

تقييم الخصائص الفيزيائية للترب الزراعية في القطاع الثالث من حوض الفرات الأدنى - سورية

د. شريف بدر حايك *

د. كنان جمال راعي **

(تاريخ الإيداع 7 / 3 / 2021. قُبِلَ للنشر في 16 / 8 / 2021)

□ ملخص □

يقع القطاع الثالث على الضفة اليمنى من نهر الفرات جنوب شرق مدينة دير الزور، وتبلغ مساحته 317 كم²، يحدّه من الشمال الشرقي نهر الفرات، ومن الجنوب الغربي جرفٌ من صخور الباليوجين. يهدف البحث إلى تقييم أهم الخصائص الفيزيائية للترب الزراعية في القطاع الثالث من حوض الفرات الأدنى، ومن أهمها: القوام؛ الكثافة الظاهرية؛ الكثافة الحقيقية للتربة؛ المسامية؛ التركيب البنائي للتربة؛ السعة الحقلية المائية؛ الرطوبة الطبيعية؛ الرطوبة الهيجروسكوبية العظمى للتربة؛ ورطوبة حد الذبول. تمتاز تربة القطاع المدروس بأنها غضارية رملية، رملية، ورملية غضارية، كثافتها الظاهرية مرتفعة في الآفاق السطحية ومنخفضة في الآفاق تحت السطحية، بينما تزداد كثافتها الحقيقية مع زيادة العمق، وتتراوح السعة الحقلية المائية لها بين % (20-30) من حجم التربة، ويوجد علاقة بين الرطوبة الهيجروسكوبية للتربة والتركيب البنائي لها. يوصي البحث بوضع نظام إدارة متكامل للتربة، ودمج تكنولوجيا استشعار التربة والمقاييس المورفولوجية الرقمية في الدراسات والأبحاث القادمة.

الكلمات المفتاحية: خصائص فيزيائية، النفوذية، السعة الحقلية، الرطوبة الطبيعية، حوض الفرات.

* أستاذ - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. alhayeks66@gmail.com

** مدرس - قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. kinanraee@gmail.com

Evaluation of the Physical-aqueous Properties of Agricultural Soils in the 3rd Sector of the Lower Euphrates Basin – Syria

Dr. Sharif Badr HAYEK*

Dr. Kinan Jamal RAEI**

(Received 7 / 3 / 2021. Accepted 16 / 8 / 2021)

□ ABSTRACT □

The third sector is located on the right bank of the Euphrates River southeast of town Deir-Alzour, and its square 317 km², it is bounded on the northeast by the Euphrates River, and on the southwest by a cliff of Paleogene rocks.

This research aims to evaluate the important Physical-aqueous properties of agricultural soils in the 3rd Sector of the Lower Euphrates Basin: soil texture; bulk density; real density; porosity; constructional composition; retention capacity; moisture of soil; maximum hygroscopic moisture of the soil and wilting point.

The soils of the sector are clayey sand, sandy, and sandy clay, and it has high bulk density in surface horizons and is low in the upper part of subsurface soil, while the real density is increasing with increased depth, its retention capacity ranges between (20-30)% of the volume of soil. There is a relationship between hygroscopic moisture of soils and its structural composition.

The research recommends establish an integrated management system for soil, and integrating soil sensing technology and digital morphological scales into future studies and researches.

Keywords: Physical-aqueous properties, permeability, field capacity, natural humidity, Euphrates Basin.

* Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. Email: alhayeks66@gmail.com

** Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria. kinanraee@gmail.com

مقدمة:

تختلف خصائص التربة وذلك تبعاً لنوعها، ومن أهم تلك الخصائص: لون التربة؛ حجم الحبيبات؛ درجة تماسك التربة؛ المسامية؛ النفوذية؛ التهوية؛ الخصوبة؛ ومدى ملاءمة التربة للزراعة. يوجد علاقة وثيقة بين الجيولوجيا والبيدولوجيا. إذ تتعامل البيدولوجيا في المقام الأول مع نتائج التجوية السطحية، بينما تهتم الجيولوجيا بطابع المادة الأساسية وتوزعها وأصلها. لذلك تعد البيدولوجيا دراسة علمية لأصل وخصائص استخدامات التربة، وهي فرع مهم من علوم التربة. لقد أجرت العديد من المؤسسات والشركات دراسات مهمة على ضفتي نهر الفرات، بهدف تصنيف الأراضي وإعداد الدراسات اللازمة لمشروع ري وصرف متكامل لمساحة إجمالية تبلغ 27000 هكتار. اعتماداً على تنفيذ الكثير من التحاليل الكيميائية لعينات التربة، والتجارب الفيزيوكيميائية للعديد من النقاط، وصنفت الأراضي (مروج مروية - أراضي بنية رمادية) اعتماداً على الظروف المناخية للمنطقة، واقتُرِح تنفيذ شبكات صرف للمساحات المتملحة [1، 2]. نقد العديد من الباحثين أبحاثاً متنوعة تتعلق بدراسة خصائص التربة وبعض الجوانب المهمة فيها، وقد شملت تلك الأبحاث: دراسة كلاً من الخصائص المورفولوجية؛ الليتولوجية؛ الفيزيائية؛ الكيميائية؛ والمائية للتربة للوقوف على أسباب تدهورها إضافةً إلى تصنيف التربة ومدى تأثيرها على المحاصيل الزراعية. اعتمدت تلك الأبحاث على تحضير العديد من المقاطع وأخذ العينات منها اعتماداً على الطرائق المتبعة عالمياً، إضافةً لإجراء تحاليل للخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة. بينت النتائج وجود بعض العوامل المؤثرة (الطبوغرافية، الليتولوجية، المورفولوجية، المناخية) على خصائص التربة، وأن تدهور الأراضي يعود لعدة أسباب منها الكثافة الظاهرية المرتفعة وسعة التبادل الكاتيوني المنخفضة، كما تمّ تصنيف التربة حسب كل منطقة. وعلى أساس ذلك تمّ اختيار مواقع مثلى للزراعة، إضافةً لإدخال تكنولوجيا مناسبة من أجل تحسين بناء التربة وتجديد خصوبتها مثل المداورة في زراعة المحاصيل، الإدارة السليمة لمخلفات المحاصيل، فترات البور، إدخال زراعة البقوليات واستخدام الأسمدة ولا سيما الأسمدة غير الحمضية والري بالرداذ للتحكم بكمية المياه وعمق الترطيب [3، 4، 5، 6، 7، 8].

أهمية البحث وأهدافه:

إنّ معرفة الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة يعني فهم سلوك التربة تحت ظروف درجات حرارة وضغط مختلفة، واستناداً لذلك، يتم اتخاذ الإجراءات الضرورية لأغراض الزراعة والبناء. تتبع أهمية البحث من ضرورة تحديد أهم الخصائص الفيزيوكيميائية للتربة الزراعية في القطاع الثالث، الأمر الذي يسهل عملية اختيار المحاصيل المناسبة وطريقة الري المثلى، وبالتالي اختيار نظام الصرف المناسب، تجنباً لحدوث تملح هذه التربة وخروجها من الاستثمار الزراعي. يهدف البحث إلى تقييم أهم الخصائص الفيزيوكيميائية للتربة الزراعية في القطاع الثالث من حوض الفرات الأدنى، ومن أهمها: القوام؛ الكثافة الظاهرية؛ الكثافة الحقيقية للتربة؛ المسامية؛ التركيب البنائي للتربة؛ السعة الحقلية المائية؛ الرطوبة الطبيعية؛ الرطوبة الهيجروسكوبية العظمى للتربة؛ ورطوبة حد الذبول.

طرائق البحث ومواده:

أُجريت تجارب تحديد معدّل الرشح في ظروف الوسط المشبع بالماء تحت تأثير ضاغط مائي ثابت، بطريقة الأسطوانة المضاعفة، حيث استخدمت أسطوانة داخلية قطرها 50 سم وخارجية قطرها 75 سم مع خزان مدرج لتزويد الأسطوانة الداخلية بالماء، ومراعاة المحافظة على ضاغط مائي 5 سم لكلتا الأسطوانتين في تجربة الرشح السطحية و10 سم عند العمق 50 سم مع استمرار التجربة حتى استقرار القراءة ولفترة حوالي ست ساعات.

واعتمد تحديد نفاذية التربة على إجراء تجارب حقلية بطريقة بورشيت Kvp أو بطريقة دوتش (الهولندية) حسب عمق توضع منسوب المياه الجوفية في قطاع التربة. فاستُخدمت طريقة بورشيت في الأتربة التي يقع فيها منسوب المياه الجوفية على عمق يزيد على 200/ سم، واستُخدمت طريقة دوتش في الأتربة التي يقع فيها منسوب المياه الجوفية على عمق أقل من 150/ سم على سطح الأرض. واعتمدت القيم الوسطية لنفاذية التربة.

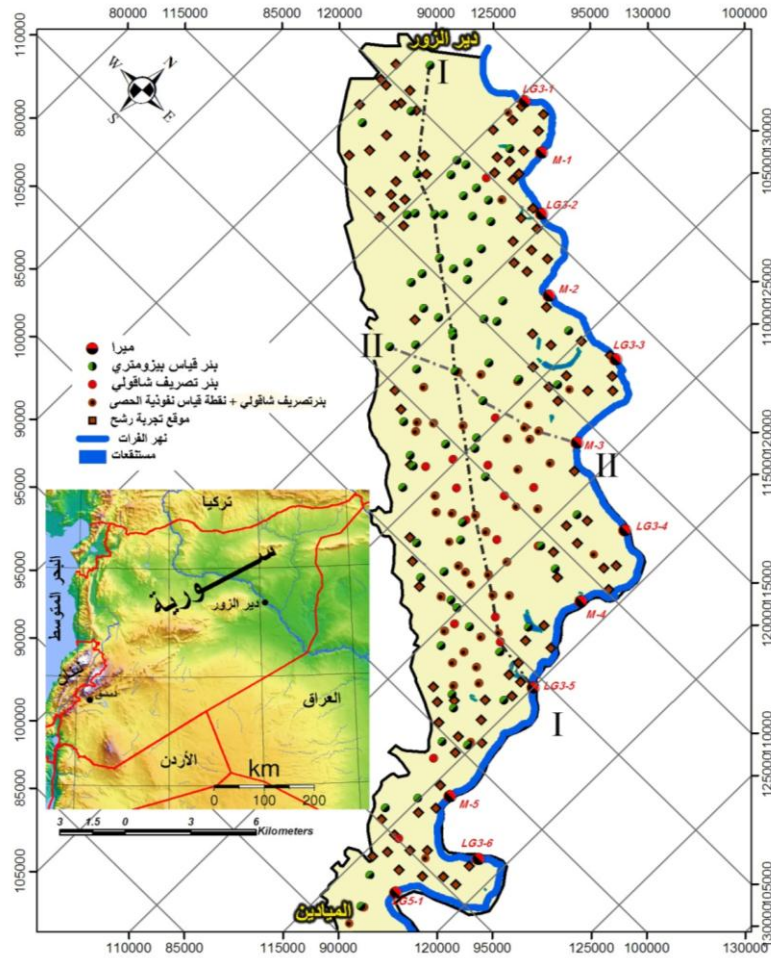
وتمّ تقدير الكثافة الظاهرية حقلياً باستخدام أسطوانة معدنية حسب طريقة العالم كاتشينسكي (بحجم 251 سم³) بمعدل ثلاث مكررات لكل أفق، ولثلاثة أفاق لكل من المقاطع الرئيسية حسب الأعماق التكوينية للتربة في تجارب الرشح بالأسطوانتين. وتمّ تحديد السعة المائية حقلياً بأخذ عينات تربة كل 10/ سم وعمق 1/ م من تجارب الرشح بالأسطوانة المضاعفة ثم وزنها وتجفيفها إلى درجة 105 م حتى الوصول إلى الوزن الجاف للتربة. أما الأتربة الجبسية فقد تمّ تجفيف عيناتها إلى أقل من 65 م. وتمّ حساب الرطوبة الطبيعية بعد تجفيف عينات التربة على حرارة 105 م للأتربة غير الجبسية وعلى حرارة أقل من 65 م للأتربة الجبسية ووزنها، ثم أخذت عينات الرطوبة الطبيعية من المقاطع الرئيسية بهدف حساب الكثافة الظاهرية للتربة الجافة [9].

1. موقع منطقة البحث

يشكّل القطاع الثالث جزءاً من وادي الفرات الأدنى، ويقع على الضفة اليمنى من نهر الفرات جنوب شرق مدينة دير الزور، ضمن حدوده مجموعة من البلدات والقرى، أهمها: جفرة؛ العبد؛ موحسن؛ الطابية؛ الزباري؛ الميادين الشكل (1). وتبلغ مساحة القطاع الثالث 317 كم²، يحده من الشمال الشرقي نهر الفرات، ومن الجنوب الغربي جرف من صخور الباليوجين.

2. الخصائص المناخية والطبيعية Climatic and natural properties

اعتمدت دراسة الخصائص المناخية في المنطقة على معطيات محطات الأرصاد الجوية في دير الزور والميادين الجدول (1)، خلال فترة رصد (1951-2004) في محطة دير الزور، و(1957-2004) في محطة الميادين. تتّصف منطقة القطاع الثالث بمناخ حار وجاف صيفاً، بارد وقليل الرطوبة شتاءً (مناخ المناطق شبه الجافة). ويتضح من الجدول (1) أنّ درجة الحرارة ترتفع في أشهر الصيف (أيار، حزيران، تموز، آب) بينما تنخفض في أشهر الشتاء (كانون الأول، كانون الثاني، شباط)، ويبلغ مجال التغيّر الحراري في المنطقة حوالي 48 °C [2]. تزداد الرطوبة النسبية شتاءً 70-80%، وتتراوح قيمتها بين (83% - 29)، وتتناقص باتجاه الشرق. يبلغ المعدل السنوي للهطل المطري في منطقة الدراسة 110-160 mm، حيث يبدأ الهطل المطري في المنطقة ابتداءً من الشهر العاشر، وتنخفض قيمته بشكل تدريجي في الشهر الرابع، بينما تكون الفترة (حزيران - آب) جافة تقريباً [2].



الشكل (1). مخطط موقع القطاع الثالث وحدوده وتوزيع شبكة الرصد فيه [10].

الجدول (1). القيم الشهرية والسنوية للعناصر المناخية في محطة دير الزور [2].

خط الطول: 34 09 خط العرض: 35 20 الارتفاع فوق سطح البحر: 204 أمتار. فترة الرصد 1951 - 2004

العنصر المناخي	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	السنوي
متوسط درجة حرارة الهواء °C	7	9.1	13.1	18.8	24.5	29.7	32.6	31.4	27.7	21	13.2	8	19.7
متوسط درجة الحرارة العظمى °C	12.4	15.1	19.3	25.5	31.5	36.8	39.8	39	34	29.2	20.4	13.8	26.4
متوسط درجة الحرارة الدنيا °C	0.9	3.5	6.7	11.5	16.8	21.7	24.8	24.3	20	13.7	7.1	3.1	13
درجة الحرارة المطلقة العظمى °C	17.1	21.2	27.3	32.7	41	41	43.8	41.2	40.6	35.5	27	19.3	43.8
درجة الحرارة المطلقة الدنيا °C	-2.8	-1.8	0.59	6.1	11.2	17.1	21.1	20.7	15.2	7.8	0.48	-2.5	-2.8
المتوسط السنوي للهطل المطري (مم)	30.1	27.1	27.3	20.3	9.1	0.3	0.5	0	0.2	6.2	13.9	23.7	158.7
الهطل اليومي الأعظمي (مم/يوم)	36.8	28	59.2	38.3	19.4	3.4	22.2	0	3.8	28.7	25.4	41.3	59.2
متوسط الرطوبة النسبية %	76	69	64	53	47	30	29	31	36	48	66	83	53
متوسط السطوع الشمسي (ساعة/يوم)	5.1	6.4	7.2	8.1	9.9	11.7	12.1	11.6	10.3	8.4	6.9	5.2	8.6
متوسط التبخر الممكن (مم/يوم)	1.3	2.2	3.5	5.6	8.5	13.6	16	13.5	9.2	5.3	2.7	1.4	6.9

تسيطر الرياح الشمالية الغربية في منطقة دير الزور على مدار السنة، بينما تسود الرياح الغربية في معظم شهور العام، عدا بعض الأيام خلال الفترة تشرين الثاني - شباط؛ إذ تهبّ الرياح الشرقية في الجزء الشرقي من القطاع الثالث، ويبلغ متوسط سرعة الرياح في شهري حزيران وتموز 5.4 m/sec في دير الزور، وينخفض شتاءً إلى 2.3 m/sec ، ويبلغ المتوسط السنوي لسرعة الرياح 3.3 m/sec . وتهبّ رياح ذات سرعات كبيرة تثير الغبار في أحيان كثيرة، خاصةً رياح الخماسين في بداية الربيع، التي تسبّب عواصف غبارية شديدة جداً، تصيب المحاصيل الزراعية بأضرار كبيرة [2].

يبلغ المعدل السنوي للتبخّر من سطح الماء الحر $2500-3100 \text{ mm}$ ، حيث يتناقص التبخّر خلال فصل الشتاء (أقل من 1.5 mm) ويزداد صيفاً ($13 - 15 \text{ mm}$). إنّ ارتفاع درجات الحرارة صيفاً يترافق بارتفاع حاد لقابلية التبخّر، ونقص كبير لرطوبة الهواء، ورياح شديدة، تؤدّي جميعها إلى نقص شديد في رطوبة التربة، الأمر الذي يجعل الري بمعدلات عالية ضرورياً في فصول الربيع والصيف والخريف لتأمين الرطوبة اللازمة لنمو النباتات، ممّا يسبّب زيادة تملح التربة.

3. الجيومورفولوجيا Geomorphology

تشكّل حركة مياه نهر الفرات في الجزء العلوي منه سريراً النهر ومصطبته العلوية، وتتغمر أراضي المصطبة الأولى بالمياه في أثناء فترة فيضانات النهر. وتتراوح ارتفاعات سطح الأرض بين ($194-243 \text{ m}$) فوق سطح البحر. وتعد أراضي القطاع الثالث شبه مستوية، إذ يبلغ ارتفاع المصطبة الأولى فوق سرير النهر $3-8$ أمتار، ويتراوح ميل الأراضي بين ($0.0002-0.0004$)، ونادراً ما يصل إلى ($0.005-0.01$). كما تتشكل بعض المستنقعات وبُرك المياه المالحة في منخفضات متفرقة، التي تلعب دور مصرف طبيعي عندما يكون منسوب المياه فيها أخفض من منسوب المياه الجوفية.

4. الخصائص الجيولوجية والهيدروجيولوجية Geological and Hydrogeological properties

تتكشّف في منطقة البحث التوضعات الرباعية في جوار مجرى نهر الفرات، فتتشكّل المصاطب على ضفتيه. بينما تتكشف رسوبيات البليوسين على حدود القطاع الثالث، من الجهة الجنوبية الغربية الشكل (2) [9، 11].

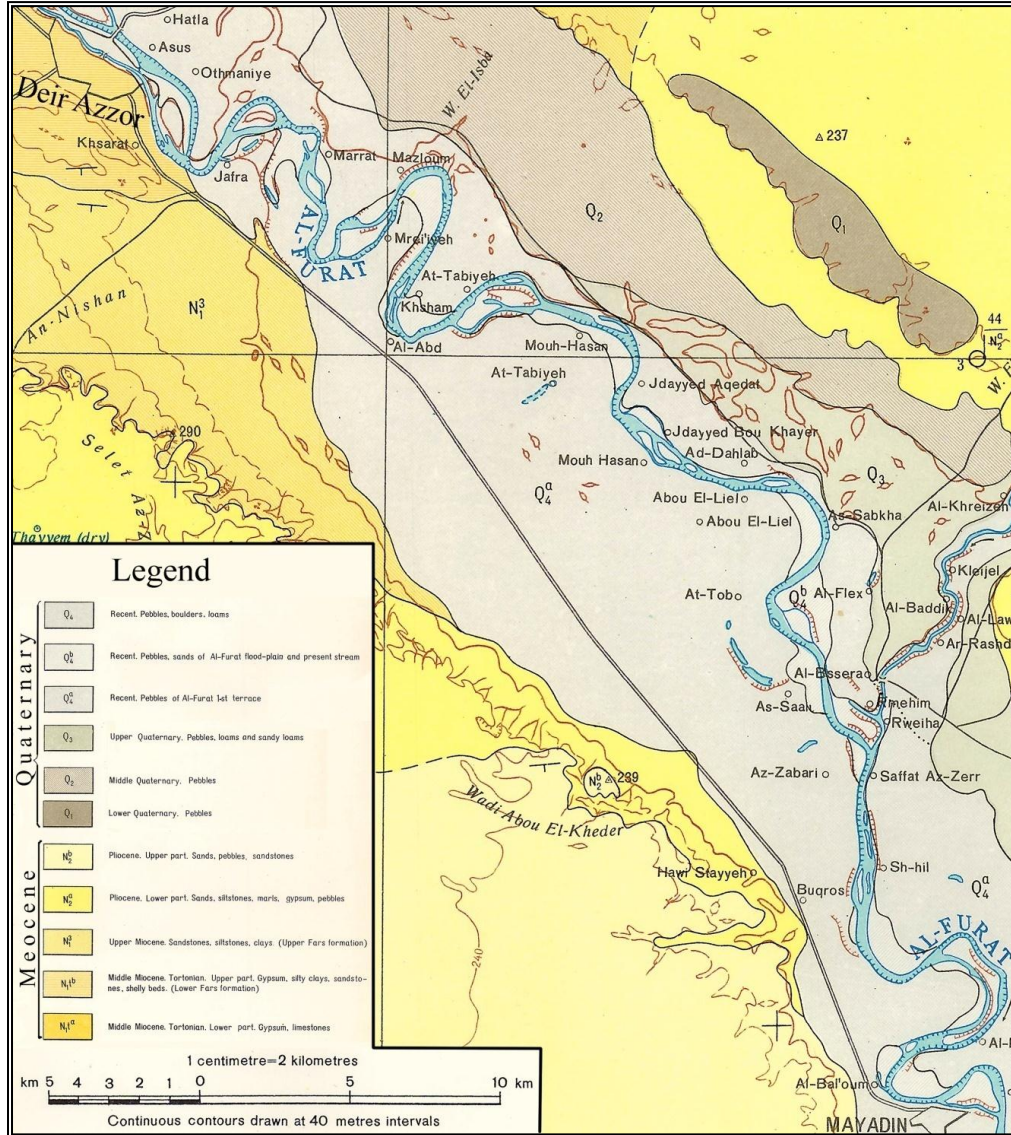
توضعات الرباعي Quaternary

تنتشر هذه التوضعات على مساحة واسعة من المنطقة الشكل (2)، وتتألف من الأليوفيا والبروليوفيا ورسوبيات كيميائية وريحية وكرينات تجمّعية Accumulative وقشرات جصية [9، 11]. تغطي الرمال وغطاء التعرية المترام معظم مساحة القطاع الثالث، بسماكة لا تتعدّى عدة أمتار. ويمكن تمييز مجموعة وحدات ستراتيجرافية (ذات أعمار مختلفة) في توضعات الرباعي الجدول (2).

تنتشر رسوبيات الأليوفيا بكثرة، وتتناقص سماكاتها باتجاه نهر الفرات وطرفي واديه. وتشكّل توضعات الرباعي طبقة حاملة للمياه، تتألف من مستويين: الأول ترب غضارية ورملية متنوّعة بسماكة تتراوح من ($4 - 8$) م ويتصف بنفوذية منخفضة ($0.2-1$ متر/يوم)، والثاني رسوبيات رملية خشنة وحصى تصل سماكته إلى (15) م في مواقع متفرقة ويتميز بنفوذية كبيرة ($200 - 500$ متر/يوم)، تنخفض في بعض المواقع إلى أقل من 20 م/يوم، وتفقد المياه الجوفية ضغطها في طبقة الحصى عندما يتلاشى الغطاء الكتي [9].

تشكّل توضعات البليوسين N_2 طبقة الأساس الغضارية المارلية - الجصية الكتيمة، وهي ذات انتشار إقليمي واسع تحت طبقة الرمال الحصى الحاملة للمياه، وتتوضّع على عمق 15 متراً تقريباً، ابتداءً من سطح الأرض الشكل (3).

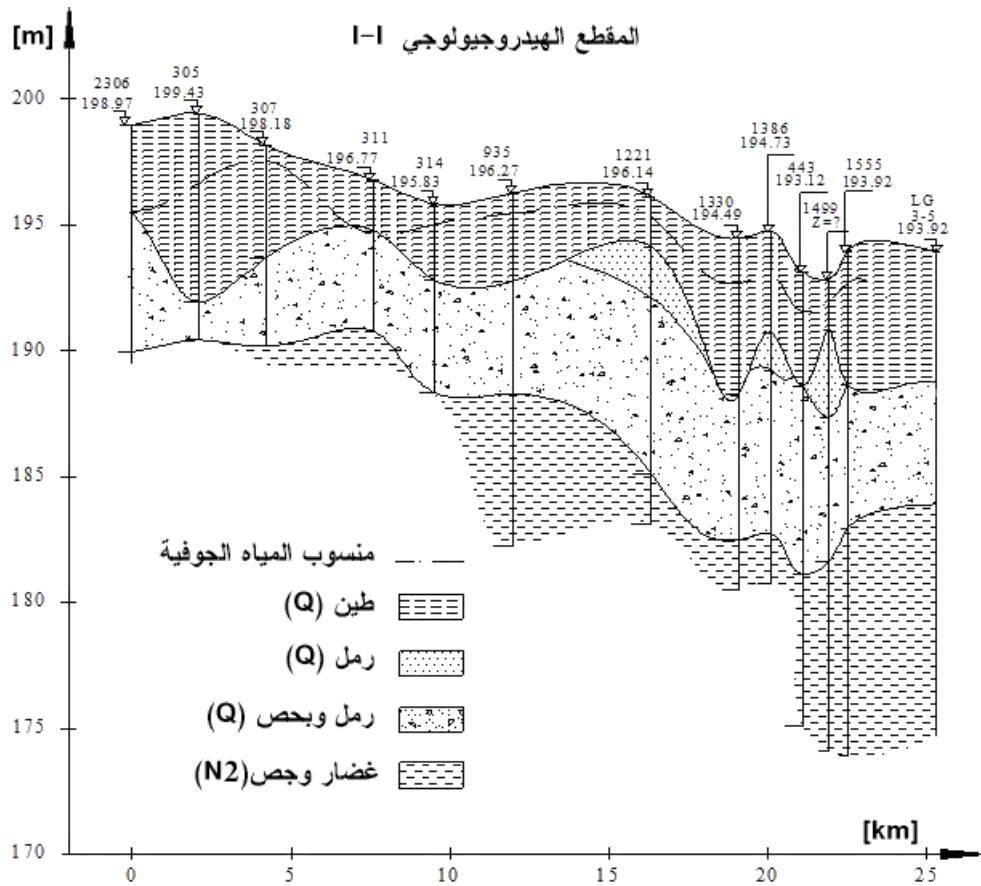
ترتبط الظروف الهيدروجيولوجية والظروف الجيومورفولوجية بعلاقة وثيقة، فيرتفع سطح المياه الجوفية إلى عمق أقل من مترين في المنخفضات المغلقة ذات التوضعات الناعمة، وقد يرتفع سطح المياه الجوفية فيتوضع على عمق حوالي 20 سم من سطح الأرض، ويصل إلى سطح الأرض أحياناً، فتتشكل البرك والمستنقعات، فتعاني هذه الأماكن من مشكلة عجز الصرف، وزيادة التملح.



الشكل (2). الخارطة الجيولوجية لمنطقة القطاع الثالث [12، 13].

الجدول (2). التقسيمات الجيولوجية للرباعي.

نوع التوضعات ومنطقة انتشارها	التقسيمات الجيولوجية
أليوفيال. مصطبة الفرات الرابعة.	Q ₁ - الرباعي الأسفل
أليوفيال. مصطبة الفرات الثالثة.	Q ₂ - الرباعي الأوسط
أليوفيال. مصطبة الفرات الثانية.	Q ₃ - الرباعي الأعلى
أليوفيال. مصطبة الفرات الأولى ومصطبة الفيضان.	Q ₄ - الحديث



الشكل (3). مقطع هيدروجيولوجي I-I في القطاع الثالث [10].

النتائج والمناقشة:

1-5. تقييم الخصائص الفيزيائية للتربة الزراعية في القطاع الثالث

تمَّ تحديد الخصائص الفيزيائية للتربة الزراعية في القطاع الثالث في اللوحات وأرقام العينات الموافقة لكل لوحة والموضحة في الشكل (4):

1-1-5. الصفات الفيزيائية للتربة الزراعية في القطاع الثالث

- القوام Soil texture

تمَّ تحديد قوام التربة حسب طريقة كاتشينسكي، باستخدام الهيدرومتر التي تعتمد على قياس كثافة معلق التربة في أوقات مختلفة باستخدام المكثاف، وهي الطريقة الأكثر شيوعاً والمستخدمه في رسم خرائط التربة، حيث تمَّ الاعتماد على نسبة حبيبات التربة التي يقل قطرها عن 0.01 ملم (طين فيزيائي)، ونسبة الحبيبات التي يزيد قطرها عن 0.01 ملم (رمل فيزيائي). فقد تمَّ تحديد /6/ درجات لقوام التربة، الجدول (3).



1442	1444	1911	1542	1511	1544	1914	1932	1424	1423	1444	رقم اللوحة
32-31	30-27	26-19	18-17	16	15-11	10-6	5	4	3-2	1	أرقام العينات
1934	1931	1933	1822	1913	1543	1541	1514	1532	1513	1531	رقم اللوحة
69-67	66-64	63-62	61-58	57-53	52	51-50	49-46	45-42	41-36	35-33	أرقام العينات
1814	1812	1811	1533	1442	1531	2123	2141	2132	2114	2111	رقم اللوحة
97-94	93-92	91	90-89	88-87	86-83	82-81	80	79-77	76-74	73-70	أرقام العينات
	2132	1844	1842	1533	1422	1441	1841	2132	2112	1934	رقم اللوحة
	115	114	113	112	111-110	109-108	107	106-105	104-99	98	أرقام العينات

الشكل (4). الموقع العام للدراسة الفيزيائية للتربة الزراعية في القطاع الثالث - حوض الفرات الأدنى.

الجدول (3) تصنيف قوام التربة (التركيب الميكانيكي) وفق العالم كاتشينسكي [2].

رمز القوام	التركيب الميكانيكي للتربة	الطين الفيزيائي نسبة الحبيبات التي يقل قطرها عن 0.01 ملم %	تسمية قوام التربة حسب مثلث القوام الأمريكي
1	غضاري	60 <	قوام ناعم SIC-SC-C
2	غضار رملي ثقيل	45 - 60	قوام متوسط ناعم وناعم SIC
3	غضار رملي متوسط	30 - 45	قوام متوسط إلى ناعم SCL-CL-SICL
4	غضار رملي خفيف	20 - 30	قوام متوسط L-SIL-SI
5	رملي غضاري	10 - 20	قوام متوسط إلى خشن LS-SL
6	رملي	5 - 10	قوام خشن S
-	رمل متماسك	< 5	S

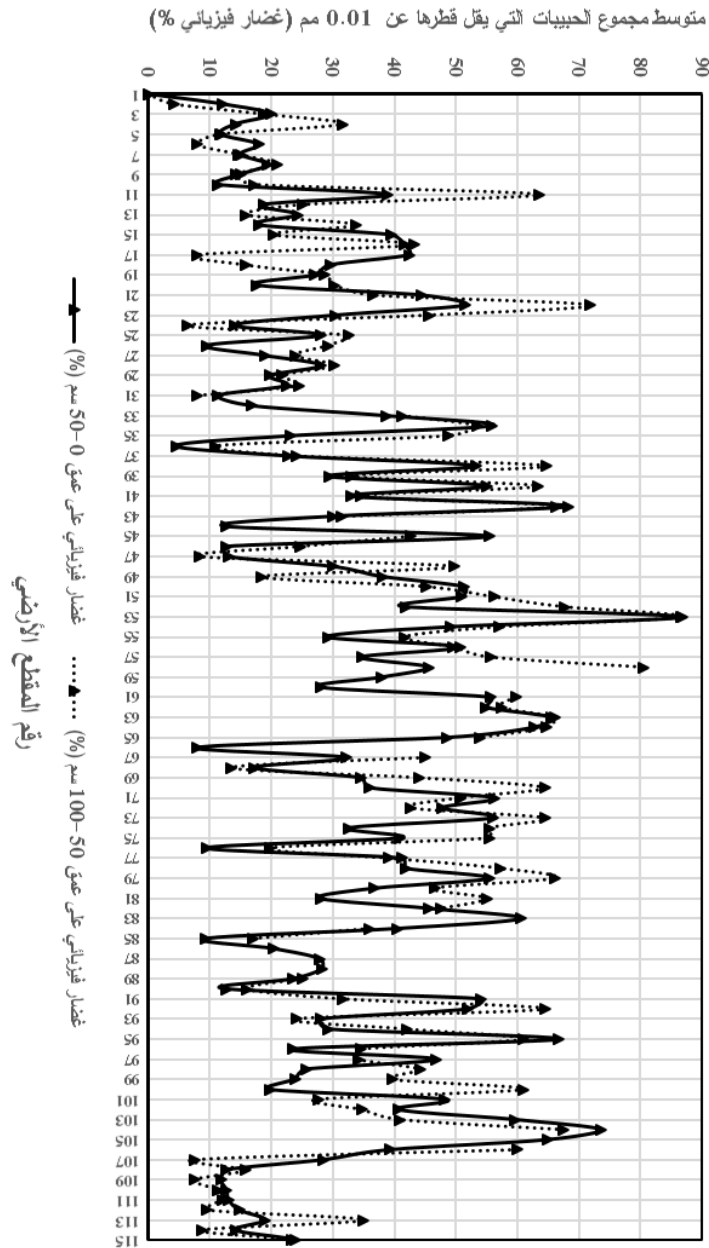
يلاحظ أنَّ معظم أراضي القطاع الثالث لها قوام متوسط، يتراوح بين الغضار الرملي الخفيف والغضار الرملي المتوسط كما في المقاطع رقم (36-42-40-7-48-14-18-20)، وبنسبة أقل يأتي القوام الخفيف (رملي ورملي غضاري) كما في المقاطع (35-43-9-5-113) الشكل (5).

تنتشر الأتربة الخفيفة القوام على حواف نهر الفرات وفي المساحة المضافة للقطاع الثالث الواقعة جنوب غرب القطاع الثالث ذات التكوين السيلي، حيث ترتفع في هذه الأتربة نسبة الحصى لتصل إلى 60%، كما ترتفع نسبة الجبس بشكل واضح في هذه الأراضي.

أما الأتربة الثقيلة القوام التي يتراوح قوامها بين الغضار الرملي الثقيل والغضار فمساحتها أقل من مساحة الأراضي المتوسطة القوام، وتتواجد هذه الأراضي بشكل مساحات متفرقة في الرسوبيات الحديثة وشبه الحديثة كما في المقاطع (41-21-57-52-62-91-94).

لم يُلاحظ فروقات كبيرة في قوام التربة ما بين الأعماق 0-50 سم و 50-100 سم، إلا في حالات قليلة لا تتعدى 9% من إجمالي المقاطع المحللة، وترجع هذه الاختلافات إلى الظروف التي تمت فيها عمليات الترسيب خلال آلاف الأعوام وهي حالات شاذة.

عند مقارنة التركيب الميكانيكي لآفاق التربة المختلفة وجدنا أنَّ قوام التربة الغضاري يزداد كلما اتجهنا بالعمق حيث تبلغ نسبة المقاطع الغضارية القوام 7% من إجمالي المقاطع المحللة في الأفق 0-50 سم، تزداد هذه النسبة لتصل إلى 17% في الأفق 50-100 سم. بينما نلاحظ انخفاض نسبة القوام الخفيف (غضاري رملي خفيف ورملي غضاري) كلما اتجهنا في العمق، حيث تبلغ نسبة الآفاق الخفيفة القوام حوالي 31% من إجمالي المقاطع المحللة في العمق 0-50 سم، وتتنخفض هذه النسبة إلى 26% في العمق 50-100 سم الشكل (5).



الشكل (5). قوام التربة الزراعية في القطاع الثالث - حوض الفرات الأدنى.

- الكثافة الظاهرية Bulk density

وهي كتلة وحدة الحجم للتربة الجافة بوضعها الطبيعي وهي إحدى الصفات الفيزيائية المهمة للتربة. وتتأثر الكثافة الظاهرية بعوامل عديدة منها قوام التربة، عمليات الخدمة للأرض المفككة والمحروثة تحوي فراغات كثيرة حيث تكون كثافتها الظاهرية صغيرة، وعلى العكس فالأراضي والآفاق المندمجة تزداد كثافتها الظاهرية. تميل الأراضي الرملية إلى زيادة كثافتها الظاهرية إذا ما قورنت مع الأراضي ذات القوام الناعم. تم تقدير الكثافة الظاهرية حقلياً باستخدام اسطوانة معدنية حسب طريقة العالم كاتشينسكي بحجم 251 سم³ بمعدل ثلاث مكررات لكل أفق ولثلاثة آفاق لكل من المقاطع الرئيسة حسب أعماق التربة، إضافة إلى تقدير الكثافة الظاهرية في الحالة الرطبة لأربع أعماق (كل 25 سم) في تجارب الرشح بالأسطوانة المضاعفة، الجدول (4).

الجدول (4) تقييم الترب حسب الكثافة الظاهرية (وفق طريقة كاتشينسكي)

تقييم الترب حسب الكثافة الظاهرية	الكثافة الظاهرية غ/سم ³	مواصفات التربة السطحية	مواصفات التربة تحت أفق الحراثة
مخلخلة	1 - 1.1	أراضي مفلوحة (مخلخلة)	-
قليلة التماسك	1.1 - 1.2	قليلة التماسك	-
متماسكة	1.2 - 1.3	أراضي مندمجة (متماسكة)	ضعيفة التراص
متماسكة جداً	1.3 - 1.4	متماسكة جداً - متصلبة	متصلبة (متراصة)
متصلبة	1.4 - 1.6	-	متراصة
شديدة التراص (مندمجة)	1.6 - 1.8	-	مندمجة (شديدة التراص)

يلاحظ أنّ الكثافة الظاهرية في الطبقات السطحية أخفض مما هي في الطبقات العميقة، ويرجع إلى تأثير عمليات الحراثة وخدمة الأرض واحتوائها على المواد العضوية عكس الطبقات الأعمق الأكثر اندماجاً. وهناك حالات شاذة ترتفع فيها الكثافة الظاهرية في الآفاق السطحية كما في المقطعين 104 و 60 لتتراوح بين 1.43 غ/سم³ (المقطع 104) و 1.36 غ/سم³ (المقطع 60)، ويعود السبب في ذلك إلى ترك الأرض بور وعدم حراستها حيث تتراص حبيبات التربة وترتفع كثافتها. كما توجد حالات شاذة أخرى تتخفف فيها الكثافة الظاهرية في الآفاق تحت السطحية كما في المقاطع (35-51-26-93-64-81)، ويعود ذلك إلى أسباب عديدة منها عمليات تشكل الأتربة الرسوبية ووجود طبقات متفاوتة في القوام ضمن مقطع التربة.

تبيّن من نتائج تقدير الكثافة الظاهرية لأفق الحراثة أنّ أخفض قيمة للكثافة الظاهرية بلغت 1.1 غ/سم³ في (المقطع 84) وقوام التربة خفيف، حيث يدل هذا الرقم على أنّ التربة كانت محروثة وقوامها مخلخل إسفنجي.

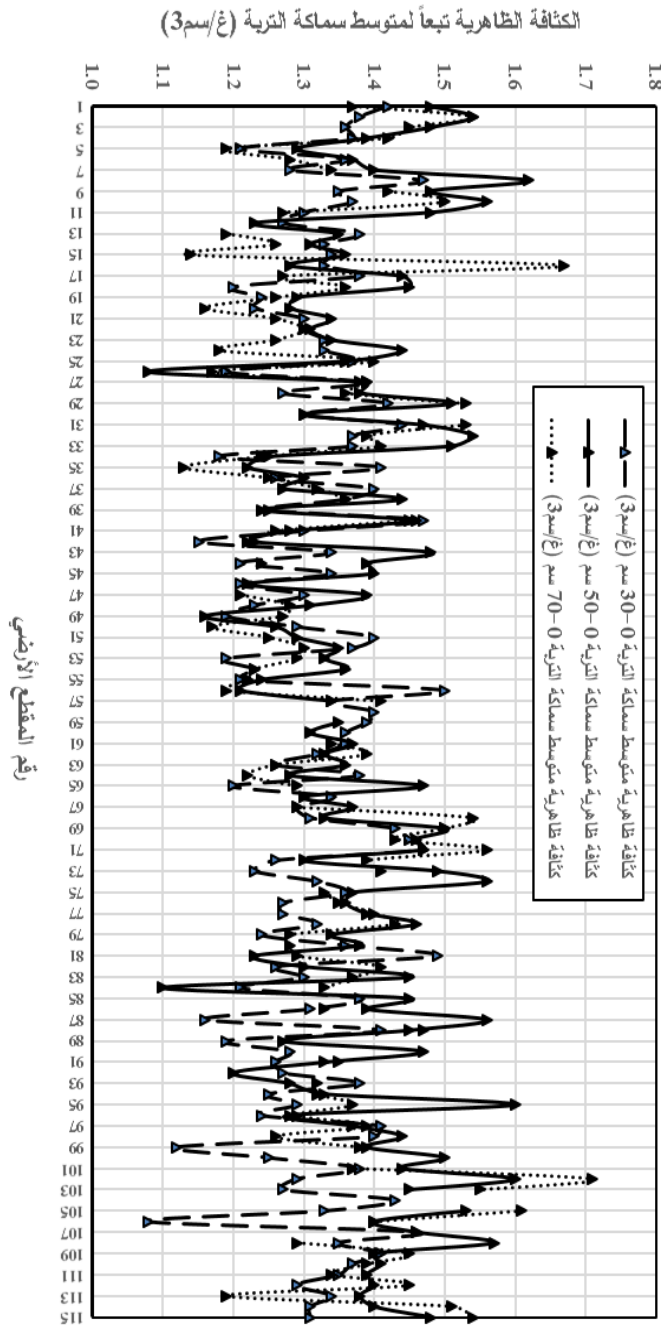
تزداد قيمة الكثافة الظاهرية تبعاً للاستخدام الزراعي للأرض حيث بلغت أعلى قيمة لها 1.71 غ/سم³ في العمق (49 - 72) سم (المقطع 102) وقوام التربة غضاري، حيث تدل هذه القيمة على شدة تراص التربة بسبب عدم خدمتها وانخفاض المادة العضوية وانضغاطها لسير الآليات الزراعية إضافة إلى المواشي أثناء رعيها.

من الملاحظ أنّ الأتربة الخفيفة القوام تكون كثافتها أعلى قليلاً من الأتربة الناعمة، حيث تتجاوز حبيبات هذه الأتربة بشدة نظراً لانتظام سطوحها مما يؤدي إلى زيادة في كثافتها الظاهرية إذا ما قورنت مع الأراضي ذات الحبيبات الناعمة التي لا تتجاوز حبيباتها بنفس الانتظام حيث بلغت هذه القيمة 1.21 غ/سم³ في أفق الحراثة (المقطع 46) وقوام التربة رملي غضاري.

تزداد قيم الكثافة الظاهرية مع العمق وتتراوح بين 1.3-1.71 غ/سم³ كما في المقاطع (102-74-8-40-38-68) بسبب تراص واندماج الآفاق تحت السطحية وثقل الأتربة السطحية واستخدام الآلات الثقيلة وانعدام الحراثة العميقة إضافة إلى غياب المادة العضوية خاصة إذا كانت الآفاق تحت السطحية ثقيلة القوام.

فُدرت الكثافة الظاهرية بالحالة الرطبة حيث لوحظ أنّ الكثافة الظاهرية بالحالة الرطبة متقاربة مع الكثافة الظاهرية بالحالة الجافة لكون العينات المأخوذة للكثافة الجافة كانت رطبة لأنها في مناطق مروية.

إنّ لقيم الكثافة الظاهرية للتربة أهمية كبيرة حيث تعبّر عن خواصها الطبيعية كما يمكن الاستعانة بها لحساب مسامية الأرض وحساب كمية مياه الري الشكل (6).



الشكل (6). الكثافة الظاهرية تبعاً لمتوسط سماكة التربة في القطاع الثالث - حوض الفرات الأدنى.

- الكثافة الحقيقية للتربة Real density

ويُعبّر عنها بكتلة المادة الصلبة حيث تتأثر هذه الكتلة بنوعية المعادن التي تكونت منها الأرض واحتواء التربة على المادة العضوية حيث تقلّ كتلة المادة العضوية بكثير عن كتلة الحجم المماثل لها من أيّة مادة معدنية لذلك نلاحظ نقص الكثافة الحقيقية في الطبقات السطحية عن الطبقات الأعمق للأراضي. تختلف الكثافة الحقيقية باختلاف المعادن التي تكونت منها التربة، إذ أنها متوسط كثافات المواد المكونة لحبيبات التربة، وعلى هذا يمكن القول أنّ نعومة وخشونة المواد المعدنية ليس لها تأثير على الكثافة الحقيقية.

تُعدّ الكثافة الحقيقية من الصفات الفيزيائية المهمة إذ تُستخدَم في حساب مسامية التربة وعند حساب التركيب الميكانيكي للتربة. وقُدِّرت الكثافة الحقيقية باستخدام مقياس الكثافة (البيكومتر) ولجميع أفاق مقاطع التربة الرئيسة. تتغير قيم الكثافة الحقيقية ما بين 2.59 - 2.74 غ/سم³، إلا أنّ معظم هذه القيم تقع ضمن 2.69 - 2.73 غ/سم³ كما تتغير هذه القيمة ضمن المقطع الواحد حيث تزداد بزيادة العمق، كما في (المقطع 71)، فتبلغ في الطبقة السطحية 2.70 غ/سم³ وترتفع هذه القيمة لتبلغ 2.73 غ/سم³ بعمق 100/سم ومن البديهي أنّ هذه القيمة لا تتأثر بقوام التربة وليس للعمليات الزراعية أي تأثير عليها.

- المسامية Porosity

هي الجزء الذي يشغله الماء والهواء من التربة وتشير إلى مدى تحبب واندماج الأراضي كما أنّ لقوام التربة تأثير واضح على المسامية، فتزداد هذه القيمة في الأراضي الثقيلة عن الأراضي الخفيفة كما تتأثر بالعمق حيث تقل المسامية في الطبقات السفلية المندمجة. واستخدمت المعادلة الآتية لحساب المسامية الكلية:

$$\text{المسامية الكلية \%} = \left[\frac{\text{الكثافة الحقيقية} - \text{الكثافة الظاهرية}}{\text{الكثافة الحقيقية}} \right] \times 100$$

$$P = \left(1 - \frac{\rho}{\gamma} \right) \times 100$$

ولحساب المسامية الهوائية استخدمت المعادلة الآتية:

$$\text{المسامية الهوائية \%} = \text{المسامية الكلية} - \text{السعة الحقلية المائية}.$$

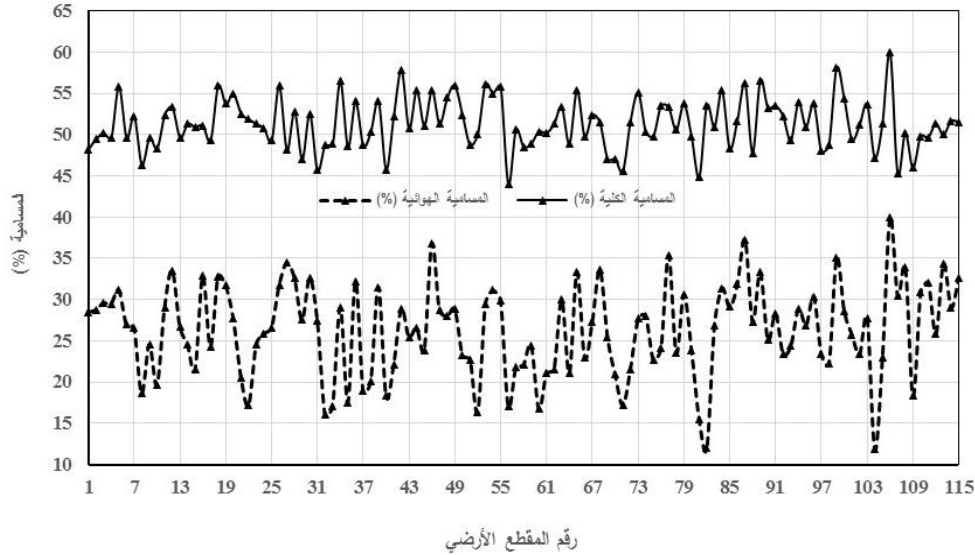
ويقصد بالمسامية الهوائية حجم المسام المشغولة بالهواء من حجم التربة عند رطوبة السعة الحقلية المائية. حيث يجب أن لا تقل المسامية الهوائية عن 10% من حجم التربة حتى لا تسبب أضراراً فادحة للمحاصيل ويجب خلخلة التربة بالحرثة وإضافة الأسمدة العضوية وزراعة محاصيل مختلفة في أعماق جذورها عند انخفاض مسامية التهوية عن 10% الجدول (5).

إنّ جميع المقاطع وجميع الأفاق في القطاع الثالث الشكل (7) مساميتها الهوائية جيدة وتتراوح بين (11.0 - 35.5%). إذ أنّ تمدد التربة وانتفاخها بعد عملية الري صفة فيزيائية معروفة خاصة في الأتربة الثقيلة، كما أنّ معادن الطين (خاصةً المونتوريللونيت والكاولينيت)، المكونة من صفائح السليكات والألمنيوم التي تسمح بدخول جزيئات الماء بين هذه الصفائح، مما يؤدي إلى زيادة المسافات بينها (بين الصفائح) حيث يتضاعف حجم جزيء الطين (المونتوريللونيت) عدّة أضعاف، كما يلاحظ ازدياد حجم التربة الكلي في طور الابتلال، وحسب نتائج أجريت في سهول حلب الجنوبية لوحظ ازدياد في حجم التربة (خاصةً الأتربة الثقيلة) بمعدل من (20 - 25%) بعد الابتلال، وقد يرجع ذلك أيضاً إلى وجود بعض الهواء الذي يبقى محصوراً في المسام بعد الترطيب [9].

الجدول (5) تقييم الترب حسب المسامية الكلية (وفق كاتشينسكي)

المسامية الكلية للتربة	تقييم المسام
> 50	مسامية جيدة جداً
50-45	مسامية جيدة
45-40	مسامية مقبولة
40-30	مسامية غير مقبولة
30 >	مسامية سيئة جداً

وبشكل عام يلاحظ تشقق الأتربة الثقيلة بعد الجفاف مما يؤكد انفصالها بعد الري ونظراً لعلاقة المسامية بقوام واندماج وتحبب الأراضي فإنّ النتائج المتحصل عليها تشير إلى انخفاض قيمة المسامية الهوائية في الأتربة الناعمة القوام، وتصل قيمتها إلى %17.6 . بينما في الأراضي الخفيفة تزداد هذه القيمة إلى %28.9 . وتتنخفض قيمة المسامية الكلية في الآفاق تحت السطحية بسبب تراص آفاقها وتتراوح بين (%40 - 55.7) حيث تعتبر مقبولة إلى جيدة جداً. تؤدي عملية الري إلى تمدد في التربة، وينتج عن ذلك ازدياد في سعة المسافات البينية بينما جفاف التربة يؤدي إلى نقص المسافات البينية لها.



الشكل (7). المسامية الكلية والهوائية للتربة الزراعية في القطاع الثالث - حوض الفرات الأدنى.

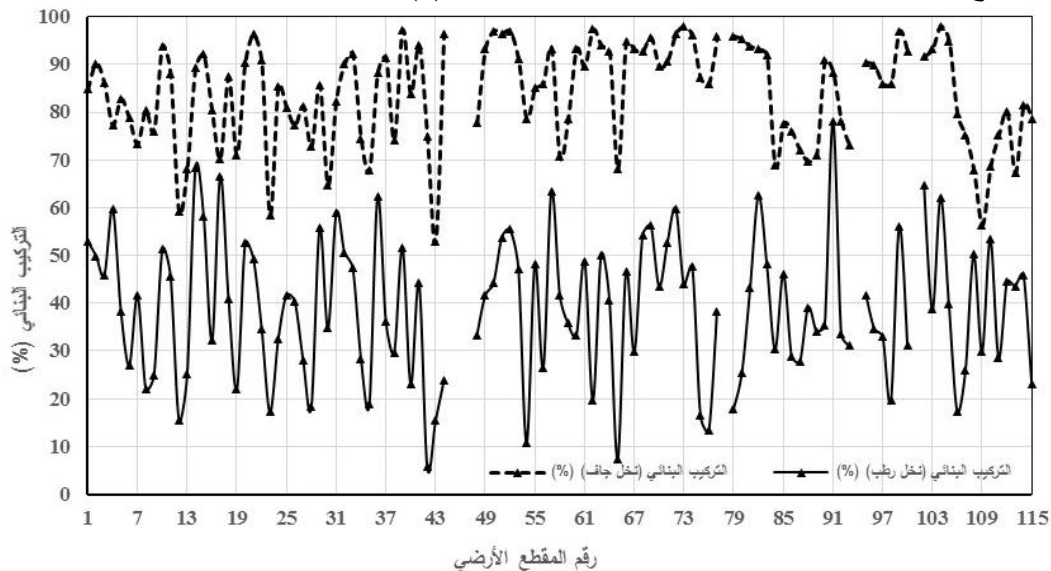
- التركيب البنائي للتربة **constructional composition**

بناء التربة هو نظام ترتيب الحبيبات الفردية والمركبة، الذي يؤثر على خواص التربة من حيث حركة الماء، حرارة الأرض وتهويتها، الكثافة الظاهرية والمسامية. ترتبط الحبيبات الفردية في وحدات بنائية مركبة تسمى (مجمعات التربة). يتأثر بناء التربة بعدة عوامل أهمها قوام التربة، فالأتربة الرملية عديمة البناء Structureless لكون حبيبات الرمل كبيرة الحجم ولا يمكن للمواد الرابطة (عضوية أو غروية معدنية) جمع وربط هذه الحبيبات. يتوقف ثبات البناء على نوع المادة الرابطة التي تربط حبيبات التربة وعلى حجم هذه الحبيبات، فعند نخل هذه التربة تحت الماء فإنّ قسم من هذه المجمعات لا تتحطم بل تبقى كما هي وتسمى مجمعات ثابتة Stable aggregates . بهدف تقييم بناء التربة ومدى مقاومة تجمعاتها للماء عند وضعها تحت الري تمّ تحديد قيمة التركيب البنائي للتربة مخبرياً للآفاق الثلاثة الأولى من كل مقطع رئيس باستخدام مناخل متعددة في الحالة الجافة وفي الحالة الرطبة (بطريقة سافينوف)، حيث تمرّر عينة التربة عبر مناخل أقطار فتحاتها (5-2-1-0.5-0.25) مم وتتخلّ بالماء عدة مرات ثم تفرغ محتويات كل منخل في جفنة لتجفف على حرارة 105 م وتوزن، أما العينات الجبسية فتتمّ تجفيفها على حرارة أقل من 65 م°. تبين نتائج التحليل البنائي عند النخل الجاف أنّ حوالي 96% من مجمل العينات تتميز ببناء ممتاز و 4% اعتبرت ضمن البناء السيئ لأفق الحراثة.

تغير الوضع بشكل حاد عند النخل الرطب حيث لم تتجاوز نسبة التجمعات المقاومة للماء والتي تزيد أقطارها عن 0.25 ملم لتصل إلى 21.5% من مجمل المقاطع والتي يمكن اعتبارها ذات بناء جيد مقاوم للماء ووصلت هذه النسبة إلى 41.8% والمعتبرة ضمن البناء غير المقبول والسيء.

وقد لوحظ أنّ نسبة 3.8% فقط ذات بناء ممتاز كما في المقاطع (36-91) وأنّ 7.6% ذات بناء سيئ كما في المقاطع (62-106-75-79-42). تمّ حساب عامل البنائية للنخل الجاف حسب المعادلة الآتية:
 عامل البنائية = مجموع التجمعات المتوسطة (من 0.25 إلى 10 ملم) / مجموع التجمعات الدقيقة والكبيرة (أصغر من 0.25 + أكبر من 10 ملم).

حيث تبين أنّ 29% من مجمل المقاطع التي جرى تحليل بنائي لها في القطاع الثالث بلغ عامل البنائية فيها أقل من 5% وأنّ 29% أيضاً من مجمل المقاطع تراوح معدل عامل البنائية فيها بين 5 - 10، وهناك 23.6% تراوح معدل عامل البنائية فيها بين 10 - 20، وأنّ 18.4% من المقاطع زاد معدل البنائية فيها عن 20 أي أنّ 71% من مجمل المقاطع يزيد فيها معامل البنائية للنخل الجاف عن 5 الشكل (8).



الشكل (8). التركيب البنائي للتربة في القطاع الثالث - حوض الفرات الأدنى.

2.1-5- الصفات المائية للتربة Water properties of soil

أجريت التجارب الحقلية الآتية لتحديد الصفات والخصائص المائية للتربة:

- السعة الحقلية المائية Retention capacity

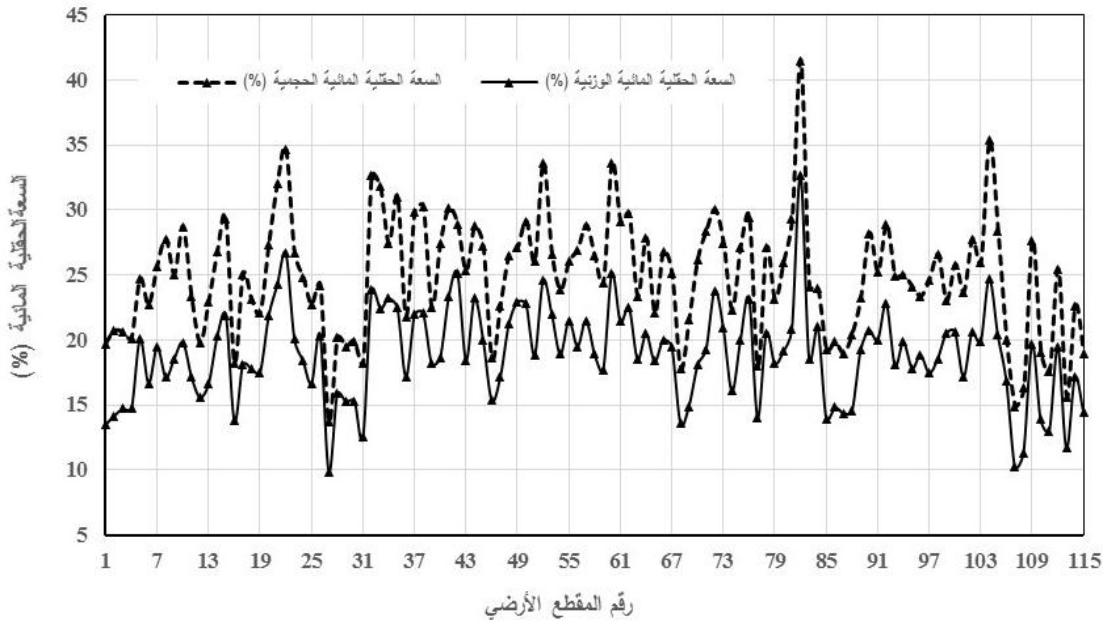
سعة احتفاظ التربة بالماء هي حجم الماء الموجود في المسامات البينية الذي تحتفظ به التربة، ويعد كمخزون مفيد و متاح للنباتات ويساعد المصمم في تحديد معدل الري العملي.

تمّ تحديد السعة المائية حقلياً بأخذ عينات تربة كل 10/ سم ولعمق 1/ م من تجارب الرشح بالأسطوانة المضاعفة ثم وزنها وتجفيفها إلى درجة 105 م حتى الوصول إلى الوزن الجاف للتربة، كما جففت العينات الجبسية بدرجة حرارة أقل من 65 م°.

نلاحظ زيادة مخزون التربة من المياه عند رطوبة السعة الحقلية بزيادة محتواها من الغضار الفيزيائي وبالتالي انخفاض معدل الري. ويعود ذلك إلى أنّ التربة الثقيلة القوام تحتفظ بكميات أكبر من الماء المتاح والتي تستطيع أن تمد به

المحاصيل حيث بلغت نسبة المقاطع التي تزيد فيها السعة الحقلية الحجمية عن 30% حوالي 10.4% من مجموع المقاطع الرئيسية البالغ عددها 115/ مقطعاً كما في المقاطع (82-104-22-32-60-41-35)، بينما انحصرت السعة الحقلية الحجمية المنخفضة (أقل من 20% من حجم التربة) ضمن الأراضي الخفيفة القوام حيث بلغت نسبتها 15.6% من مجموع المقاطع الرئيسية كما في المقاطع (110-111-27-29-30-107)، وهي الأراضي الواقعة في جنوب غرب القطاع الثالث خاصة ضمن المساحة المضافة والمصنفة ضمن الدرجة الرابعة. معظم أراضي القطاع الثالث ذات سعة حقلية مائية حجمية تتراوح بين (20 - 30%) من حجم التربة فقد بلغت المقاطع الرئيسية التي تقع السعة الحقلية ضمن المجال المذكور حوالي 73.9% من مجمل المقاطع الرئيسية. إن انخفاض السعة الحقلية المائية الحجمية في أتربة القطاع الثالث يعود إلى انخفاض محتوى التربة من الطين الفيزيائي الذي لا تزيد نسبته في معظم الأحوال عن 70% وفي حالات نادرة تصل نسبته إلى 87% إضافةً إلى ذلك فإن نسبة الحبيبات التي يقل قطرها عن (0.001) ملم (غرويات) منخفضة في معظم الأحوال وتتراوح بين (39% - 1.6) من مجموع الحبيبات، أمّا في الأراضي المتوسطة والخفيفة القوام فتتخفص نسبة الطين التي يقل حجم حبيباتها عن (0.001) ملم لتتراوح بين (7% - 1) من مجموع الحبيبات.

هناك حالات شاذة حيث ترتفع السعة الحقلية المائية بشكل لا يتماشى مع قوام التربة ولعدد محدود من المقاطع كما في المقاطع (42-75-84-34-115) ولم تستخدم هذه النتائج في تقييم الدراسة، وأحياناً ترتفع هذه القيمة لأفق أو أفقين في المقطع كما في المقطعين (12-76)، وقد يعزى ذلك إلى ارتفاع في نسبة الغرويات في التربة الشكل (9).



الشكل (9). السعة الحقلية المائية للتربة في القطاع الثالث - حوض الفرات الأدنى.

الرطوبة الطبيعية Moisture of soil -

وهي مقدار الرطوبة الموجودة في التربة وقت أخذ العينة. تمّ حساب هذه الرطوبة بعد تجفيف عينات التربة على حرارة 105 م° للأتربة غير الجبسية وعلى حرارة أقل من 65 م° للأتربة الجبسية، ووزنها في مخبر الشركة بدير الزور. أخذت عينات الرطوبة الطبيعية من المقاطع الرئيسية بهدف حساب الكثافة الظاهرية للتربة الجافة الشكل (10).

الرطوبة الهیغروسكوبیة العظمی للتربة Maximum hygroscopic moisture of the soil

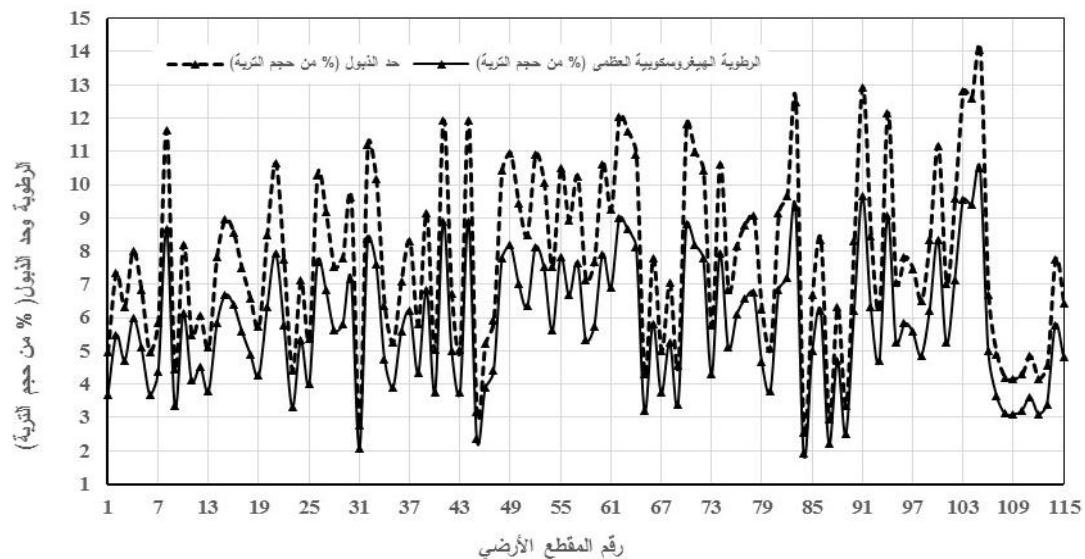
قدرت هذه الرطوبة مخبرياً بوضع عينات من التربة داخل وعاء محكم الإغلاق (أكسيكاتر) ومشبع بالرطوبة لمدة (12-18) يوماً وتمّ تحديد وزن هذه العينات دورياً حتى يثبت الوزن، ومن ثمّ تجفف هذه العينات في الفرن على حرارة 105 م° للأتربة غير الجبسية وعلى حرارة أقل من 65 م° للأتربة الجبسية وتحسب كمية الرطوبة التي احتفظت بها التربة. لوحظ ارتفاع الرطوبة لبعض العينات بشكل غير طبيعي بسبب احتوائها على كمية من أملاح كلور الكالسيوم والمغنسيوم الشرهة جداً للماء مما استدعى غسل هذه العينات وإعادة تقدير الرطوبة الهیغروسكوبیة، واستخدمت قيم هذه الرطوبة لحساب نقطة الذبول.

تراوحت قيم الرطوبة الهیغروسكوبیة بين (1.8 - 9.1%)، وهناك حالات قليلة ارتفعت فيها الرطوبة إلى (13.2%) بسبب ارتفاع نسبة الطين الفيزيائي وخاصة الحبيبات الأصغر من 0.001 ملم (غرويات).

ملاحظة: يعزى عدم تطابق نتائج الرطوبة الهیغروسكوبیة لبعض المقاطع مع القوام لوجود أملاح منحلة في التربة.

رطوبة حد الذبول Wilting point

تمّ تحديد رطوبة حد الذبول حسابياً كما يلي: رطوبة حد الذبول = الرطوبة الهیغروسكوبیة العظمی للتربة $\times 1.34$. يلاحظ أنّ أخفض قيمة لرطوبة حد الذبول بلغ 3.62% (المقطع 828) وأعلى رقم كان 14.5% (المقطع 65 في طبقة الحرارة). إنّ العلاقة وثيقة بين رطوبة حد الذبول والتركيب الميكانيكي للتربة فعندما يكون التركيب الميكانيكي للتربة ثقيلاً (غضاري - غضار رملي ثقيل) يلاحظ أنّ رطوبة حد الذبول تتراوح بين (9 - 14%) كما في المقاطع (105-102-63-62-52-21) وعلى عكس ذلك نلاحظ انخفاض هذه القيمة بشكل واضح في الأراضي خفيفة القوام (رملي - رملي غضاري) حيث تتراوح هذه القيمة بين (6.4% - 4.18) كما في المقاطع (9-89-108-107-115). تبين وجود علاقة خطية بين نقطة الذبول والسعة الحقلية المائية الحجمية وأنّ هذه العلاقة تزداد بازدياد نسبة الغضار الفيزيائي في التربة لتصل إلى مرحلة توازن في الأتربة التي قوامها غضار رملي متوسط، بعدها تنخفض هذه العلاقة لتصل إلى 39.6% في الأتربة الغضارية، وهذا يعني ازدياد كمية الماء المفيد للنباتات الذي تحتفظ به التربة.



الشكل (10). الرطوبة الهیغروسكوبیة العظمی وحد الذبول للتربة في القطاع الثالث - حوض الفرات الأدنى

الاستنتاجات والتوصيات:**الاستنتاجات:**

1. إن قوام التربة بين الغضار الرملي الخفيف والغضار الرملي المتوسط، وبنسبة أقل يأتي القوام الخفيف (رملي ورمل غضاري).
2. ترتفع الكثافة الظاهرية للتربة في الآفاق السطحية، بسبب ترك الأرض بور وعدم حراستها حيث تتراص حبيبات التربة وترتفع كثافتها. بينما تتخفض الكثافة الظاهرية في الآفاق تحت السطحية، ويعود ذلك إلى عمليات تشكل الأتربة الرسوبية ووجود طبقات متفاوتة في القوام ضمن مقطع التربة.
3. تتغير قيم الكثافة الحقيقية ما بين 2.59 - 2.74 غ/سم³، وتزداد بزيادة العمق.
4. تتخفض قيمة المسامية الهوائية في الأتربة الناعمة القوام، بينما تزداد قيمتها في الأراضي الخفيفة.
5. تتميز مجمل عينات التربة 96% بتركيب بنائي ممتاز، و 4% اعتبرت ضمن البناء السيئ لأفق الحراثة.
6. تتمتع معظم أراضي القطاع الثالث بسعة حقلية مائبة حجمية تتراوح بين 30% - 20 من حجم التربة.
7. يوجد علاقة وثيقة بين رطوبة حد الذبول والتركيب الميكانيكي للتربة، فعندما يكون التركيب الميكانيكي للتربة ثقيلًا (غضاري - غضار رملي ثقيل) يلاحظ أن رطوبة حد الذبول تتراوح بين 14% - 9 ، بينما تتخفض القيمة إلى 6.4% - 4.18 بشكل واضح في الأراضي خفيفة القوام (رملي - رملي غضاري).
8. يوجد علاقة خطية بين نقطة الذبول والسعة الحقلية المائبة الحجمية، وتزداد هذه العلاقة بازدياد نسبة الغضار الفيزيائي في التربة، وتتخفض في الأتربة الغضارية، وهذا يعني ازدياد كمية الماء المفيد للنباتات الذي تحتفظ به التربة.

التوصيات:

1. إجراء حراثة عميقة للتربة تصل إلى 90 سم لكسر الطبقات الكتيمة، وخلخلة التربة، وتحسين نفاذيتها.
2. استخدام الري بالريزاد حيث يمكن التحكم بكمية المياه وعمق الترطيب.
3. اتباع الطرائق السليمة في الزراعة، للمحافظة على التربة وزيادة إنتاجها من خلال وضع نظام إدارة متكامل للتربة.
4. دمج تكنولوجيا استشعار التربة في الدراسات والأبحاث للحصول على وفرة في البيانات والمعلومات، إضافة لاستخدام المقاييس المورفولوجية الرقمية في تحليل ورسم خرائط ملامح التربة وتوصيفها في الموقع.

References:

1. "TECHNOPROM EXPORT SOVIET" Corporation. *A general study of the left bank lands of the lower Euphrates basin – Folders*. Al-Raqqah, 1962.
2. "AGROCOMPLECT Plc. and G-CAT Ltd" Companies. *An integrated irrigation and drainage study for the reclamation project area of 27000 hectares (the lower Euphrates basin – the first zone)*. Al-Raqqah, 2002.
3. HENNAWI, S. ; HABIB, H. *Some pedological and fertility characteristics of soils from Jabal Al-Arab and Horan plain*. Damascus University Journal of Agricultural Sciences, Vol. 29, No. 1, 2013, 239-252.
4. HABIB, H. ; AL-SHIHABI, O. *Improvement of soil physical properties at B'lay area in south Syria to limit land degradation*. Damascus University Journal of Agricultural Sciences, Vol. 28, No. 1, 2012, 15-29.

5. SANTOS, P. ALMEDA, J. SEQUINATTO, L. MIQUELLUTI, D. *Pedological Heterogeneity of Soils Developed from Lithologies of the Piramboia, Sanaga-do-Cabral, and Guara Geological Formations in Southern Brazil*. Revista Brasileira de Ciencia do Solo, 2017; 41:e0160476.
6. TENGA, J. MSANYA, M. SEMOKA, M. ERNEST EMUS and SIBAWAY MWANGO, B. *Pedological Characterization and Classification of Some Typical Soils in Three Agro-Ecological Settings of South-Eastern Tanzania*. International Journal of Scientific & Engineering Research Vol. 9, Issue 2, 2018, 692-702.
7. AL-ZAMLI, SH. *Soil properties and their impact on agricultural production in Al-Muwafaqiyah district*. Wasit Journal for the Humanities, Vol. 16, 2020, 237-262.
8. ROȘCA, S. BILAȘCO, ȘT. FODOREAN, I. VESCAN, I. PETREA, D. PACURAR, I. RUSU, R. *PEDOLOGICAL RISKS IN ROMANIA. PRELIMINARY ANALYSIS*. Riscuri și catastrofe, an XX, Vol. 27, 2020, 33-45.
9. "G-CAT" Company. *Hydrogeological report for the reclamation project of 27000 hectares (the lower Euphrates basin – the first zone)*. Al-Raqqah, 2011, 155.
10. ALASAAD, A. ; ABDELLRAHMAN, A. *Estimating of Groundwater Resources at Euphrates Low Valley- 3rd Sector*. Tishreen University Journal of Research and Scientific Studies – Engineering Sciences Series, Vol. 34, No. 1, (ISSN:2079-3081), 2012, 9-27.
11. HAYEK, SH. *The optimal solution of drainage the excess groundwater in the 7th sector of the lower Euphrates basin-Syria*. Tishreen University Journal of Scientific Studies and Research, Vol. 34, No. 2, (ISSN:2079-3081), 2012, 9-27.
12. Ministry of industry, Department of Geological and mineral research. The geological Map of Syria, scale 1:200000, sheets I-37-XXIII, XXIV. (Deir Azor, Al-Buwara), Explanatory notes, compiled by MEDVEDEV, V. Ya., Editor-in-chief PONIKAROV, V. P. Damascus, 1966, 44.
13. Ministry of industry, Department of Geological and mineral research. The geological Map of Syria, scale 1:200000, sheets I-37-XVII, XVIII.(Abou kamal, Beer El-Allouni) Explanatory notes, compiled by MEDVEDEV, V. Ya., Editor-in-chief PONIKAROV, V. P. Damascus 1966, 43.