحد الفاصل بين المحايدة ومعتدلة القلوية، إلى ٧.٤٩ في العمق ٣٠–٦٠ سم، وهي أعلى قيمة مسجلة وتقع ضمن فئة الترب معتدلة القلوية ويرتبط الميل نحو القلوية في بعض مواقع ترب كتوف الأنهار بطبيعتها الرسوبية واحتوائها على المركبات الكلسية، فضلاً عن تحسن الصرف النسبي الذي يحد من تراكم نواتج التحلل العضوي الحامضية. وبوجه عام، تسود حالة التعادل في هذه الترب، مع ظهور قلوية معتدلة في العينة S3، ولا سيما في الطبقة تحت السطحية.

٢- درجة التفاعل في ترب أحواض الأنهار: بلغ المعدل العام لدرجة تفاعل ترب أحواض الأنهار ٦.٥٤، وهي قيمة تقع عند الحد الانتقالي بين فئتي قليلة الحموضة والمحايدة وفق التصنيف الوارد في جدول (٩). وسجلت العينة S2 أعلى معدل بلغ ٦.٥٦، في حين بلغ المعدل ٦.٥٣ في العينتين S1 و S3، مما يدل على تقارب خصائص التفاعل بين مواقع هذه الوحدة الترابية وعلى مستوى الأعماق، اتصفت الطبقات السطحية بالتفاعل المحايد؛ إذ بلغت قيم الرقم الهيدروجيني ٦.٨٧ في S1 و ٦.٨٩ في S2 و ٦.٧٦ في S3. في المقابل، انخفضت القيم في العمق ٣٠–٦٠ سم إلى ٦.١٨ و ٦.٢٢ و ٦.٣٠ على التوالي، وبذلك تندرج ضمن فئة الترب قليلة الحموضة. وسجلت الطبقة تحت السطحية للعينة S1 أدنى قيمة بلغت ٦.١٨.

خريطة (٦ ) التوزيع المكاني لمعدلات درجة تفاعل التربة (ph) لعينات ترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط.




المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات جدول ( ٧) وباستخدام برمجية ARC GIS 10.8.

أن انخفاض الرقم الهيدروجيني مع العمق نتيجة لزيادة رطوبة الطبقات تحت السطحية وضعف تهويتها، إلى جانب تكوّن الأحماض العضوية الناتجة عن تحلل البقايا النباتية، واحتمال انخفاض تركيز القواعد القابلة للذوبان. وبذلك تتدرج ترب أحواض الأنهار من التفاعل المحايد في الطبقات السطحية إلى قليل الحموضة في الطبقات الأعمق.

٣- درجة التفاعل في ترب الأهوار: بلغ المعدل العام لدرجة تفاعل ترب الأهوار ٦.٤٩، وهو أدنى معدل بين أنواع الترب الثلاثة، ويقع ضمن فئة قليلة الحموضة بحسب الحدود الواردة في جدول (٩). وسجلت العينة S3 أعلى معدل بلغ ٦.٥٦، وهي قيمة انتقالية قريبة من التفاعل المحايد، تلتها العينة S1 بمعدل ٦.٤٨، ثم العينة S2 بمعدل ٦.٤٣، وتقع القيمتان الأخيرتان ضمن فئة الترب قليلة الحموضة.

وعلى مستوى الأعماق، اتصفت الطبقة السطحية في العينة S1 بالتفاعل المحايد بقيمة ٦.٦٢، بينما انخفضت إلى ٦.٣٤ في العمق ٣٠-٦٠ سم، فأصبحت قليلة الحموضة. وبلغت القيمة السطحية في العينة S2 نحو ٦.٥٨، وهي قريبة من الحد المحايد، ثم تراجعت إلى ٦.٢٨ في

الطبقة تحت السطحية. أما العينة S3 فسجلت تفاعلاً محايداً في الطبقة السطحية بقيمة ٦.٧٠، وانخفضت إلى ٦.٤٢ في العمق الثاني، لتندرج ضمن فئة قليلة الحموضة. ويظهر من ذلك أن ترب الأهوار تميل إلى التفاعل المحايد في الطبقات السطحية، ثم تتحول إلى قليلة الحموضة مع زيادة العمق. ويرتبط هذا الاتجاه بارتفاع رطوبة الطبقات السفلى وضعف التهوية والصرف، إلى جانب تحلل البقايا النباتية وتكوّن مركبات عضوية ذات تأثير حامضي.

تُظهر المقارنة أن ترب كتوف الأنهار يغلب عليها التفاعل المحايد، مع ظهور قلوية معتدلة في بعض المواقع، في حين تميل ترب أحواض الأنهار والأهوار إلى التفاعل قليل الحموضة، ولا سيما في الطبقات تحت السطحية. وتقع أغلب القيم ضمن نطاق ملائم نسبياً لتيسر العناصر الغذائية، إلا أن انخفاض الرقم الهيدروجيني في بعض الأعماق قد يؤثر في توازنها عند اقترانه بضعف الصرف وارتفاع رطوبة التربة.

**ثالثاً: الايصالية الكهربائية للتربة (Electrical Conductivity):** تُعد التوصيلية الكهربائية (EC) من المؤشرات الرئيسة المستخدمة في تقدير تركيز الأملاح الذائبة في محلول التربة، إذ ترتفع قيمتها بزيادة كمية الأيونات والأملاح القابلة للذوبان[١٢]. وتؤثر ملوحة التربة في قدرة النبات على امتصاص الماء والعناصر الغذائية، كما قد تؤدي المستويات المرتفعة منها إلى إعاقة الإنبات والنمو وانخفاض الإنتاجية الزراعية. وتزداد أهمية دراسة التوصيلية الكهربائية في البيئات الجافة وشبه الجافة، ومنها ناحية تاج الدين، بسبب ارتفاع معدلات التبخر وقلة الأمطار واعتماد النشاط الزراعي على الري[١٣]. وقد تسهم نوعية مياه الري، وضعف شبكات الصرف، واقتراب المياه الجوفية من السطح في تراكم الأملاح داخل المقطع الترابي، ولا سيما أملاح الكلوريدات والكبريتات والبيكربونات المرتبطة بالصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم.

**جدول (٩) تصنيف التربة بحسب درجة ملوحتها بالاعتماد على التوصيلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة.**

| التوصيلية الكهربائية ECe ديسيسمنز/م | الرمز | صفة التربة |
|---|---|---|
| 0–4 | S0 | غير ملحية |
| أكثر من ٤–٨ | S1 | واطئة الملوحة |
| أكثر من ٨–١٥ | S2 | متوسطة الملوحة |
| أكثر من ١٥ | S3 | عالية الملوحة |

المصدر: F.A.O. and UNESCO, Irrigation, Drainage and Salinity: An International Source Book, Hutchinson, London, 1973, p. 75.

ويتبين من جدول (٧) والخريطة (٧)، وبالاعتماد على معيار التصنيف الوارد في جدول (٩)، أن قيم التوصيلية الكهربائية (ECe) في ترب ناحية تاج الدين تراوحت بين ١.١٢ و ٣.٥٤ ديسيسمنز/م. وبذلك تقع جميع العينات ضمن الصنف S0، أي الترب غير الملحية، لكون قيمها لم تتجاوز الحد الأعلى لهذه الفئة والبالغ ٤ ديسيسمنز/م. ومع ذلك، أظهرت النتائج تبايناً مكانياً ورأسياً واضحاً؛ إذ ارتفعت القيم تدريجياً من ترب كتوف الأنهار إلى ترب أحواض الأنهار، ثم بلغت أعلاها في ترب الأهوار.

١- **التوصيلية الكهربائية في ترب كتوف الأنهار**: بلغ المعدل العام للتوصيلية الكهربائية في ترب كتوف الأنهار ١.٦٦ ديسيسمنز/م، وهو أدنى معدل بين أنواع الترب المدروسة، وبذلك تصنف ضمن الترب غير الملحية S0. وسجلت العينة S2 أعلى معدل بلغ ٢.١٩ ديسيسمنز/م، تلتها العينة S3 بمعدل ١.٦٠ ديسيسمنز/م، بينما سجلت العينة S1 أدنى معدل بلغ ١.١٩ ديسيسمنز/م. وعلى مستوى الأعماق، ارتفعت القيمة في العينة S1 من ١.١٢ في العمق السطحي إلى ١.٢٦ ديسيسمنز/م في العمق الثاني، كما ارتفعت في S3 من ١.٣٢ إلى ١.٨٨ ديسيسمنز/م. في المقابل، انخفضت بصورة طفيفة في S2 من ٢.٢٠ إلى ٢.١٨ ديسيسمنز/م. وتبقى جميع هذه القيم ضمن حدود الترب غير الملحية.

ويرتبط انخفاض الملوحة في ترب كتوف الأنهار بارتفاعها النسبي وتحسن صرفها، مما يساعد على حركة المياه وغسل جزء من الأملاح الذائبة إلى الطبقات الأعمق أو خارج المقطع الترابي، ويحد من تراكمها بالقرب من السطح.

٢- **التوصيلية الكهربائية في ترب أحواض الأنهار**: بلغ المعدل العام للتوصيلية الكهربائية في ترب أحواض الأنهار ٢.٥٤ ديسيسمنز/م، وهي بذلك تصنف أيضاً ضمن الترب غير الملحية S0. وسجلت العينة S1 أعلى معدل بلغ ٢.٩٥ ديسيسمنز/م، تلتها S2 بمعدل ٢.٥٣ ديسيسمنز/م، ثم S3 بمعدل ٢.١٥ ديسيسمنز/م. وأظهرت العينات الثلاث زيادة في التوصيلية الكهربائية مع العمق؛ إذ ارتفعت في S1 من ٢.٦٢ إلى ٣.٢٨ ديسيسمنز/م، وفي S2 من ٢.٣٦ إلى ٢.٧٠ ديسيسمنز/م، وفي S3 من ٢.٠٨ إلى ٢.٢٢ ديسيسمنز/م. ويشير هذا الاتجاه إلى زيادة تراكم الأملاح الذائبة في الطبقات تحت السطحية مقارنة بالطبقات السطحية، على الرغم من بقائها دون الحد الذي تبدأ عنده التربة واطئة الملوحة.

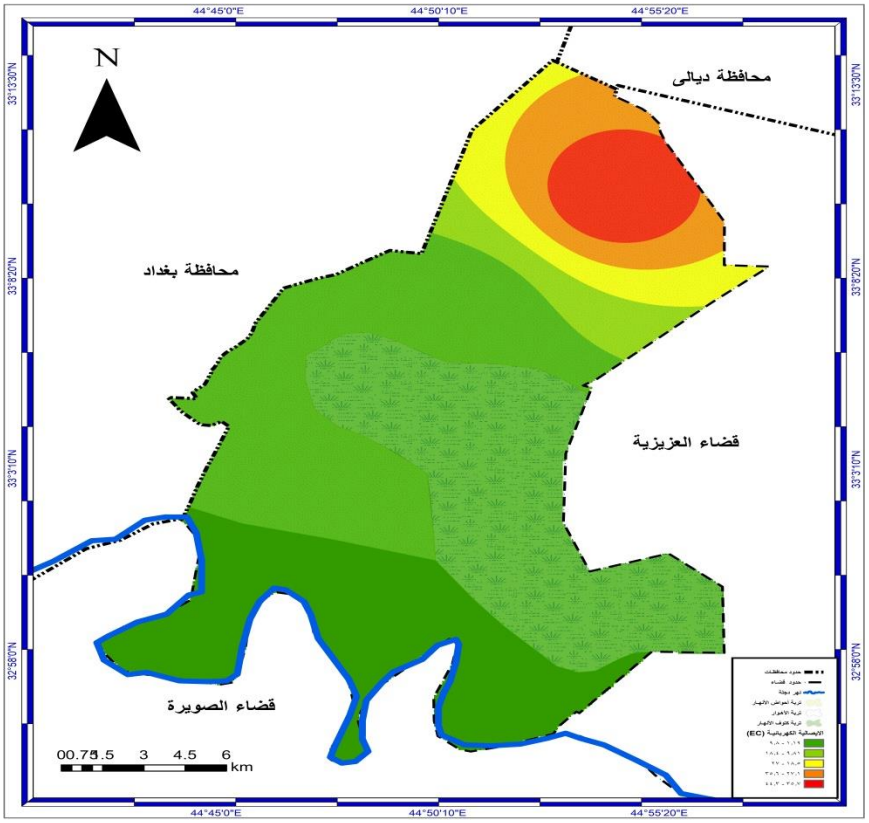
وقد يرجع ارتفاع القيم مقارنة بترب الكتوف إلى انخفاض سطح ترب الأحواض نسبياً وضعف حركة المياه فيها، إلى جانب انتقال الأملاح مع مياه الري إلى الطبقات الأعمق، ولا سيما عند محدودية كفاءة الصرف.

٣- التوصيلية الكهربائية في ترب الأهوار: سجلت ترب الأهوار أعلى معدل عام للتوصيلية الكهربائية بلغ ٢.٩٩ ديسيسمنز/م، لكنها بقيت وفق جدول (٩) ضمن فئة الترب غير الملحية S0. وبلغ أعلى معدل في العينة S1 نحو ٣.٣٦ ديسيسمنز/م، تلتها العينة S2 بمعدل ٣.٠٠ ديسيسمنز/م، ثم العينة S3 بمعدل ٢.٦٠ ديسيسمنز/م. وارتفعت القيم مع العمق في جميع العينات؛ إذ ازدادت في S1 من ٣.١٨ إلى ٣.٥٤ ديسيسمنز/م، وهي أعلى قيمة مسجلة في منطقة الدراسة، كما ارتفعت في S2 من ٢.٨٨ إلى ٣.١٢ ديسيسمنز/م، وفي S3 من ٢.٤٦ إلى ٢.٧٤ ديسيسمنز/م.

وسبب ارتفاع التوصيلية الكهربائية في ترب الأهوار لنخفاض سطحها وضعف الصرف وارتفاع رطوبة التربة، وهي عوامل تحد من غسل الأملاح وتساعد على تراكمها داخل المقطع الترابي. كما قد يسهم التبخر في تركيز الأملاح، ولا سيما خلال الفترات الجافة، إلا أن القيم المسجلة لم تصل إلى مستوى الترب واطئة الملوحة.

وتكشف المقارنة عن تدرج مكاني في التوصيلية الكهربائية؛ إذ سجلت ترب الأهوار أعلى معدل بلغ ٢.٩٩ ديسيسمنز/م، تلتها ترب أحواض الأنهار بمعدل ٢.٥٤ ديسيسمنز/م، ثم ترب كتوف الأنهار بمعدل ١.٦٦ ديسيسمنز/م. وعلى الرغم من تصنيف جميع الترب ضمن الفئة غير الملحية S0، فإن اقتراب بعض قيم ترب الأهوار من الحد البالغ ٤ ديسيسمنز/م يشير إلى ضرورة الاهتمام بكفاءة الصرف ونوعية مياه الري لمنع تطور مشكلة الملوحة مستقبلاً.

خريطة ( ٧) التوزيع المكاني لمعدلات الايصالية الكهربائية لعينات ترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط.




المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات جدول (٧ ) وباستخدام برمجية ARC GIS 10.8.

**رابعاً: النسبة المئوية للصوديوم المتبادل ( Exchangeable Sodium Percentage (ESP)):**

تُعد النسبة المئوية للصوديوم المتبادل (ESP) من المؤشرات الكيميائية المهمة في تقييم حالة التربة، إذ تعبّر عن نسبة أيونات الصوديوم الممتزة على أسطح دقائق التربة إلى مجموع السعة التبادلية الكاتيونية. ويؤدي ارتفاع هذه النسبة إلى تشتت دقائق الطين وضعف استقرار تجمعات التربة، مما ينعكس سلباً على بنائها ومساميتها ونفاذيتها للماء والهواء[١٤]. كما قد يسهم تراكم الصوديوم المتبادل في تكوّن قشرة سطحية صلبة، وإعاقة إنبات البذور وامتداد الجذور داخل المقطع الترابي، فضلاً عن خفض كفاءة حركة المياه والصرف. وتتباين شدة هذه التأثيرات تبعاً لنسبة الصوديوم ونسجة التربة ونوعية معادن الطين ومحتواها من الأملاح والمادة العضوية[١٥]. وبالاعتماد على قيم ESP الواردة في جدول (٧) و الخريطة ( ٨) يمكن تحليل التباين المكاني والرأسي للصوديوم المتبادل في ترب كتوف الأنهار وأحواض الأنهار والأهوار في ناحية تاج الدين.

**جدول (١٠) درجات خطورة الصوديوم المتبادل في التربة بحسب نسبته المئوية**

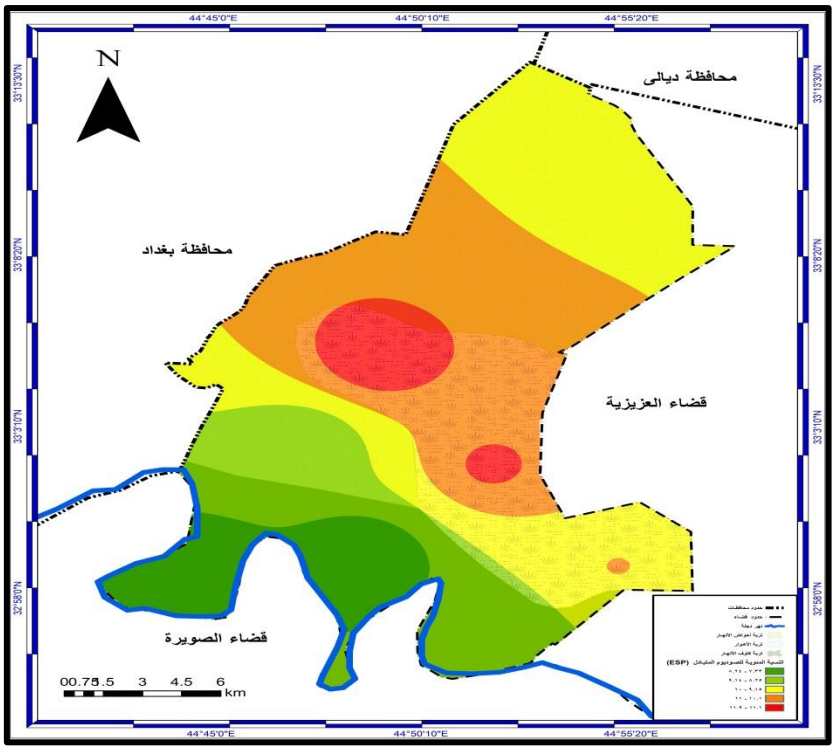
| النسبة المئوية للصوديوم المتبادل ESP % | درجة خطورة الصوديوم |
|---|---|
| أقل من ٢٠ | غير خطرة |
| ٢٠–أقل من ٤٠ | قليلة الخطورة |
| ٤٠–أقل من ٦٠ | معتدلة الخطورة |
| 60–80 | عالية الخطورة |
| أكثر من ٨٠ | شديدة الخطورة جداً |

المصدر: FitzPatrick, E. A., Soil, Longman, London, 1988, p. 114.

ويظهر من جدول (٦) والخريطة (٨)، وبالاعتماد على درجات الخطورة الواردة في جدول (١٠)، أن قيم النسبة المئوية للصوديوم المتبادل (ESP) في ترب ناحية تاج الدين تراوحت بين ٧.١٨ و١٢.١٠%. وتقع جميع العينات ضمن فئة الترب غير الخطرة؛ لأن قيمها بقيت دون الحد الأعلى لهذه الفئة والبالغ ٢٠%. ومع ذلك، أظهرت النتائج تبايناً مكانياً بين أنواع الترب، إذ ارتفعت قيم الصوديوم المتبادل تدريجياً من ترب كتوف الأنهار إلى ترب أحواض الأنهار، وسجلت أعلاها في ترب الأهوار.

١- **الصوديوم المتبادل في ترب كتوف الأنهار**: بلغ المعدل العام للصوديوم المتبادل في ترب كتوف الأنهار ٧.٧٢%، وهو أدنى معدل بين أنواع الترب المدروسة، ولذلك تصنف هذه الترب ضمن فئة غير خطرة وفق جدول (١٠). وسجلت العينة S3 أعلى معدل بلغ ٨.٣٦%، تلتها العينة S1 بمعدل ٧.٤٨%، ثم العينة S2 بمعدل ٧.٣٣%. وأظهرت العينات الثلاث انخفاضاً في قيم الصوديوم المتبادل مع زيادة العمق؛ إذ انخفضت في S1 من ٧.٧٠% في الطبقة السطحية إلى ٧.٢٥% في الطبقة تحت السطحية، وفي S2 من ٧.٤٨ إلى ٧.١٨%، وهي أدنى قيمة مسجلة في منطقة الدراسة، كما تراجعت في S3 من ٨.٧٠ إلى ٨.٠٢%.

خريطة ( ٨) التوزيع المكاني لمعدلات الصوديوم المتبادل لعينات ترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط.




المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات جدول (٧ ) وباستخدام برمجية ARC GIS 10.8.

ويرتبط انخفاض القيم في ترب كتوف الأنهار بارتفاع سطحها النسبي وتحسن ظروف الصرف وحركة المياه فيها، مما يقلل من تراكم الصوديوم على معقد التبادل. كما أن تراجع القيم مع العمق يشير إلى أن الصوديوم المتبادل لا يمثل عاملاً محدداً لخصائص هذه الترب في الوقت الحاضر.

٢- **الصوديوم المتبادل في ترب أحواض الأنهار**: بلغ المعدل العام للصوديوم المتبادل في ترب أحواض الأنهار ٩.٥٧%، وهي قيمة أعلى من نظيرتها في ترب كتوف الأنهار، لكنها ما تزال ضمن فئة الترب غير الخطرة. وسجلت العينة S2 أعلى معدل بلغ ١٠.٩٤%، تلتها S1 بمعدل ٩.٤٠%، في حين سجلت S3 أدنى معدل بلغ ٨.٣٨%. وتباين اتجاه القيم مع العمق؛ إذ انخفضت في العينة S1 من ٩.٧٤ إلى ٩.٠٥%، وفي S2 من ١١.٠٥ إلى ١٠.٨٢%، بينما ارتفعت بصورة محدودة في S3 من ٨.٢٤ إلى ٨.٥١%. وكانت أعلى قيمة ضمن هذه الترب ١١.٠٥% في الطبقة السطحية للعينة S2، في حين سجلت الطبقة السطحية للعينة S3 أدنى قيمة بلغت ٨.٢٤%. ويرتبط ارتفاع الصوديوم المتبادل في ترب الأحواض مقارنة بترب الكتوف بانخفاض سطحها النسبي وضعف الصرف، فضلاً عن بطء حركة المياه في الترب ذات

المحتوى الأعلى من الطين والغرين. وقد تساعد هذه الظروف على زيادة احتفاظ دقائق التربة بالصوديوم، إلا أن القيم المسجلة لم تصل إلى مستوى الخطورة المحدد في جدول (١٠).

**٣- الصوديوم المتبادل في ترب الأهوار:** سجلت ترب الأهوار أعلى معدل عام للصوديوم المتبادل بلغ ١١.٠٣%، ومع ذلك بقيت ضمن فئة الترب غير الخطرة. وبلغ أعلى معدل في العينة S1 نحو ١١.٨٦%، تلتها العينة S2 بمعدل ١١.١٦%، ثم العينة S3 بمعدل ١٠.٠٦%. وعلى خلاف ترب كتوف الأنهار، ارتفعت قيم الصوديوم المتبادل مع العمق في جميع عينات ترب الأهوار؛ إذ ازدادت في S1 من ١١.٦٢ إلى ١٢.١٠%، وهي أعلى قيمة مسجلة في منطقة الدراسة، وارتفعت في S2 من ١٠.٩٥ إلى ١١.٣٦%، وفي S3 من ٩.٨٨ إلى ١٠.٢٤%.

أن ارتفاع القيم في ترب الأهوار يعود الى انخفاض سطحها وضعف صرفها واستمرار ارتفاع رطوبتها، مما يحد من غسل الصوديوم ويساعد على تراكمه في الطبقات تحت السطحية. كما أن ارتفاع محتواها من الطين والسعة التبادلية الكاتيونية يزيد من قدرتها على الاحتفاظ بالكاتيونات، ومنها الصوديوم المتبادل.

وتكشف المقارنة عن تدرج مكاني واضح في قيم ESP؛ إذ سجلت ترب الأهوار أعلى معدل بلغ ١١.٠٣%، تلتها ترب أحواض الأنهار بمعدل ٩.٥٧%، ثم ترب كتوف الأنهار بمعدل ٧.٧٢%. وعلى الرغم من تصنيف جميع العينات ضمن فئة الترب غير الخطرة وفق جدول (٩)، فإن ارتفاع القيم نسبياً في ترب الأهوار والطبقات تحت السطحية يستدعي الاهتمام بتحسين الصرف ومتابعة نوعية مياه الري، لمنع زيادة تراكم الصوديوم وتأثيره مستقبلاً في بناء التربة ونفاذيتها.

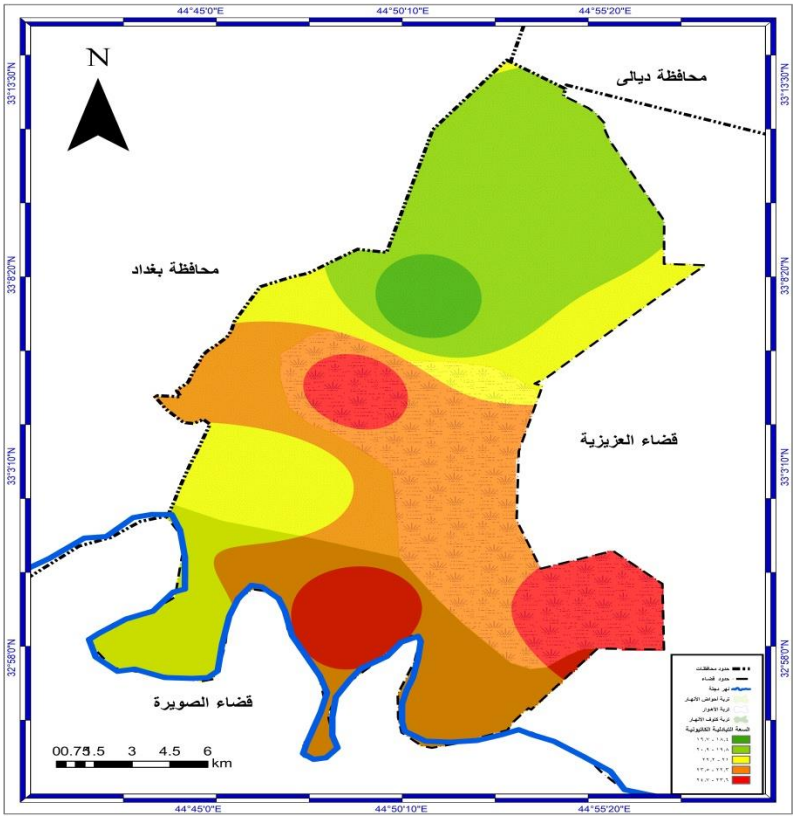
**خامساً: السعة التبادلية الكاتيونية (Cation Exchange Capacity (CEC)):** تُعد السعة التبادلية الكاتيونية (CEC) من الخصائص الكيميائية المهمة في تقييم خصوبة التربة، إذ تعبّر عن كمية الكاتيونات الموجبة التي تستطيع دقائق التربة الاحتفاظ بها وتبادلها مع محلول التربة، وتقاس عادة بوحدة سنتيمول شحنة موجبة لكل كغم من التربة cmol(+)/kg [١٦]. وتشمل هذه الكاتيونات الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم وغيرها من العناصر المرتبطة بتغذية النبات. ترتبط السعة التبادلية بصورة رئيسة بكمية غرويات الطين ونوع معادنه ومحتوى التربة من المادة العضوية؛ نظراً لما تمتلكه هذه المكونات من مساحات سطحية وشحنات سالبة تساعد على جذب الكاتيونات والاحتفاظ بها. ولذلك ترتفع قيم السعة التبادلية غالباً في الترب الدقيقة

النسجة والغنية بالطين والمادة العضوية، وتنخفض في الترب الخشنة أو الفقيرة بالمكونات الغروية[١٧].

ويتبين من جدول (٧) والخريطة (٩)،أن قيم السعة التبادلية الكاتيونية (CEC) تباينت بين أنواع الترب والعينات والأعماق المدروسة، إذ تراوحت بين ١٧.٩٥ و ٢٥.١٠ سنتيمول شحنة موجبة/كغم. وسجلت ترب الأهوار أعلى معدل عام بلغ ٢٤.١٣، تلتها ترب كتوف الأنهار بمعدل ٢٢.٧٧، في حين انخفض المعدل في ترب أحواض الأنهار إلى ١٩.٩٧ سنتيمول شحنة موجبة/كغم. ويشير هذا التباين إلى اختلاف قدرة الترب على الاحتفاظ بالكاتيونات والعناصر الغذائية تبعاً لنسجتها ومحتواها من الطين والمادة العضوية وطبيعة المكونات الغروية.

١- **السعة التبادلية الكاتيونية في ترب كتوف الأنهار**: بلغ المعدل العام للسعة التبادلية الكاتيونية في ترب كتوف الأنهار ٢٢.٧٧ سنتيمول شحنة موجبة/كغم. وسجلت العينة S2 أعلى معدل بلغ ٢٤.٤٣، تلتها العينة S3 بمعدل ٢٢.٣٠، بينما سجلت العينة S1 أدنى معدل بلغ ٢١.٥٨ سنتيمول شحنة موجبة/كغم. وعلى مستوى الأعماق، انخفضت القيمة في العينة S1 من ٢٢.١٥ في الطبقة السطحية إلى ٢١.٠٠ في الطبقة تحت السطحية، كما انخفضت في S2 من ٢٤.٦٠ إلى ٢٤.٢٥، وفي S3 من ٢٣.٢٠ إلى ٢١.٤٠ سنتيمول شحنة موجبة/كغم. ويعكس هذا الاتجاه ارتفاع قدرة الطبقات السطحية على الاحتفاظ بالكاتيونات مقارنة بالطبقات الأعمق، ويرتبط ذلك غالباً بارتفاع محتواها من المادة العضوية وتراكم بقايا النباتات والجذور بالقرب من السطح. ويُلاحظ أن ارتفاع القيمة في العينة S2، على الرغم من انخفاض محتواها النسبي من المادة العضوية، يدل على أن السعة التبادلية لا تتحدد بالمادة العضوية وحدها، وإنما تتأثر أيضاً بنسبة الطين ونوع معادنه وطبيعة الرواسب المكونة للتربة.

خريطة (٩ ) التوزيع المكاني لمعدلات السعة التبادلية الكاتيونية لعينات ترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط.




المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات جدول (٧ ) وباستخدام برمجية ARC GIS 10.8.

٢- **السعة التبادلية الكاتيونية في ترب أحواض الأنهار**: سجلت ترب أحواض الأنهار أدنى معدل عام للسعة التبادلية الكاتيونية بلغ ١٩.٩٧ سنتيمول شحنة موجبة/كغم. وبلغ أعلى معدل في العينة S3 نحو ٢١.١٦، تلتها العينة S1 بمعدل ٢٠.٣٧، في حين سجلت العينة S2 أدنى معدل بلغ ١٨.٣٨ سنتيمول شحنة موجبة/كغم. تباينت القيم مع العمق؛ إذ ارتفعت بصورة طفيفة في العينة S1 من ٢٠.٢٥ إلى ٢٠.٤٨، بينما انخفضت في S2 من ١٨.٨٠ إلى ١٧.٩٥، وهي أدنى قيمة مسجلة في منطقة الدراسة، كما انخفضت في S3 من ٢٢.١٢ إلى ٢٠.٢٠ سنتيمول شحنة موجبة/كغم.

ويرتبط انخفاض المعدل العام في ترب الأحواض بانخفاض محتواها من المادة العضوية، الذي بلغ ١.٨٧%، مقارنة بترب الكتوف والأهوار. كما أن اختلاف نوع معادن الطين وحالة الصرف وطبيعة الرواسب قد يؤدي إلى تباين قدرتها على الاحتفاظ بالكاتيونات، لذلك لا يعتمد تفسير السعة التبادلية على نسبة الطين وحدها.

٣- **السعة التبادلية الكاتيونية في ترب الأهوار**: بلغ المعدل العام للسعة التبادلية الكاتيونية في ترب الأهوار ٢٤.١٣ سنتيمول شحنة موجبة/كغم، وهو أعلى معدل بين أنواع الترب الثلاثة.



مجلة مركز بابل للدراسات الإنسانية ٢٠٢٦ المجلد ١٦/ العدد ١١

وسجلت العينة S1 أعلى معدل بلغ ٢٤.٧٥، تلتها العينة S3 بمعدل ٢٤.٣٨، ثم العينة S2 بمعدل ٢٣.٢٥ سنتيمول شحنة موجبة/كغم. وانخفضت القيم مع زيادة العمق في جميع العينات؛ إذ تراجعت في S1 من ٢٥.١٠ إلى ٢٤.٤٠، وفي S2 من ٢٣.٦٥ إلى ٢٢.٨٥، وفي S3 من ٢٤.٨٥ إلى ٢٣.٩٠ سنتيمول شحنة موجبة/كغم. وسجلت الطبقة السطحية للعينة S1 أعلى قيمة في منطقة الدراسة بلغت ٢٥.١٠. ويرتبط ارتفاع السعة التبادلية في ترب الأهوار بارتفاع محتواها من الطين والمادة العضوية، إذ بلغ المعدل العام للمادة العضوية فيها ٢.٧٦%، وهو الأعلى بين أنواع الترب المدروسة. وتزيد هذه المكونات من عدد المواقع السالبة القادرة على جذب الكاتيونات والاحتفاظ بها، مما يعزز قدرة التربة على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية، مع مراعاة أن ضعف الصرف وارتفاع الصوديوم المتبادل قد يحدان من الاستفادة الفعلية من هذه الخاصية.

وتكشف المقارنة أن ترب الأهوار تمتلك أعلى قدرة على التبادل الكاتيوني، تليها ترب كتوف الأنهار، ثم ترب أحواض الأنهار. كما ظهر اتجاه عام لانخفاض القيم مع العمق في معظم العينات، وهو ما يتوافق مع تراجع المادة العضوية في الطبقات تحت السطحية. وتدل هذه النتائج على أن اختلاف نسجة التربة ومحتواها العضوي وطبيعة معادن الطين أسهم في تشكيل التباين المكاني والرأسي للسعة التبادلية الكاتيونية في ناحية تاج الدين.

**سادساً: كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)**: تُعد كربونات الكالسيوم من المكونات المعدنية الشائعة في ترب المناطق الجافة وشبه الجافة، ومنها ترب السهل الرسوبي العراقي، إذ يرتبط وجودها بطبيعة المواد الرسوبية الأصلية وظروف المناخ وقلة عمليات الغسل. وتؤثر كميتها وتوزيعها داخل المقطع الترابي في عدد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، ولا سيما درجة التفاعل، وبناء التربة، ونفاذيتها، وتيسر بعض العناصر الغذائية. وقد يؤدي ارتفاع كربونات الكالسيوم إلى تماسك دقائق التربة وتكوّن طبقات كلسية أو قشرة سطحية صلبة، مما يحد من إنبات البذور وامتداد الجذور وحركة الماء والهواء داخل التربة. كما ينعكس ارتفاعها كيميائياً على خفض جاهزية بعض العناصر الغذائية، ولا سيما الفسفور، نتيجة اتحاده مع الكالسيوم وتكوّن مركبات قليلة الذوبان، فضلاً عن احتمال انخفاض كفاءة بعض الأسمدة الفوسفاتية والنتروجينية. وتتباين كميات كربونات الكالسيوم بين أنواع الترب تبعاً لاختلاف طبيعة الرواسب وموضع التربة الطبوغرافي وحركة مياه الري والصرف ودرجة الغسل. وبالاعتماد على نتائج جدول (٧)، يمكن بيان التباين المكاني والرأسي في محتوى كربونات الكالسيوم بين ترب كتوف الأنهار وأحواض الأنهار والأهوار في ناحية تاج الدين.

يتضح من جدول (٧) والخريطة (١٠)، أن محتوى كربونات الكالسيوم في ترب ناحية تاج الدين تراوح بين ١٧.٨٠ و ٢٣.٧٠ غم/كغم، بما يعادل ١.٧٨–٢.٣٧%. وقد سجلت ترب كتوف الأنهار أعلى معدل عام بلغ ٢١.٤٣ غم/كغم، أي ٢.١٤%، تلتها ترب أحواض الأنهار بمعدل ٢٠.٩٢ غم/كغم، أي ٢.٠٩%، بينما سجلت ترب الأهوار أدنى معدل بلغ ١٩.٣٨ غم/كغم، أي ١.٩٤%. ويعكس هذا التباين اختلاف طبيعة الرواسب ومواضع التربة بالنسبة إلى الأنهار ودرجة تعرضها لعمليات الغسل والترسيب.

١- **كربونات الكالسيوم في ترب كتوف الأنهار**: بلغ المعدل العام لكربونات الكالسيوم في ترب كتوف الأنهار ٢١.٤٣ غم/كغم، بما يعادل ٢.١٤%. وسجلت العينة S1 أعلى معدل بلغ ٢٢.٤٥ غم/كغم، أي ٢.٢٥%، تلتها العينة S2 بمعدل ٢١.٣٠ غم/كغم، أي ٢.١٣%، ثم العينة S3 بمعدل ٢٠.٥٥ غم/كغم، أي ٢.٠٦%. وعلى مستوى الأعماق، ارتفعت القيمة في العينة S1 من ٢١.٨٠ غم/كغم (٢.١٨%) في الطبقة السطحية إلى ٢٣.١٠ غم/كغم (٢.٣١%) في الطبقة تحت السطحية. وانخفضت بصورة طفيفة في S2 من ٢١.٥٠ غم/كغم (٢.١٥%) إلى ٢١.١٠ غم/كغم (٢.١١%)، بينما ارتفعت في S3 من ١٩.٥٠ غم/كغم (١.٩٥%) إلى ٢١.٦٠ غم/كغم (٢.١٦%).

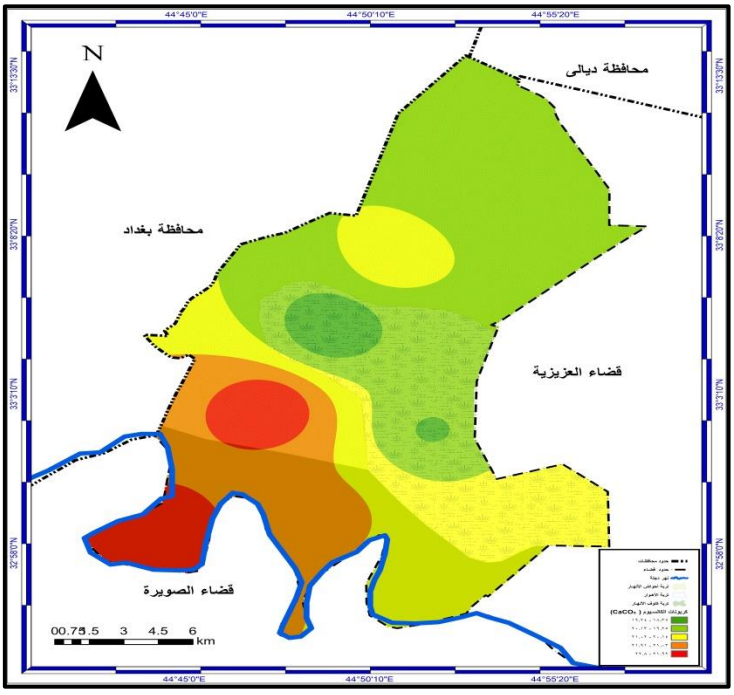
أن ارتفاع كربونات الكالسيوم في ترب كتوف الأنهار نتيجة لطبيعة الرواسب النهرية التي تتكون منها، وما تحمله من مواد كلسية مترسبة مع الفتات المعدني. كما يشير ارتفاعها في الطبقات تحت السطحية لبعض العينات إلى انتقال جزء من الكربونات الذائبة أو الدقيقة من الطبقة السطحية وترسبها في الأعماق.

٢- **كربونات الكالسيوم في ترب أحواض الأنهار**: بلغ المعدل العام لكربونات الكالسيوم في ترب أحواض الأنهار ٢٠.٩٢ غم/كغم، أي ٢.٠٩%. وسجلت العينة S3 أعلى معدل بلغ ٢٢.٨٠ غم/كغم، بما يعادل ٢.٢٨%، تلتها العينة S2 بمعدل ٢٠.٤٠ غم/كغم، أي ٢.٠٤%، بينما سجلت العينة S1 أدنى معدل بلغ ١٩.٥٥ غم/كغم، أي ١.٩٦%. وارتفعت القيم مع العمق في العينات الثلاث؛ إذ ازدادت في S1 من ١٨.٦٠ غم/كغم (١.٨٦%) إلى ٢٠.٥٠ غم/كغم (٢.٠٥%)، وفي S2 من ١٩.٧٠ غم/كغم (١.٩٧%) إلى ٢١.١٠ غم/كغم (٢.١١%)، وفي S3 من ٢١.٩٠ غم/كغم (٢.١٩%) إلى ٢٣.٧٠ غم/كغم (٢.٣٧%)، وهي أعلى قيمة مسجلة في منطقة الدراسة. ويشير هذا الاتجاه إلى تركز نسبي لكربونات الكالسيوم في الطبقات تحت السطحية، وقد يرتبط بانتقالها مع مياه الرشح من الطبقات العليا ثم ترسبها عند انخفاض حركة

المياه. كما يسهم اختلاف نوع الرواسب ونسجة التربة وظروف الصرف في تفسير التباين بين العينات.

**٣- كربونات الكالسيوم في ترب الأهوار:** سجلت ترب الأهوار أدنى معدل عام لكربونات الكالسيوم بلغ ١٩.٣٨ غم/كغم،. وبلغ أعلى معدل في العينة S3 نحو ٢٠.٦٥ غم/كغم، تلتها العينة S2 بمعدل ١٩.١٥ غم/كغم، ثم العينة S1 بمعدل ١٨.٣٥ غم/كغم. كما ارتفعت القيم مع زيادة العمق؛ إذ ازدادت في S1 من ١٧.٨٠ غم/كغم إلى ١٨.٩٠ غم/كغم، وفي S2 من ١٨.٦٠ غم/كغم إلى ١٩.٧٠ غم/كغم، وفي S3 من ٢٠.٢٠ غم/كغم إلى ٢١.١٠ غم/كغم. وقد يرتبط انخفاض كربونات الكالسيوم في ترب الأهوار بارتفاع رطوبتها واستمرار تعرضها لعمليات الإذابة والغسل النسبي، فضلاً عن ارتفاع محتواها من المادة العضوية، الذي قد يزيد من تكوّن الأحماض العضوية ويساعد على إذابة جزء من المركبات الكلسية. ويظهر ارتفاع القيم في الأعماق أن جزءاً من الكربونات قد انتقل من الطبقات السطحية وترسب في الطبقات تحت السطحية.

**خريطة (١٠ ) التوزيع المكاني لمعدلات كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) لعينات ترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط.**




المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات جدول ( ٧) وباستخدام برمجية ARC GIS 10.8.

وتكشف المقارنة أن كربونات الكالسيوم تتناقص مكانياً من ترب كتوف الأنهار، التي سجلت ٢١.٤٣ غم/كغم ، إلى ترب أحواض الأنهار ٢٠.٩٢ غم/كغم ، ثم ترب الأهوار ١٩.٣٨

غم/كغم. كما ظهر اتجاه عام نحو ارتفاعها مع العمق في معظم العينات، مما يدل على حدوث انتقال رأسي محدود للكربونات وترسبها في الطبقات تحت السطحية. وتبقى القيم المسجلة محدودة نسبياً، ولا تشير بمفردها إلى تكوّن طبقات كلسية شديدة، إلا أن أثرها في درجة تفاعل التربة وتيسر الفسفور ينبغي أن يؤخذ بالحسبان عند تقييم خصائص التربة.

سابعاً: العناصر الغذائية:

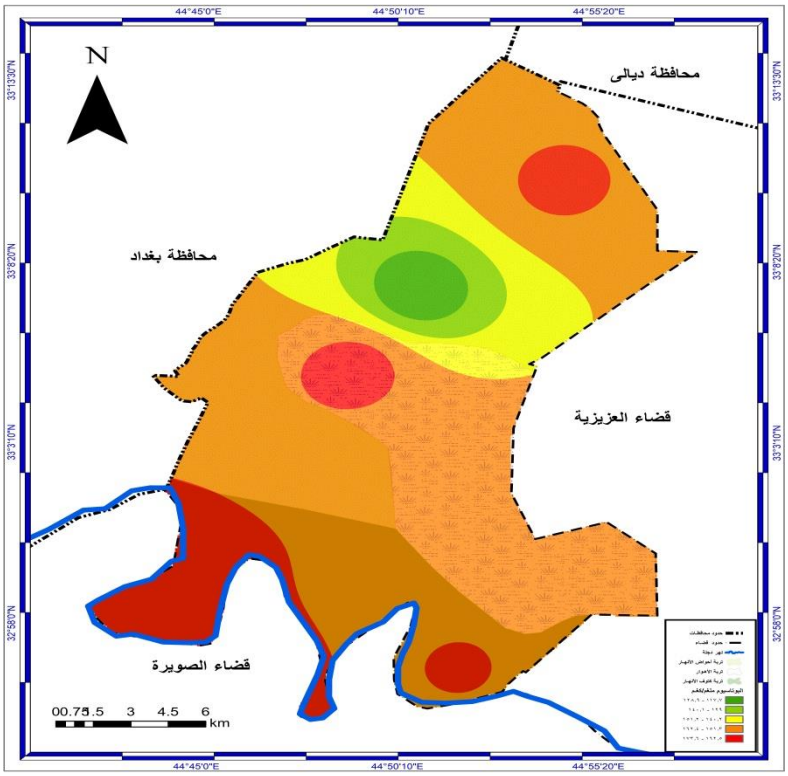
١- **البوتاسيوم (K)**: يُعد البوتاسيوم من العناصر الغذائية الكبرى الضرورية لنمو النبات، كما يُعد من العناصر الشائعة في القشرة الأرضية، إذ يوجد في عدد من المعادن الأولية، ولا سيما الفلدسبارات والميكا، فضلاً عن وجوده ضمن معادن الطين. ويتوزع البوتاسيوم في التربة بين صور معدنية مثبتة وأخرى متبادلة وذائبة، وتُمثل الصورتان المتبادلة والذائبة الجزء الأكثر جاهزية لامتصاص النبات[١٨]. ويؤدي البوتاسيوم دوراً مهماً في تنشيط العديد من الإنزيمات وتنظيم التوازن المائي والضغط الأسموزي داخل الخلايا النباتية، كما يسهم في انتقال نواتج التمثيل الضوئي، وتكوين النشا والبروتينات، وتحسين مقاومة النبات للجفاف والإجهادات البيئية[١٩]. وتتباين كميته المتاحة في التربة تبعاً لطبيعة المادة الأصلية، ونوع معادن الطين، ونسجة التربة، ودرجة التجوية، وظروف الري والصرف، إلى جانب مقدار ما يُمتص بواسطة المحاصيل أو يُضاف عن طريق الأسمدة. وبالاعتماد على القيم الواردة في جدول (٧) والخريطة (١١)، يمكن تحليل التباين المكاني والرأسي في محتوى البوتاسيوم بين ترب كتوف الأنهار وأحواض الأنهار والأهوار في ناحية تاج الدين.

أ- **البوتاسيوم في ترب كتوف الأنهار**: بلغ المعدل العام للبوتاسيوم في ترب كتوف الأنهار ١٦٥.٩٥ ملغم/كغم، وهو أعلى معدل بين أنواع الترب الثلاثة. وسجلت العينة S1 أعلى معدل بلغ ١٧٣.٦٠ ملغم/كغم، تلتها العينة S3 بمعدل ١٦٢.٧٥ ملغم/كغم، ثم العينة S2 بمعدل ١٦١.٥٠ ملغم/كغم. وعلى مستوى الأعماق، انخفضت قيمة البوتاسيوم في العينة S1 من ١٧٥.٤٠ ملغم/كغم في الطبقة السطحية إلى ١٧١.٨٠ ملغم/كغم في الطبقة تحت السطحية. كما انخفضت في S2 من ١٦٢.٨٠ إلى ١٦٠.٢٠ ملغم/كغم، وفي S3 من ١٦٤.٦٠ إلى ١٦٠.٩٠ ملغم/كغم. وسجلت الطبقة السطحية للعينة S1 أعلى قيمة للبوتاسيوم في منطقة الدراسة بلغت ١٧٥.٤٠ ملغم/كغم. وقد يرتبط ارتفاع البوتاسيوم في ترب كتوف الأنهار بطبيعة الرواسب النهرية المكوّنة لها، وما تحتويه من معادن حاملة للبوتاسيوم، فضلاً عن تأثر الطبقات السطحية بإضافة الأسمدة وبقايا المحاصيل. كما تساعد ظروف الصرف والتهوية الأفضل نسبياً

في هذه الترب على نمو الجذور واستمرار العمليات الحيوية المسؤولة عن تحرير جزء من البوتاسيوم من معادن التربة.

**ب- البوتاسيوم في ترب أحواض الأنهار:** سجلت ترب أحواض الأنهار أدنى معدل عام للبوتاسيوم بلغ ١٤٨.١٧ ملغم/كغم. وبلغ أعلى معدل في العينة S1 نحو ١٦٤.٦٥ ملغم/كغم، تلتها العينة S3 بمعدل ١٦٢.١٥ ملغم/كغم، بينما انخفض المعدل بصورة واضحة في العينة S2 إلى ١١٧.٧٠ ملغم/كغم. وانخفضت القيم مع العمق في جميع العينات؛ إذ تراجعت في S1 من ١٦٧.٨٠ إلى ١٦١.٥٠ ملغم/كغم، وفي S2 من ١٢٢.٦٠ إلى ١١٢.٨٠ ملغم/كغم، وفي S3 من ١٦٣.٥٠ إلى ١٦٠.٨٠ ملغم/كغم. وسجلت الطبقة تحت السطحية للعينة S2 أدنى قيمة في منطقة الدراسة بلغت ١١٢.٨٠ ملغم/كغم. ويشير الانخفاض الواضح في العينة S2 إلى وجود تباين محلي في مصادر البوتاسيوم أو في طبيعة الرواسب والمعادن المكوّنة للتربة، إلى جانب احتمال تأثر الموقع باستنزاف العنصر نتيجة الزراعة المستمرة وقلة التعويض السمادي. كما قد يسهم تثبيت البوتاسيوم بين صفائح بعض معادن الطين في تقليل الجزء القابل للقياس أو الاستفادة النباتية منه.

**خريطة ( ١١) التوزيع المكاني لمعدلات البوتاسيوم (K) لعينات ترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط.**




المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات جدول (٧ ) وباستخدام برمجية ARC GIS 10.8.

ج- **البوتاسيوم في ترب الأهوار**: بلغ المعدل العام للبوتاسيوم في ترب الأهوار ١٦٠.٣٠ ملغم/كغم، وهو أقل من معدل ترب كتوف الأنهار وأعلى من ترب أحواض الأنهار. وسجلت العينة S1 أعلى معدل بلغ ١٦٨.٣٥ ملغم/كغم، تلتها العينة S3 بمعدل ١٦٠.٤٥ ملغم/كغم، ثم العينة S2 بمعدل ١٥٢.١٠ ملغم/كغم. كما انخفضت القيم مع زيادة العمق؛ إذ تراجعت في S1 من ١٧٠.٥٠ إلى ١٦٦.٢٠ ملغم/كغم، وفي S2 من ١٥٤.٨٠ إلى ١٤٩.٤٠ ملغم/كغم، وفي S3 من ١٦٢.٣٠ إلى ١٥٨.٦٠ ملغم/كغم. وقد يرتبط احتفاظ ترب الأهوار بكميات مرتفعة نسبياً من البوتاسيوم بارتفاع محتواها من الطين والسعة التبادلية الكاتيونية، مما يزيد قدرتها على الاحتفاظ بالكاتيونات، ومنها البوتاسيوم. إلا أن ضعف الصرف واستمرار الرطوبة قد يؤثران في حركة العنصر وجاهزيته للنبات.

وتكشف المقارنة عن تدرج مكاني في محتوى البوتاسيوم، إذ سجلت ترب كتوف الأنهار أعلى معدل، تلتها ترب الأهوار، ثم ترب أحواض الأنهار. كما ظهر اتجاه رأسي ثابت تمثل بانخفاض القيم في العمق ٣٠–٦٠ سم مقارنة بالعمق ٠–٣٠ سم في جميع العينات، ويرتبط ذلك بتأثير التسميد وتراكم المخلفات النباتية والنشاط الجذري في الطبقة السطحية. ولا يمكن تحديد ما إذا كانت هذه القيم منخفضة أو متوسطة أو مرتفعة من ناحية الخصوبة إلا بعد اعتماد معيار تصنيفي يتوافق مع طريقة استخلاص البوتاسيوم المستخدمة في المختبر.

٢- **الفسفور (P)**:يُعد الفسفور من العناصر الغذائية الكبرى الضرورية لنمو النبات، إذ يسهم في عمليات البناء الحيوي وانتقال الطاقة وتكوين الأحماض النووية، كما يؤدي دوراً مهماً في نمو الجذور وتكوين البذور وتسريع النضج وتحسين إنتاج المحاصيل[٢٠]. ويساعد توفره في التربة على زيادة نمو العقد الجذرية في المحاصيل البقولية، مما يدعم نشاط الأحياء الدقيقة المرتبطة بعملية تثبيت النتروجين الجوي. يوجد الفسفور في التربة بصور معدنية وعضوية متعددة، إلا أن الجزء الجاهز لامتصاص النبات يمثل نسبة محدودة من محتواه الكلي، بسبب تعرضه لعمليات التثبيت والترسيب. وتتأثر جاهزيته بدرجة تفاعل التربة ومحتواها من كربونات الكالسيوم والطين والمادة العضوية؛ إذ قد يرتبط بالكالسيوم في الترب المتعادلة والقلوية مكوّناً مركبات قليلة الذوبان، بينما تسهم المادة العضوية في تحسين ذوبانه والحد من تثبيته.

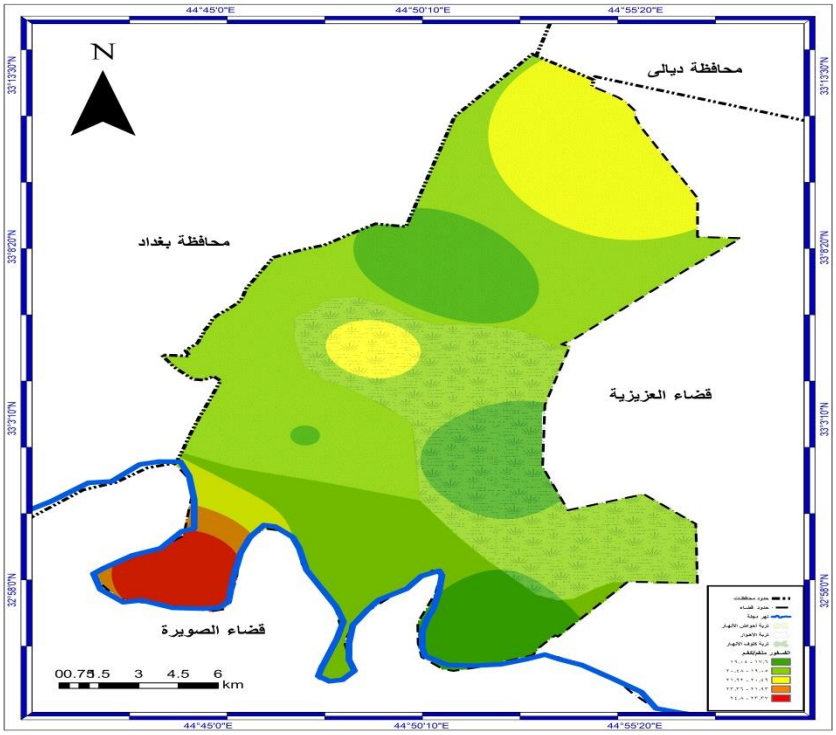
يتضح من جدول (٧) والخريطة (١٢)، أن محتوى الفسفور في ترب ناحية تاج الدين تراوح بين ١٧.٣٠ و ٢٥.٢٠ ملغم/كغم، مما يعكس تبايناً محدوداً بين أنواع الترب والعينات والأعماق المدروسة. وسجلت ترب كتوف الأنهار أعلى معدل عام بلغ ٢٠.٨٥ ملغم/كغم، تلتها ترب الأهوار بمعدل ١٩.٦٠ ملغم/كغم، بينما سجلت ترب أحواض الأنهار أدنى معدل بلغ ١٩.٣٨

ملغم/كغم. ويشير تقارب المعدلات العامة إلى أن التباين بين المواقع يرتبط بالظروف المحلية لكل عينة أكثر من ارتباطه بنوع التربة وحده.

أ- **الفسفور في ترب كتوف الأنهار**: بلغ المعدل العام للفسفور في ترب كتوف الأنهار ٢٠.٨٥ ملغم/كغم، وهو أعلى معدل بين أنواع الترب الثلاثة. وسجلت العينة S1 أعلى معدل بلغ ٢٤.٨٠ ملغم/كغم، تلتها العينة S2 بمعدل ١٩.٤٥ ملغم/كغم، ثم العينة S3 بمعدل ١٨.٣٠ ملغم/كغم. وعلى مستوى الأعماق، انخفضت قيمة الفسفور في العينة S1 من ٢٥.٢٠ ملغم/كغم في الطبقة السطحية إلى ٢٤.٤٠ ملغم/كغم في الطبقة تحت السطحية، كما انخفضت في S2 من ١٩.٦٠ إلى ١٩.٣٠ ملغم/كغم. وفي المقابل، ارتفعت بصورة طفيفة في S3 من ١٨.١٠ إلى ١٨.٥٠ ملغم/كغم. وسجلت الطبقة السطحية للعينة S1 أعلى قيمة للفسفور في منطقة الدراسة بلغت ٢٥.٢٠ ملغم/كغم.

أن ارتفاع الفسفور في العينة S1 بتأثر الطبقة السطحية نتيجة الإضافات السمادية وتراكم بقايا المحاصيل، إلى جانب دور المادة العضوية في تحسين جاهزية العنصر. أما انخفاضه في S3 فقد يعكس اختلاف الاستعمال الزراعي أو كميات الأسمدة المضافة أو زيادة تعرض الفسفور للتثبيت داخل التربة.

**خريطة (١٢ ) التوزيع المكاني لمعدلات الفسفور (P) لعينات ترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط.**




المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات جدول (٧ ) وباستخدام برمجية ARC GIS 10.8.

**ب- الفسفور في ترب أحواض الأنهار:** سجلت ترب أحواض الأنهار أدنى معدل عام للفسفور بلغ ١٩.٣٨ ملغم/كغم. وبلغ أعلى معدل في العينة S1 نحو ٢١.٥٥ ملغم/كغم، تلتها العينة S3 بمعدل ١٩.٠٠ ملغم/كغم، بينما سجلت العينة S2 أدنى معدل بلغ ١٧.٦٠ ملغم/كغم. وانخفضت القيمة في العينة S1 من ٢٢.٧٠ ملغم/كغم في الطبقة السطحية إلى ٢٠.٤٠ ملغم/كغم في الطبقة تحت السطحية، كما انخفضت في S2 من ١٧.٩٠ إلى ١٧.٣٠ ملغم/كغم، وهي أدنى قيمة مسجلة في منطقة الدراسة. أما العينة S3 فقد ارتفعت فيها القيمة بصورة محدودة من ١٨.٩٠ إلى ١٩.١٠ ملغم/كغم.

وسبب انخفاض الفسفور في ترب الأحواض، ولا سيما في العينة S2، بسبب بانخفاض محتواها من المادة العضوية واستمرار استنزاف العنصر بواسطة المحاصيل، فضلاً عن احتمال تثبيته على أسطح دقائق الطين أو دخوله في مركبات أقل جاهزية للنبات. كما قد يكون لاختلاف الإدارة السمادية بين المواقع أثر مباشر في هذا التباين.

**ج- الفسفور في ترب الأهوار:** بلغ المعدل العام للفسفور في ترب الأهوار ١٩.٦٠ ملغم/كغم، وهو أعلى قليلاً من معدل ترب أحواض الأنهار وأدنى من ترب كتوف الأنهار. وسجلت العينة S1 أعلى معدل بلغ ٢١.١٠ ملغم/كغم، تلتها العينة S3 بمعدل ١٩.٤٥ ملغم/كغم، ثم العينة S2 بمعدل ١٨.٢٥ ملغم/كغم. وانخفضت قيم الفسفور مع العمق في جميع العينات؛ إذ تراجعت في S1 من ٢١.٤٠ إلى ٢٠.٨٠ ملغم/كغم، وفي S2 من ١٨.٦٠ إلى ١٧.٩٠ ملغم/كغم، وفي S3 من ١٩.٧٠ إلى ١٩.٢٠ ملغم/كغم. ويظهر من ذلك تركز نسبي للفسفور في الطبقات السطحية مقارنة بالطبقات تحت السطحية.

ويرتبط احتفاظ ترب الأهوار بكميات متوسطة من الفسفور بارتفاع محتواها من المادة العضوية والطين، غير أن استمرار الرطوبة وضعف التهوية قد يؤثران في صور الفسفور وتحولاته الكيميائية. كما أن ارتفاع السعة التبادلية لا يعني بالضرورة زيادة جاهزية الفسفور، لأن هذا العنصر يتأثر بدرجة التفاعل ومركبات الكالسيوم والحديد والألمنيوم أكثر من تأثره بالتبادل الكاتيوني.

وتكشف المقارنة أن ترب كتوف الأنهار سجلت أعلى محتوى من الفسفور بمعدل ٢٠.٨٥ ملغم/كغم، تلتها ترب الأهوار بمعدل ١٩.٦٠ ملغم/كغم، ثم ترب أحواض الأنهار بمعدل ١٩.٣٨ ملغم/كغم. كما اتجهت القيم عموماً إلى الانخفاض مع العمق، مع ظهور زيادات طفيفة في بعض العينات. ويعكس ذلك تأثير الإضافات السمادية والمادة العضوية والنشاط الجذري في الطبقة السطحية، إلى جانب اختلاف قدرة الترب على تثبيت الفسفور. ولا يمكن وصف هذه القيم

بأنها منخفضة أو متوسطة أو مرتفعة من ناحية الخصوبة إلا بعد تحديد طريقة استخلاص الفسفور المختبري واعتماد معيار تصنيف متوافق معها.

٣- **النتروجين (N):** يُعد النتروجين من العناصر الغذائية الكبرى الضرورية لنمو النبات، كما يُعد من أكثر العناصر انتشاراً في الغلاف الجوي، إذ يشكل نحو ٧٨% من حجمه. وعلى الرغم من وفرته في الهواء، فإن معظم النباتات لا تستطيع الاستفادة منه بصورته الغازية مباشرة، بل يتطلب تحويله إلى صور معدنية قابلة للامتصاص من خلال عمليات التثبيت الحيوي أو الإضافات السمادية. يوجد النتروجين في التربة بصور عضوية ومعدنية متعددة، وتمثل المادة العضوية المصدر الرئيس له في معظم الترب. وتعمل الأحياء الدقيقة على تحليل المركبات العضوية وإطلاق النتروجين بدايةً بصيغة الأمونيوم ($NH_4^+$)، ثم يتحول جزء منه بفعل عملية النترجة إلى النترات ($NO_3^-$)، وهما من أهم الصور التي يستطيع النبات امتصاصها والاستفادة منها[٢١].

ويدخل النتروجين في تكوين الأحماض الأمينية والبروتينات والإنزيمات والكلوروفيل، لذلك يؤدي دوراً أساسياً في النمو الخضري ورفع كفاءة عملية البناء الضوئي وزيادة إنتاج المادة الجافة. وتتباين كميته في التربة تبعاً لمحتواها من المادة العضوية، ودرجة الرطوبة والتهوية، والنشاط الأحيائي، ونسجة التربة، وظروف الري والصرف، فضلاً عن كمية الأسمدة النتروجينية المضافة ومقدار ما تستنزفه المحاصيل[٢٢]. وبالاعتماد على القيم الواردة في جدول (٧)، يمكن تحليل التباين المكاني والرأسي في محتوى النتروجين بين ترب كتوف الأنهار وأحواض الأنهار والأهوار في ناحية تاج الدين.

ويتضح من جدول (٧) والخريطة (١٣)، أن محتوى النتروجين في ترب ناحية تاج الدين تراوح بين ٢٧.٣٠ و٤٥.٢٠ ملغم/كغم، مما يدل على وجود تباين مكاني ورأسي بين أنواع الترب والعينات والأعماق المدروسة. وسجلت ترب الأهوار أعلى معدل عام بلغ ٤٠.٩٠ ملغم/كغم، تلتها ترب كتوف الأنهار بمعدل ٣٧.٢٧ ملغم/كغم، في حين سجلت ترب أحواض الأنهار أدنى معدل بلغ ٣١.٥٢ ملغم/كغم. ويتوافق هذا التدرج بصورة عامة مع اختلاف محتوى المادة العضوية بين أنواع الترب، بوصفها أحد المصادر الرئيسة للنتروجين في التربة.

أ- النتروجين في ترب كتوف الأنهار: بلغ المعدل العام للنتروجين في ترب كتوف الأنهار ٣٧.٢٧ ملغم/كغم. وسجلت العينة S1 أعلى معدل بلغ ٤٢.٨٠ ملغم/كغم، تلتها العينة S2 بمعدل ٣٧.٨٥ ملغم/كغم، بينما سجلت العينة S3 أدنى معدل بلغ ٣١.١٥ ملغم/كغم. وانخفضت القيم مع زيادة العمق في جميع العينات؛ إذ تراجعت في S1 من ٤٤.٠٠ ملغم/كغم

في الطبقة السطحية إلى ٤١.٦٠ ملغم/كغم في الطبقة تحت السطحية، وفي S2 من ٣٨.٨٠ إلى ٣٦.٩٠ ملغم/كغم، وفي S3 من ٣١.٤٠ إلى ٣٠.٩٠ ملغم/كغم. ويشير ذلك إلى تركز النتروجين بصورة أكبر في الطبقة السطحية، نتيجة تراكم بقايا المحاصيل والجذور والمادة العضوية، فضلاً عن تأثير الإضافات السمادية.

ويرتبط ارتفاع القيمة في العينة S1 بارتفاع محتواها من المادة العضوية، الذي بلغ متوسطه ٢.٢٣%، مقارنة بالعينة S2، إلى جانب اختلاف الاستعمال الزراعي وكميات الأسمدة المضافة. أما انخفاض النتروجين في S3 رغم ارتفاع المادة العضوية نسبياً، فيشير إلى أن محتوى النتروجين لا يتحدد بالمادة العضوية وحدها، بل يتأثر أيضاً بدرجة تحللها ونسبة الكربون إلى النتروجين والنشاط الأحيائي واستنزاف المحاصيل.

ب- النتروجين في ترب أحواض الأنهار: سجلت ترب أحواض الأنهار أدنى معدل عام للنتروجين بلغ ٣١.٥٢ ملغم/كغم. وبلغ أعلى معدل في العينة S1 نحو ٣٥.٩٥ ملغم/كغم، تلتها العينة S3 بمعدل ٣٠.٢٥ ملغم/كغم، في حين سجلت العينة S2 أدنى معدل بلغ ٢٨.٣٥ ملغم/كغم. كما انخفضت القيم مع العمق في العينات الثلاث؛ إذ تراجعت في S1 من ٣٦.١٠ إلى ٣٥.٨٠ ملغم/كغم، وفي S2 من ٢٩.٤٠ إلى ٢٧.٣٠ ملغم/كغم، وهي أدنى قيمة مسجلة في منطقة الدراسة، وفي S3 من ٣٠.٦٠ إلى ٢٩.٩٠ ملغم/كغم.

ويرتبط انخفاض النتروجين في ترب الأحواض بانخفاض معدل المادة العضوية فيها إلى ١.٨٧%، وهو أدنى معدل بين أنواع الترب المدروسة. كما قد يسهم الاستعمال الزراعي المستمر واستنزاف المحاصيل وقلة إضافة المخلفات والأسمدة العضوية في خفض محتواه، ولا سيما في العينة S2 التي سجلت أدنى قيم للمادة العضوية والنتروجين معاً.

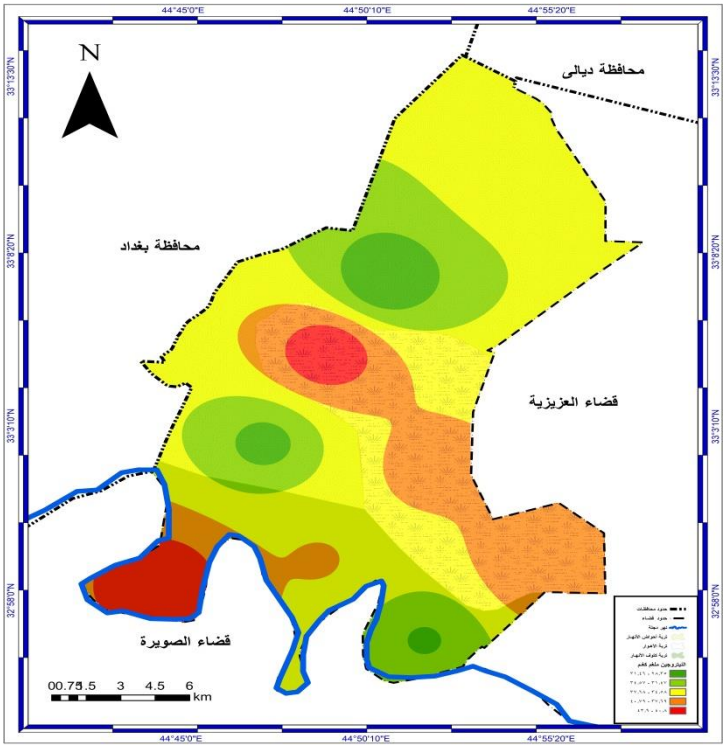
ج- النتروجين في ترب الأهوار: بلغ المعدل العام للنتروجين في ترب الأهوار ٤٠.٩٠ ملغم/كغم، وهو أعلى معدل بين أنواع الترب الثلاثة. وسجلت العينة S1 أعلى معدل بلغ ٤٣.٩٠ ملغم/كغم، تلتها العينة S3 بمعدل ٤٠.٣٠ ملغم/كغم، ثم العينة S2 بمعدل ٣٨.٥٠ ملغم/كغم. وانخفض محتوى النتروجين مع العمق في جميع العينات؛ إذ تراجع في S1 من ٤٥.٢٠ ملغم/كغم في الطبقة السطحية، وهي أعلى قيمة مسجلة في منطقة الدراسة، إلى ٤٢.٦٠ ملغم/كغم في الطبقة تحت السطحية. كما انخفض في S2 من ٣٩.٨٠ إلى ٣٧.٢٠ ملغم/كغم، وفي S3 من ٤١.٥٠ إلى ٣٩.١٠ ملغم/كغم.

ويرتبط ارتفاع النتروجين في ترب الأهوار بارتفاع محتواها من المادة العضوية، الذي بلغ معدله العام ٢.٧٦%، نتيجة تراكم البقايا النباتية في المواقع المنخفضة وبطء تحللها في ظروف

الرطوبة المرتفعة وضعف التهوية. ومع ذلك، قد تحد ظروف التغدق من سرعة تمعدن النتروجين وتحوله إلى صور جاهزة للنبات، كما قد تزيد احتمالات فقده من خلال عمليات نزع النتروجين في الظروف اللاهوائية.

وتكشف المقارنة عن تدرج مكاني واضح، إذ سجلت ترب الأهوار أعلى محتوى من النتروجين، تلتها ترب كتوف الأنهار، ثم ترب أحواض الأنهار. كما ظهر اتجاه رأسي ثابت تمثل بانخفاض القيم في العمق ٣٠–٦٠ سم مقارنة بالعمق ٠–٣٠ سم في جميع العينات، مما يعكس تركز المادة العضوية والنشاط الجذري والإضافات السمادية بالقرب من السطح. ولا يمكن تصنيف هذه القيم بأنها منخفضة أو متوسطة أو مرتفعة من ناحية خصوبة التربة إلا بعد تحديد صورة النتروجين المقاسة وطريقة التحليل المختبري المعتمدة.

**خريطة (١٣ ) التوزيع المكاني لمعدلات النتروجين (N) لعينات ترب ناحية تاج الدين في محافظة واسط.**




المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات جدول (6 ) وباستخدام برمجية ARC GIS 10.8.

**جدول (١١) معيار تركيز العناصر الغذائية في التربة (ملغم/كغم).**

| العنصر الغذائي | منخفض جداً | منخفض | متوسط | عالٍ | عالٍ جداً |
|---|---|---|---|---|---|
| النتروجين النتراتي $NO_3$ | 0–5 | 5–15 | 15–30 | 30–40 | أكثر من ٤٠ |
| الفسفور P | 0–3 | 3–8 | 8–14 | 14–20 | أكثر من ٢٠ |
| البوتاسيوم K | 0–85 | 85–150 | 150–250 | 250–450 | أكثر من ٤٥٠ |

المصدر: منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، دليل استخدام الأسمدة في الشرق الأوسط، روما، ٢٠٠٧، ص١٨٤.

يمكن اعتماد جدول (١١) معياراً لتصنيف مستويات العناصر الغذائية الواردة في جدول (٧)، وبناءً على المعدلات العامة لأنواع الترب تكون النتائج كما يأتي:

وعلى مستوى العينات، صُنفت قيم النتروجين في ترب كتوف الأنهار بين العالية والعالية جداً، إذ كانت العينة S1 عالية جداً بمعدل ٤٢.٨٠ ملغم/كغم، في حين كانت العينتان S2 وS3 ضمن الفئة العالية. وفي ترب أحواض الأنهار كانت العينة S2 متوسطة بمعدل ٢٨.٣٥ ملغم/كغم، بينما جاءت العينتان S1 وS3 ضمن الفئة العالية. أما ترب الأهوار، فسجلت العينتان S1 وS3 مستوى عالياً جداً، في حين جاءت S2 ضمن المستوى العالي. أما الفسفور، فقد جاءت العينة S1 في أنواع الترب الثلاثة ضمن الفئة العالية جداً، إذ بلغت معدلاتها ٢٤.٨٠ ملغم/كغم في ترب كتوف الأنهار، و٢١.٥٥ ملغم/كغم في ترب أحواض الأنهار، و٢١.١٠ ملغم/كغم في ترب الأهوار. وصُنفت بقية العينات ضمن الفئة العالية. وبالنسبة إلى البوتاسيوم، فقد صُنفت جميع عينات ترب كتوف الأنهار والأهوار ضمن الفئة المتوسطة، كما جاءت العينتان S1 وS3 من ترب أحواض الأنهار ضمن الفئة نفسها، بينما انفردت العينة S2 من ترب الأحواض بالمستوى المنخفض، إذ بلغ معدلها ١١٧.٧٠ ملغم/كغم، وهو ما أسهم في انخفاض المعدل العام لهذه الترب إلى ١٤٨.١٧ ملغم/كغم.

**الاستنتاجات:**

١- أظهرت ترب ناحية تاج الدين تبايناً واضحاً في النسجة؛ إذ سادت النسجة المزيجية في ترب كتوف الأنهار، والنسجة الطينية المزيجية والطينية الغرينية المزيجية في ترب أحواض الأنهار، بينما غلبت النسجة الطينية الغرينية على ترب الأهوار.

٢- سجلت ترب الأهوار أعلى معدل للمسامية بلغ ٤٥.٩٦%، في حين سجلت ترب أحواض الأنهار أعلى معدل للكثافة الظاهرية بلغ ١.٥٠ غم/سم$^3$، مما يعكس تأثير ارتفاع نسبة الطين وتباين درجة التراص بين الوحدات الترابية.

٣- بلغت التوصيلية الكهربائية أعلى معدل لها في ترب الأهوار بنحو ٢.٩٩ ديسيسمنز/م، تلتها ترب أحواض الأنهار بمعدل ٢.٥٤ ديسيسمنز/م، ثم ترب كتوف الأنهار بمعدل ١.٦٦ ديسيسمنز/م، مع بقاء القيم ضمن مستوى الترب غير الملحية وفق المعيار المعتمد.

٤- سجلت ترب الأهوار أعلى معدلات للمادة العضوية والسعة التبادلية الكاتيونية والنتروجين، إذ بلغت ٢.٧٦% و٢٤.١٣ سنتيمول شحنة موجبة/كغم و٤٠.٩٠ ملغم/كغم على التوالي، في حين

سجلت ترب كتوف الأنهار أعلى معدلات للفسفور والبوتاسيوم بلغت ٢٠.٨٥ و١٦٥.٩٥ ملغم/كغم.

٥- اتجهت المادة العضوية والنتروجين والفسفور والبوتاسيوم إلى الانخفاض غالباً مع زيادة العمق من ٠-٣٠ سم إلى ٣٠-٦٠ سم، مقابل ارتفاع نسبي في التوصيلية الكهربائية وكربونات الكالسيوم في الطبقات تحت السطحية، وهو ما يعكس تأثير الترسيب وحركة الأملاح وتراكم البقايا العضوية بالقرب من سطح التربة.

**التوصيات:**

١- اعتماد الفحوصات الدورية للخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة في مواقع وأعماق متعددة، لمتابعة التغيرات التي قد تنتج عن الاستعمال الزراعي والري والصرف.

٢- تحسين كفاءة شبكات الصرف، ولا سيما في ترب الأهوار وأحواض الأنهار، للحد من ارتفاع الرطوبة وتراكم الأملاح في الطبقات تحت السطحية.

٣- زيادة محتوى المادة العضوية في ترب أحواض الأنهار من خلال إضافة الأسمدة العضوية المتحللة والإبقاء على جزء من مخلفات المحاصيل، بسبب انخفاض معدلات المادة العضوية والنتروجين فيها.

٤- اعتماد برامج تسميد متوازنة تستند إلى نتائج التحليل المختبري لكل وحدة ترابية، مع مراعاة التباين في محتوى النتروجين والفسفور والبوتاسيوم وتجنب الإضافات العشوائية أو المفرطة.

٥- إنشاء قاعدة بيانات مكانية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية لتوثيق خصائص ترب ناحية تاج الدين وتحديثها دورياً، بما يساعد الجهات الزراعية على توجيه إجراءات إدارة التربة والحد من تدهورها.

**الهوامش**

(١) قدس اسامة قوام حسن الكليدار، تصنيف وتقيم ترب قضاء الدور في محافظة صلاح الدين واستثماراتها الاقتصادية، اطروحة دكتوراه، كلية الآداب، جامعة بغداد ، ٢٠١٩، ص٧٦.

(٢) عبدالله سالم المالكي واخرون، جغرافية التربة، دار الوضاح للطباعة والنشر، عمان، ٢٠١٢، ص١٥.

(٣) كاظم شنته سعد، جغرافية التربة، كلية التربية ، جامعة ميسان، ٢٠١٦، ص٧٠.

(٤) هشام محمود حسن، فيزياء التربة، مطبعة جامعة الموصل، ١٩٩٩، ص١٨.

(٥) صفاء مجيد المظفر، جغرافية التربة، كلية الآداب، جامعة الكوفة، ٢٠١٤، ص٤٥.

( *) وقد حُسبت المسامية الكلية بالاعتماد على قيمتي الكثافة الظاهرية والكثافة الحقيقية وفق المعادلة الآتية: المسامية (%) = [١ – (الكثافة الظاهرية ÷ الكثافة الحقيقية)] ×١٠٠.المصدر: حسين كمال الشيخ، جغرافية التربة، دار المنهل اللبناني، ط٢، ٢٠١٢، ص٥٣.

(٦) خلف حسين الدليمي، علم اشكال الارض التطبيقي الجيمور فولوجيا التطبيقية ، ط١، دار الصفا لنشر والتوزيع، عمان، الاردن، ٢٠١٢، ص٢٠٦.

(٧) سعدية مهدي صالح عباس، دراسة بعض خصائص الترب المتأثرة بالأملاح وتدهورها في محافظة البصرة باستعمال التقانات الجيومكانية، أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة البصرة، ٢٠٢٠، ص٣١.

(٨) شاكر مسير لفتة الزاملي، خصائص تربة مركز قضاء العزيزية، لارك للفلسفة واللسانيات والعلوم الاجتماعية ، العدد١٦، السنة السادسة، ٢٠١٤، ص١٥.

(٩) وليد خالد العكيدي، شاكر محمود العيساوي، مورفولوجي التربة، الموصل، دار الكتب للطباعة والنشر، ١٩٨٧، ص١٢٣.

(١٠) نور الدين مهاوش، الترب وملوحة التربة، مجلة الزراعة والتنمية في الوطن العربي، العدد٢، الخرطوم، ٢٠٠٠، ص٥٠.

(١١) روي فولت، الاسمدة ومصلحات التربة، ترجمة طه احمد الطائي، مطبعة جامعة الموصل، ١٩٨٧، ص٦٨٠.

(١٢)ابراهيم ابراهيم شريف وعلي حسين شلش، جغرافية التربة،جامعة بغداد، ١٩٨٥، ص١٤٥.

(١٣)نور الدين مهاوش، الترب وملوحة التربة، مصدر سابق، ص٥٥.

(١٤)كاظم شنته سعد، جغرافية التربة، مصدر سابق، ص١٠٠.

(١٥)شاكر مسير لفتة الزاملي، خصائص تربة مركز قضاء العزيزية، مصدرسابق، ص٢٠.

(١٦) عبدالله سالم المالكي، واخرون، مصدر سابق، ص١٠٥.

(١٧) احمد الخطيب، التربة ، ومعالجة المخلفات، سلسلة البيئة والتلوث، ط١، مكتبة بيان المعرفة، الإسكندرية، ٢٠١٧، ص٨١.

(١٨) كاظم مشحوت عواد، مبادئ كيمياء التربة، كلية الزراعة، جامعة البصرة ، ١٩٨٦، ص١٠٢.

(١٩) كاظم شنته سعد، جغرافية التربة، مصدر سابق، ص١٠٩.

(٢٠)احمد الخطيب، التربة ، ومعالجة المخلفات، سلسلة البيئة والتلوث، مصدر سابق، ص١٧٨..

(٢١) محمود عبد الجواد محمد، طرق وتقنيات تحليل التربة ، مكتبة المجتمع العربي لنشر والتوزيع، عمان، ٢٠١٤، ص٤٤٠.

(٢٢)احمد الخطيب، التربة ، ومعالجة المخلفات، سلسلة البيئة والتلوث، مصدر سابق، ص٨٥.

## قائمة المصادر العربية:

١.شريف، ابراهيم ابراهيم وعلي حسين شلش، جغرافية التربة،جامعة بغداد، ١٩٨٥.

٢.الخطيب،احمد، التربة ، ومعالجة المخلفات، سلسلة البيئة والتلوث، ط١، مكتبة بيان المعرفة، الإسكندرية، ٢٠١٧.

٣.الشيخ، حسين كمال، جغرافية التربة، دار المنهل اللبناني، ط٢، ٢٠١٢.

٤.الدليمي، خلف حسين، علم اشكال الارض التطبيقي الجيمور فولوجيا التطبيقية ، ط١، دار الصفا لنشر والتوزيع، عمان، الاردن، ٢٠١٢.

٥.روي فولت، الاسمدة ومصلحات التربة، ترجمة طه احمد الطائي، مطبعة جامعة الموصل، ١٩٨٧.
٦.عباس، سعدية مهدي صالح، دراسة بعض خصائص الترب المتأثرة بالأملاح وتدهورها في محافظة البصرة باستعمال التقانات الجيومكانية، أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة البصرة، ٢٠٢٠.
٧.الزاملي، شاكر مسير لفتة، خصائص تربة مركز قضاء العزيزية، لارك للفلسفة واللسانيات والعلوم الاجتماعية ، العدد١٦، السنة السادسة، ٢٠١٤.
٨.المظفر، صفاء مجيد ، جغرافية التربة، كلية الآداب، جامعة الكوفة، ٢٠١٤،.
٩.المالكي، عبدالله سالم واخرون، جغرافية التربة، دار الوضاح للطباعة والنشر، عمان، ٢٠١٢،.
١٠.الكليدار، قدس اسامة قوام حسن، تصنيف وتقيم ترب قضاء الدور في محافظة صلاح الدين واستثماراتها الاقتصادية، اطروحة دكتوراه، كلية الآداب، جامعة بغداد ، ٢٠١٩،.
١١.شنته، كاظم سعد، جغرافية التربة، كلية التربية ، جامعة ميسان، ٢٠١٦،.
١٢.عواد، كاظم مشحوت، مبادئ كيمياء التربة، كلية الزراعة، جامعة البصرة ، ١٩٨٦.
١٣.محمد، محمود عبد الجواد، طرق وتقنيات تحليل التربة ، مكتبة المجتمع العربي لنشر والتوزيع، عمان، ٢٠١٤.
١٤.مهاوش، نور الدين، الترب وملوحة التربة، مجلة الزراعة والتنمية في الوطن العربي، العدد٢، الخرطوم، ٢٠٠٠.
١٥.حسن، هشام محمود، فيزياء التربة، مطبعة جامعة الموصل، ١٩٩٩.
١٦.العكيدي، وليد خالد، شاكر محمود العيساوي، مورفولوجي التربة، الموصل، دار الكتب للطباعة والنشر، ١٩٨٧.

**Arabic References Translated into Englis:**

1. Sharif, Ibrahim Ibrahim, and Ali Hussein Shalash. Soil Geography. University of Baghdad, 1985.
2. Al-Khatib, Ahmed. Soil and Waste Treatment. Environment and Pollution Series, 1st ed., Bayan Al-Ma'rifa Library, Alexandria, 2017.
3. Al-Sheikh, Hussein Kamal. Soil Geography. Dar Al-Manhal Al-Lubnani, 2nd ed., 2012.
4. Al-Dulaimi, Khalaf Hussein. Applied Landform Science: Applied Geomorphology. 1st ed., Dar Al-Safa for Publishing and Distribution, Amman, Jordan, 2012.
5. Roy Follett. Fertilizers and Soil Amendments. Translated by Taha Ahmed Al-Ta'i, University of Mosul Press, 1987.
6. Abbas, Saadia Mahdi Saleh. A Study of Some Properties of Salt-Affected and Degraded Soils in Basra Governorate Using Geospatial Techniques. Ph.D. Dissertation, College of Agriculture, University of Basra, 2020.
7. Al-Zamili, Shakir Museer Lafta. "Soil Characteristics of the Center of Al-Aziziyah District." Lark Journal of Philosophy, Linguistics and Social Sciences, no. 16, 6th year, 2014.
8. Al-Mudhaffar, Safa Majeed. Soil Geography. College of Arts, University of Kufa, 2014.
9. Al-Maliki, Abdullah Salem, et al. Soil Geography. Dar Al-Waddah for Printing and Publishing, Amman, 2012.

10. Al-Kildar, Quds Osama Qawam Hasan. Classification and Evaluation of the Soils of Al-Dour District in Salah Al-Din Governorate and Their Economic Utilization. Ph.D. Dissertation, College of Arts, University of Baghdad, 2019.
11. Shantah, Kadhim Saad. Soil Geography. College of Education, University of Maysan, 2016.
12. Awad, Kadhim Mashhout. Principles of Soil Chemistry. College of Agriculture, University of Basra, 1986.
13. Mohammed, Mahmoud Abdul-Jawad. Methods and Techniques of Soil Analysis. Arab Community Library for Publishing and Distribution, Amman, 2014.
14. Mahawish, Noureddine. "Soils and Soil Salinity." Journal of Agriculture and Development in the Arab World, no. 2, Khartoum, 2000.
15. Hassan, Hisham Mahmoud. Soil Physics. University of Mosul Press, 1999.
16. Al-Ukaidi, Walid Khalid, and Shakir Mahmoud Al-Issawi. Soil Morphology. Mosul: Dar Al-Kutub for Printing and Publishing, 1987.