

## تقييم نظام المياه الجوفية تحت تأثير تسرب مياه الري في القطاع السابع من حوض الفرات الأدنى - سورية

د. شريف بدر حايك \*

د. ابراهيم صالح يزيك \*\*

(تاريخ الإيداع 2020 / 9 / 14. قُبِلَ للنشر في 2020 / 11 / 17)

### □ ملخّص □

يقع القطاع السابع على الضفة اليمنى لنهر الفرات عند مدينة البوكمال على الحدود السورية-العراقية، وتشكل المياه المتسربة من أعمال الري وأقنية الري فيه، مصادر تغذية للمياه الحرة في المناطق المروية، ولا بد من الحفاظ على الظروف الطبيعية أو إيجاد ظروف اصطناعية مناسبة لنمو النباتات.

يهدف البحث إلى تقييم نظام المياه الجوفية في القطاع المدروس، من خلال دراسة تغيرات أعماق سطح المياه الجوفية في بداية فترة الري وفي منتصفها ونهايتها، لتحديد استجابة أعماق المياه الجوفية لتسرب مياه الري، ومن ثمّ تقدير كمية المياه المتسربة منها، وسرعة تسربها.

إنّ تغيرات أعماق المياه الجوفية متوائمة في طبقتي اللوم والحصى الرملية، ولكن هذه التغيرات تضطرب أحياناً في تبعاً لفروق النفوذية بين الطبقتين. ويلاحظ وجود علاقة ارتباط بين قيم رشح التربة بدون ضاغط مائي والصفات الفيزيائية للتربة، كالقوام والبناء واندماج التربة ومدى خدمة الأرض واستثمارها.

يوصي البحث بضرورة إنشاء شبكة صرف مناسبة تسمح بتخفيض منسوب الماء الأرضي، وإجراء فلاحات عميقة للتربة لخلخلة التربة وتحسين نفاذيتها.

**الكلمات المفتاحية:** نظام المياه الجوفية، عمق المياه الجوفية، مياه الري، سرعة التسرب، حوض الفرات الأدنى.

\* أستاذ - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.  
\*\* مدرس - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## Evaluation the Groundwater Regime under the Influence of Irrigation Water Leakage in the 7<sup>th</sup> Sector of the Lower Euphrates Basin – Syria

Dr. Sharif HAYEK<sup>\*</sup>  
Dr. Ibrahim YAZBEK<sup>\*\*</sup>

(Received 14 / 9 / 2020. Accepted 17 / 11 / 2020)

### □ ABSTRACT □

Sector 7 is located on the right bank of the Euphrates River at the town of Albu Kamal on the Syrian-Iraqi border. Water from irrigation and irrigation canals are feed-in sources of free water in irrigated areas. Natural conditions must be preserved or artificial conditions suitable for plant growth.

The research aims to evaluate the groundwater system in the studied sector, by studying changes in groundwater depths at the beginning, middle and end of the irrigation period, to determine the response of groundwater depths to irrigation water leakage, and then to estimate the amount of water leaking from it, and the speed of its leakage. Changes in groundwater depths are compatible in the loams and sandy gravel layers. However, these changes are sometimes disrupted by the differences of permeability between the two layers. There is a correlation between soil leaching values without a water compressor and the physical characteristics of the soil, such as texture, construction, soil integration and the extent to which the earth is serviced and invested. The research recommends the need to establish an appropriate drainage system that allows for the reduction of the ground water level, and to conduct deep soil erosion to disturb the soil and improve its permeability.

**Keywords:** groundwater system, groundwater depth, irrigation water, leaching speed, lower Euphrates basin.

---

<sup>\*</sup> Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. E-mail: alhayeks66@gmail.com

<sup>\*\*</sup>Assistant Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. E-mail: ibra84914@gmail.com

**مقدمة:**

تشكل المياه المتسربة من أفنية الري، ومن مياه السقاية والمياه الفائضة مصادر تغذية للمياه الحرّة في المناطق المروية، أمّا مصادر التغذية الطبيعية للمياه الحرّة فهي تسرب مياه الهطل المائي والتيارات المائية السطحية والجوفية. وتتعلق موازنة المياه الحرّة بشكل وثيق بالموازنة المائية لصخور منطقة التهوية، وترتبط المياه الحرّة في ظروف هيدروجيولوجية محددة بالمستويات الحاملة للمياه المتوضعة تحت مستوى أساس طبقة المياه الحرّة.

يزداد مردود مشاريع الري عند الحفاظ على الظروف الطبيعية أو إيجاد ظروف اصطناعية مناسبة لنمو النباتات، هذه الظروف الطبيعية أو الاصطناعية هي النظام المائي أو الملحي للترب المروية، ويمكن تحقيق هذه الشروط إذا تمّ استبعاد الدور السلبي للمياه الحرّة، خاصةً التلمح الثانوي (التلمح الناتج من الاستثمار) للتربة، وغرق الأراضي الذي يسببه توضع المياه الحرّة على أعماق قليلة [1].

تلعب المياه الجوفية في المناطق القاحلة- شبه القاحلة أدواراً حاسمة في توفير إمدادات مياه الشرب، ودعم الزراعة المروية، والحفاظ على النظم الإيكولوجية الأرضية المحلية المهمة، ويتحكم عمق المياه الجوفية في توافر المياه للنباتات المعتمدة على المياه الجوفية. وتعتمد منهجيات تقييم هذا العمق البيئي للمياه الجوفية على مدى استجابة حالة الغطاء النباتي، وعتبة محتوى رطوبة التربة [2].

وقد أجرت دراسة في منطقة سهول مقاطعة هبيي في الصين، تقييماً كمياً لتأثير مياه الري الزائدة على نظام المياه الجوفية، مع الأخذ بالحسبان تغذية الهطولات المطرية وإدارة عمليات الري. وتشير النتائج إلى أن السحب من المياه الجوفية قد تم تخفيفه إلى حد ما، تبعاً للتغيرات في هطول الأمطار وفي احتياجات مياه الري، بمساهمات 64.3% و 35.7% على التوالي، مع ضرورة اعتماد تدابير أخرى بالمشاركة مع العاملين المذكورين [3].

ويمكن تحديد أثر استخراج المياه الجوفية في النظم المتعددة لطبقات المياه الجوفية من خلال رصد التغيرات في ضواغط المياه الجوفية مع العمق ومع مرور الوقت، ودراسة تأثيره على تقدير التغذية في نظام المياه الجوفية، الناجم من مساهمات مياه الري. وقد أدى استخراج المياه الجوفية من آبار المياه من راجشاهي باريند في بنغلاديش إلى زيادات كبيرة في الإنتاج الزراعي، المترافق بانخفاض كبير في ضواغط المياه الجوفية. وقد أشار رصد هذه الضواغط على أعماق مختلفة وربطها بالبيولوجيا إلى تشكيل منسوب مياه إضافي في طبقة مياه جوفية بسيطة؛ وهذا يؤدي إلى تصور نظام طبقة المياه الجوفية كوحدين، العلوي والسفلي. ويتم الحصول على تقديرات التغذية المحتملة إلى نظام طبقة المياه الجوفية من رصيد مياه التربة اليومي [4].

وقد أصبح فهم أثر تقلبات المياه الجوفية الضحلة على ملوحة التربة أمراً حاسماً في الأراضي المروية القاحلة، وبالتالي، فإن دراسة الخيارات الممكنة للحفاظ على عمق المياه الجوفية لتحسين إنتاجية الأراضي له أهمية كبيرة. في هذه الدراسة، وفي ظل حالة الري المالحة، تم تحليل آثار عمق المياه الجوفية الضحلة على المياه وديناميات الملح في المنطقة الجذرية لنخيل التمر، من خلال حقل معين ودراسة النمذجة (SWAP) في واحة صحراوية تونسية (واحة ديرجين). تم معايرة النموذج والتحقق من صحته مقابل محتوى مياه التربة المقيسة من خلال منطقة جذر نخيل التمر، وأظهر الاتفاق الجيد بين محتوى مياه التربة المقيس والمقدر أن نموذج المبادلة أداة فعالة لمحاكاة ديناميات المياه والملح بدقة في المنطقة الجذرية لنخيل التمر. وأجريت سيناريوهات متعددة لعمق المياه الجوفية، باستخدام نموذج المبادلة المعايير، لتحقيق العمق الأمثل للمياه الجوفية [5].

ومن خلال تسليط الضوء على العلاقة بين التنمية الزراعية، والأمن الغذائي، والكفاءة الاستخدامية للموارد المائية في الجزائر، وُجد أن الأمن الغذائي مرتبط بقوة بالتكثيف الزراعي وزيادة الإنتاج النباتي محلياً، وهذا يبقى مرهوناً بترشيد وتحسين كفاءة استخدام الموارد المائية التي تعد بمثابة العامل المحدد للتنمية الزراعية المستدامة، والأمن الغذائي على حد سواء. ويعد ضعف كفاءة الاستخدام من أهم أسباب تفاقم أزمة المياه في الجزائر، بسبب الهدر الكبير للموارد المائية في كافة المجالات، خاصة في المجال الزراعي [6].

يبلغ طول حوض الفرات الأدنى 180 كم من حلبية على الضفة اليمنى، وزليبية على الضفة اليسرى لنهر الفرات، إلى الحدود الدولية السورية - العراقية عند مدينة البوكمال، وهو حوض ضيق ومحدود بمناطق جرداء، مساحته الإجمالية 175000 هكتار تقريباً. وتبلغ مساحة المنطقة الأولى على الضفة اليمنى لنهر الفرات 55565 هكتاراً التي قسّمت إلى ثلاث قطاعات (3,5,7). وتبلغ مساحة القطاع السابع المدروس 18140 هكتاراً.

لقد ساهمت عوامل عديدة بخروج مساحات من القطاع السابع من الاستثمار الزراعي، أو انخفاض مردودها الاقتصادي، ومن أهم هذه العوامل: الاستثمار الكثيف لأراضي هذا القطاع، والري بمعدلات كبيرة تزيد عن المقننات المائية المدروسة، إضافةً إلى عدم فعالية الصرف الطبيعي والاصطناعي [7]، الأمر الذي تطلّب تقييم الظروف الهيدرولوجية لمنطقة المشروع، ووضع الحلول المناسبة لها.

### أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى تقييم نظام المياه الجوفية في القطاع السابع من المنطقة الأولى لحوض الفرات الأدنى، من خلال دراسة قياسات أعماق المياه الجوفية في بداية فترة الري وفي منتصفها ونهايتها، لتحديد استجابة أعماق المياه الجوفية لتسرب مياه الري، ومن ثمّ تقدير كمية المياه المتسربة منها، وسرعة تسربها.

### طرائق البحث ومواده:

تمثّل شبكات مراقبة المياه الجوفية، نظاماً للقياس المستمر ومراقبة الوضع الفعلي والحركي للبيئة الجوفية، كما أن مراقبة المياه الجوفية ضرورية من أجل وصف أنظمة المياه الجوفية، ووضع الأسس العلمية والعملية لتحديد التنمية البيئية المستدامة Sustainable environmental development لهذه الأنظمة. وتهدف المراقبة أيضاً إلى تحديد الخواص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه الجوفية [8].

تعتمد دراسة تغيير نظام المياه الجوفية في الأراضي المرورية على شبكة رصد، تتألف من آبار مراقبة تتوزع في المنطقة كلّها، وتُحدّد المسافة بين الآبار حسب مقياس الدراسة، وبما يتناسب مع الظروف الطبيعية والاستثمارية للمنطقة [9]. نُفّذت أعمال رصد مناسيب المياه الجوفية في البيزومتري في عشرة مواقع تحت تأثير الري، وأُجريت القياسات ثلاث مرات يومياً في كل بيزومتر لمدة ستة أيام، وعلى فترتين: في منتصف موسم الري؛ وفي نهاية موسم الري، ولم تتفدّ في بداية موسم الري.

وتم تحديد نفاذية التربة باستخدام طريقة بورشي Porchet Method وهي عبارة عن قياس الزمن أثناء تدفق الماء في حفرة استخدم الأوكر لحفرها لأفق من التربة ذي موصفات معينة (الأكثر كثافة)، حيث أن سطح تسرب الماء المتشكل جانب الحفرة (يشكل جزء أساسي أفقي)، وقاع الحفرة (يشكل جزء أساسي شاقولي).

الأدوات المستخدمة:

- حفارة يدوية (أوكر) بقطر 7سم.
- متر معدني بطول 2 متر للقياس يثبت بجهاز توقيف. يثبت على دعامة ويتصل بفواشة.
- زجاجة أو اسطوانة لنزح الماء.
- قمع بقطر واسع مناسب مع أنبوب مرن بلاستيكي لملء حفرة الأوكر بالماء.
- ساعة قياس.

اتبعت طريقة (إرخوف) في تقدير رشح التربة بدون ضاغط مائي. نفذت هذه التجارب بالقرب من المقاطع الرئيسية وعلى مساحة 4\*4 م<sup>2</sup>، واستخدم لذلك مضخة باستطاعة 1.5/ بار جوي وفالات بقطر 1/3-1 / ملم.

**1.1 موقع منطقة البحث وخصائصها The site of research area and its properties**

تتألف المنطقة الأولى لحوض الفرات الأدنى من ثلاثة قطاعات (3،5،7) تبلغ مساحتها الإجمالية 55565 هكتار، وتمتد بين مدينتي دير الزور والبوكمال عند الحدود السورية - العراقية.

يمتد القطاع السابع على الضفة اليمنى لنهر الفرات لمسافة 38 km من قرية الصالحية وحتى الهري عند مدينة البوكمال على الحدود السورية - العراقية، وتبلغ مساحته 18140 هكتار (الشكل 1-).

يبدأ عرض القطاع السابع عند قرية الصالحية من الشمال بعرض 1 km، ثم يتسع القطاع ليبعد الحد الكتيم عن الضفة النهر بمقدار 5,5 km. ليصل إلى أكبر اتساع له 11 km بعد منتصف القطاع، ثم يقترب بعد ذلك الحد الكتيم ليصل إلى 1,5 km من الضفة النهر. وتتراوح مناسيب الأرض الطبيعية في القطاع السابع بين 168 m عند الضفة نهر الفرات، و200m عند الجرف الصخري، ويشكل القطاع السابع وحدة جيومائية واحدة.

**1.1- الخصائص المناخية والطبيعية Climatic and natural properties**

اعتمدت دراسة الخصائص المناخية والطبيعية في القطاع السابع على المعطيات المناخية من محطات الأرصاد الجوية في البوكمال والبيادين، خلال فترة الرصد (1957 - 2004) في محطة البيادين، و(1959 - 2004) في محطة البوكمال (الشكل 1- [10]).

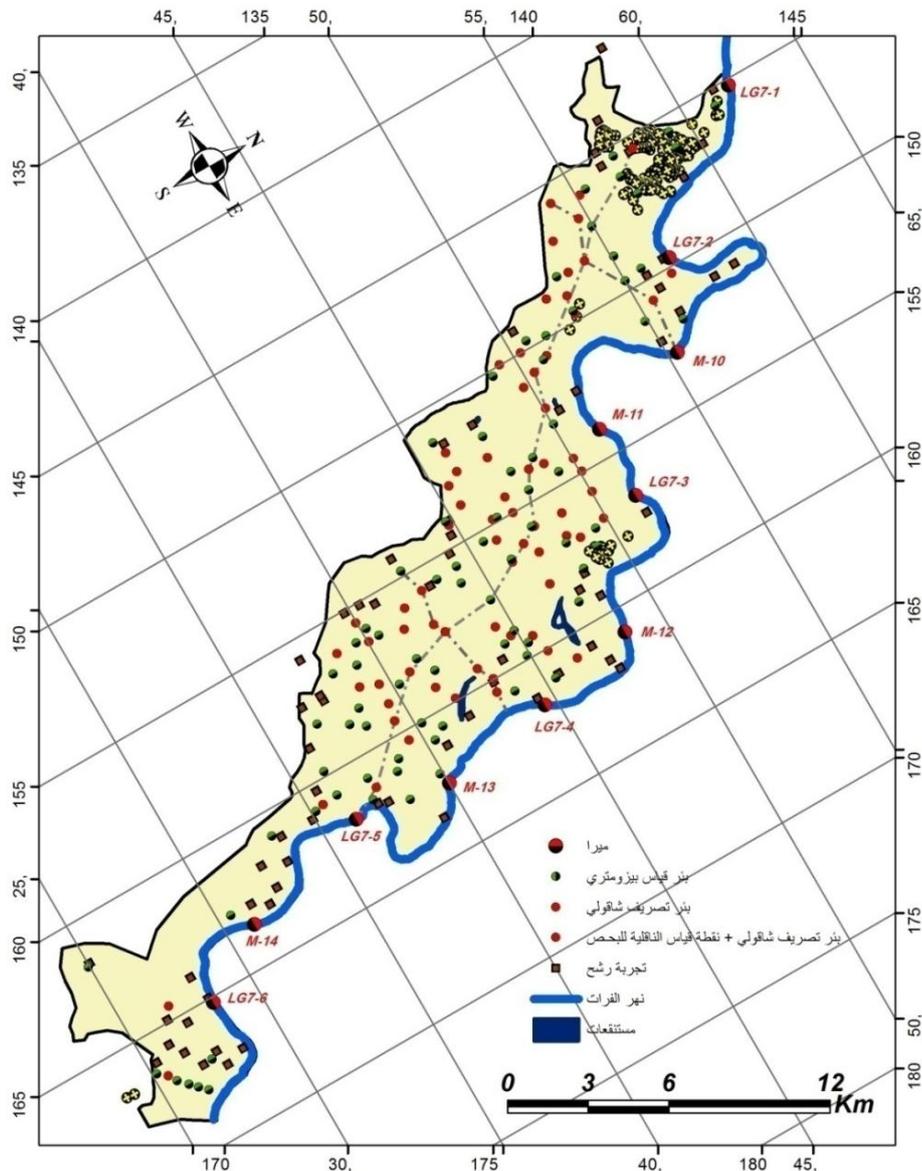
تتصف منطقة القطاع السابع بمناخ حار وجاف صيفاً، بارد وقليل الرطوبة شتاءً. ويبلغ المتوسط السنوي لدرجة حرارة الهواء في المنطقة 20 °C، والمتوسط السنوي لدرجات الحرارة العظمى أكثر من 27 °C، والمتوسط السنوي لدرجات الحرارة الصغرى 13°C، وبلغت درجة الحرارة العظمى المطلقة في شهري تموز وآب 44,2 - 43,6 °C على الترتيب. ووصلت درجة الحرارة المطلقة الدنيا إلى 3,1 °C-، ويبلغ مجال التغير الحراري حوالي 48 °C.

تتراوح الرطوبة النسبية للمنطقة في الشتاء بين 55 - 70%، فتصل قيمتها العظمى في شهر كانون الثاني 72%، بينما تتناقص صيفاً، فتبلغ قيمتها الدنيا في أشهر حزيران وتموز وآب 25-27%، ويبلغ الوسطي السنوي للرطوبة النسبية في المنطقة 45%.

ويبلغ المتوسط السنوي للهطل المطري في المنطقة 135 mm، حيث يتوزع الهطل بشكل غير منتظم فوق أراضي المنطقة، إذ يهطل حوالي 80% من الأمطار خلال فصل الشتاء، (كانون الأول - نيسان)، بينما تكون الفترة (تموز - آب) جافة تقريباً، ويبلغ الهطول اليومي الأعظمي 88 mm.

وتسود الرياح الغربية في معظم شهور العام، عدا شهر حزيران فنكون الرياح غربية - شمالية غربية، ويبلغ متوسط سرعة الرياح صيفاً 4,3 m/sec في البوكمال، وينخفض شتاءً إلى 2 m/sec، ويبلغ المتوسط السنوي لسرعة الرياح

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.



(الشكل 1). مخطط الأعمال الحقلية الفعلية في القطاع السابع.

ويبلغ المعدل السنوي للتبخّر الممكن من سطح الماء في محطة البوكمال 8,7 مم/يوم، ويتناقص التبخر خلال فصل الشتاء، وتزداد رطوبة الهواء، فيبلغ المتوسط اليومي للتبخّر شتاءً حوالي 2 مم. ويزداد التبخر في فصل الصيف، فيبلغ 11-19 مم/يوم [10]. إن ارتفاع درجات الحرارة صيفاً يترافق بارتفاع حاد لقابلية التبخر، 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.

## الجيومورفولوجيا

- تضمّن المسح التفصيلي للقطاع السابع الأراضي الرسوبية الحديثة جداً والرسوبيات الحديثة وجزء من الرسوبيات شبه الحديثة، إضافةً إلى الرسوبيات السيلية في الجزء الجنوبي من هذا القطاع وعند تخوم المرتفعات وحول التلال الحصوية. تشمل أراضي المنطقة الأولى ومنها القطاع السابع الرسوبيات الآتية:
- رواسب تيار النهر (رسوبيات حديثة جداً): والتي تشكلت خلال سنوات قليلة وتمثل المساحات المرتفعة عن منسوب مياه النهر والجزر المتشكلة من الرمال والحصى والكثبان الرملية.
  - الرسوبيات الحديثة: وقد تشكلت خلال مئات إلى عدة آلاف من السنين، وهي مؤلفة من مواد خفيفة القوام وترتفع من 2-4 أمتار فوق منسوب نهر الفرات، الجزء المنخفض من هذه الرسوبيات يكون مغموراً بالماء بشكل متكرر كلياً أو جزئياً، تنتهي هذه الرسوبيات عند الحدود المرتفعة للرسوبيات شبه الحديثة جنوباً.
  - الرسوبيات شبه الحديثة: وقد تشكلت هذه الرسوبيات خلال آلاف السنين. تتألف المواد المكونة لها بشكل رئيس من (لوم طيني-طين إلى طين سلتي ولوم)، تبلغ سماكة هذه الرسوبيات عدة أمتار تتوضع الرسوبيات الحديثة وشبه الحديثة على رسوبيات رملية وحصوية تتراوح سماكتها بين 5-20 متراً. تظهر هذه المجموعات الحصوية على سطح الأرض بشكل مرتفعات تصل إلى حوالي متر عن الأراضي المحيطة بها. ترتفع الرسوبيات شبه الحديثة بحوالي 5-6 أمتار عن منسوب نهر الفرات وبشكل مفاجئ. إن النقاط الأكثر ارتفاعاً هي الأقرب إلى نهر الفرات، ثم تتدرج بالانخفاض كلما اتجهنا جنوباً، ولا يزيد فرق الارتفاع بين النقاط العليا والسفلى عن عشرات السنتيمترات.

### 2-1. الخصائص الجيولوجية والهيدروجيولوجية

#### Geological and hydrogeological properties

تنتشر في القطاع السابع التوضعات الرباعية بشكل عام إضافةً لتوضعات البليوسين، وهي كالاتي (الشكل-2):

- 1- التوضعات الرباعية Q وتتألف من:
  - الرباعي الحديث Q<sub>4</sub> ويقسم إلى قسمين:
    - آ- علوي Q<sub>4</sub><sup>b</sup> ويمثل المصطبة الفيضانية لنهر الفرات ويشغل مساحة صغيرة .
    - ب- سفلي Q<sub>4</sub><sup>a</sup> ويمثل المصطبة الأولى لنهر الفرات
  - الرباعي العلوي Q<sub>3</sub>: ويمثل المصطبة الثانية لنهر الفرات.
- 2- توضعات البليوسين N<sub>2</sub>: تقسم إلى طابق علوي وآخر سفلي:
  - طابق البليوسين الأعلى N<sub>2</sub><sup>b</sup>: تنتشر توضعاته على مساحة كبيرة عند الحدود الشرقية وتتلاشى عند الجنوب الشرقي في منطقة البوكمال وتتألف بشكل عام من الرمال والحجر الرملي.
  - طابق البليوسين الأسفل N<sub>2</sub><sup>a</sup>: تنتشر هذه التوضعات على نطاق ضيق وتتألف من مارل، غضار، حصى، جبس وهي تمثل طبقة كتيمة.
- 3- توضعات الميوسين N<sub>1</sub>: وتتمثل بطابقين:
  - طابق الميوسين الأعلى N<sub>1</sub><sup>3</sup>: وتتكشف توضعاته على تخوم المصطبة النهرية، وتتألف من الحجر الرملي والغضار .
  - طابق الميوسين الأوسط N<sub>1</sub><sup>1</sup>: تتكشف توضعاته عند الحدود الجنوبية للمصطبة النهرية، وتتألف من الحجر الكلسي، الجبس، الغضار والمارل.

ويمكن تمييز طبقة حاملة للمياه الجوفية، تمتد من ضفة النهر حتى منطقة الجرف الصخري، وتتألف من مستويين (الشكل 3- [10]):

**المستوي الأول:** يتألف من الرسوبيات الناعمة (طين Loam)، بسماكة وسطية 4-5 أمتار، وتزداد سماكتها حتى 8 أمتار في بعض المواقع، وتتألف من ترب غضارية ورملية متنوّعة، وتتّصف بنفوذية منخفضة عموماً (0,2-1 متر/يوم)، تزداد قليلاً في بعض المواقع، حيث تتوضع رسوبيات خشنة نسبياً.

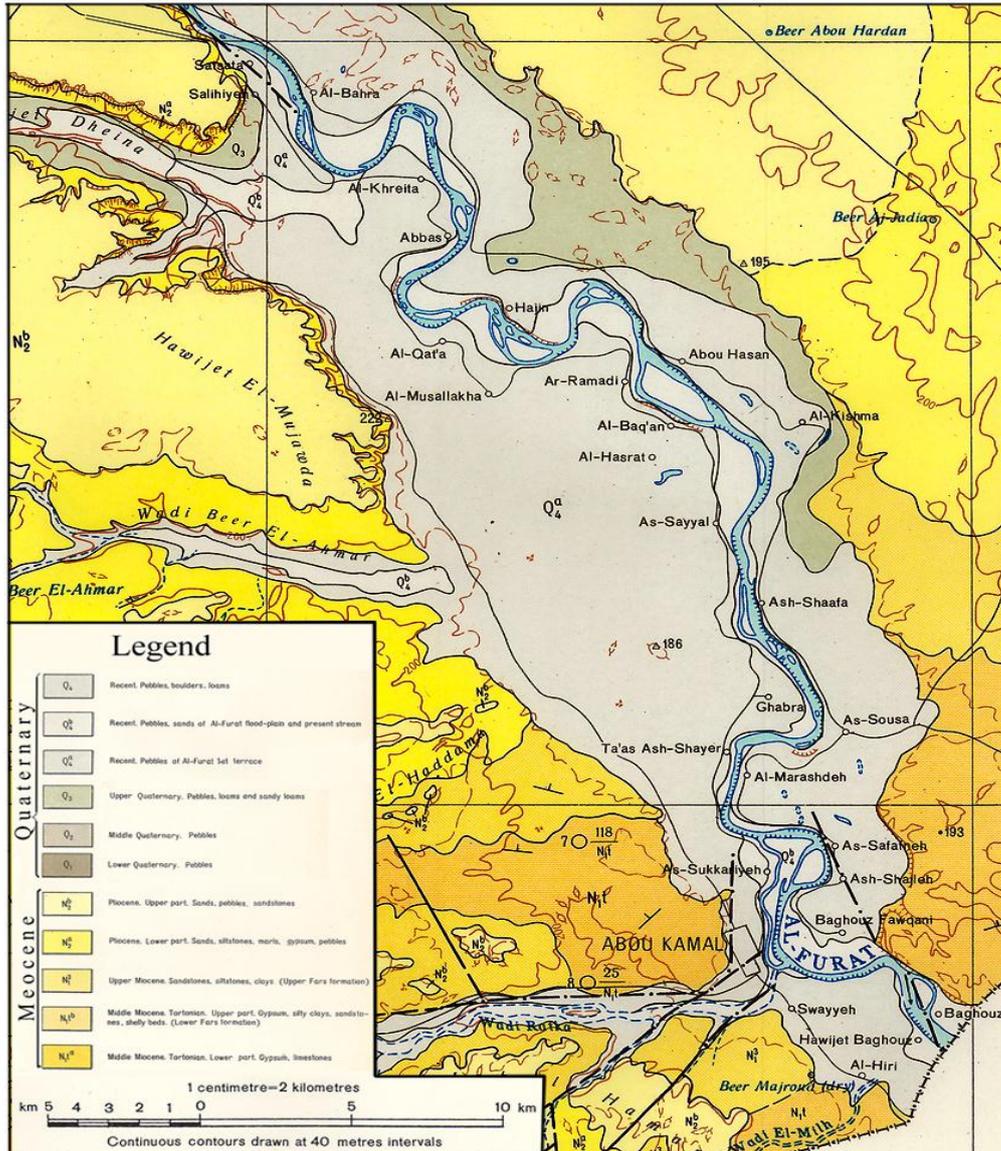
**المستوي الثاني:** يتوضع مباشرة تحت المستوى الأول، ويتألف من رسوبيات رملية خشنة وحصى، تزداد سماكتها مع الابتعاد عن المجرى عموماً، فتبلغ سماكتها 15 متراً في مواقع متفرقة. وتتكشّف هذه الطبقة على سطح الأرض في مواقع متعددة، وتتميّز الرمال الحصوية بنفوذية كبيرة (200-500 متر/يوم)، تتخفّف في بعض المواقع إلى أقل من 20 م/يوم.

تشكّل **توضّعات البليوسين**  $N_2$  طبقة الأساس الغضارية المارلية- الجصية الكثيمة، وهي ذات انتشار إقليمي واسع تحت طبقة الرمال الحصوية الحاملة للمياه، وتتوضع على عمق 15 متراً تقريباً، ابتداءً من سطح الأرض.

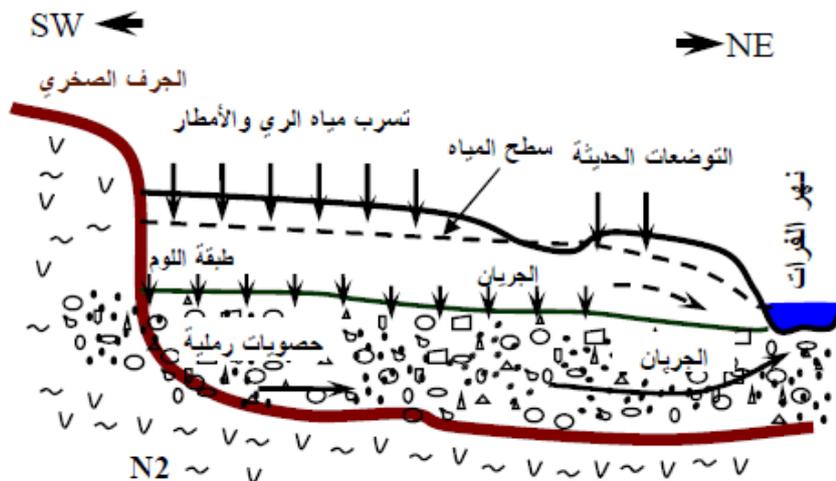
بسبب الفرق الكبير بين نفاذية طبقتي اللحيات النهرية (أكثر من 1000 مرة في بعض الأجزاء، حيث يتألف المستوى الأعلى من الطين)، تتحرك المياه الجوفية فيها شاقولياً لتغذي المياه الجوفية في المستوى الثاني (الحصويات الرملية)، حيث تتحرك المياه الجوفية أفقياً باتجاه نهر الفرات لتتصرف فيه (الشكل 3-)، ويتأرجح منسوب المياه الجوفية ضمن مجال 2,5 متر خلال السنة، بسبب تغيّر معدلات التسرب والتبخّر والظروف المناخية خلال فصول السنة. وتبلغ مناسيب المياه الجوفية أعلى قيمها خلال شهر نيسان، بينما تبلغ قيمها الدنيا خلال شهر تشرين الأول.

ترتبط الظروف الهيدروجيولوجية والظروف الجيومورفولوجية بعلاقة وثيقة، فيرتفع سطح المياه الجوفية إلى عمق أقل من مترين في المنخفضات المغلقة ذات التوضّعات الناعمة، وقد يرتفع سطح المياه الجوفية فيتوضع على عمق حوالي 20 سم من سطح الأرض، ويصل إلى سطح الأرض أحياناً، فنتشكّل البُرك والمستنقعات، فتعاني هذه الأماكن من مشكلة عجز الصرف، وزيادة التملّح، كما إنّ الري بمقننات مائية عالية وجرّ المياه من نهر الفرات إلى أماكن بعيدة بواسطة الأقنية الترابية أسهم في رفع منسوب المياه الجوفية، بسبب تسرب المياه من الأقنية والحقول الزراعية المروية، وقلة فعالية شبكة الصرف.

تتغذى المياه الجوفية بشكل أساسي على حساب تسرب مياه الري ومياه الأمطار عبر صخور طبقتي اللحيات النهرية، وتتصرف المياه الجوفية بشكل طبيعي باتجاه النهر والأودية التي تقطع المصاطب، كما تتصرف في شبكات الصرف الأفقي والشاقولي، لكنّ الصرف غير كافٍ، لذلك يرتفع منسوب المياه الجوفية تدريجياً خلال موسم الري والمياه الجوفية غير صالحة للشرب أو الري بسبب ملوحتها العالية [13].



الشكل 2. الخارطة الجيولوجية لمنطقة القطاع السابع [11، 12].



(الشكل-3). مقطع عرضي توضيحي يبين الظروف الهيدروجيولوجية الطبيعية.

## النتائج والمناقشة:

### 1. تأثير الري على نظام المياه الحرّة

يتلخص تأثير الري على نظام المياه الحرّة بما يأتي:

- تزداد تغذية المياه الحرّة بسبب تسرب جزء من مياه الري، مما يؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه الحرّة، فتتسقط عمليات التعرية في مناطق الصرف الجيد، أما في مناطق الصرف الرديء، وعند غياب الصرف الاصطناعي، يلاحظ ازدياد تركيز الأملاح في المياه الحرّة وفي صخور منطقة التهوية؛
  - أثناء جريان المياه في أقبية الري الكبيرة، تظهر ينابيع ذات ضغط محلي تؤثر بشكل ملحوظ على النظام المائي؛
  - تستبدل النباتات المرورية ذات خصائص النتح الأقل عادة، بالنباتات الطبيعية (إذا كانت موجودة قبل استثمار المشروع)، مما يؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه الحرّة؛
  - نتيجة لارتفاع منسوب المياه الحرّة، والصرف الطبيعي الضعيف، وغياب الصرف الاصطناعي، يزداد تبخر المياه الحرّة، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة ملوحة المياه الحرّة وإلى تملح ثانوي للتربة؛
  - إنّ إنشاء شبكة الصرف المناسبة يجب أن يمنع ارتفاع منسوب المياه الحرّة، أو أن يخفّضه، وأن يؤدي مع الري إلى تقليل ملوحة المياه الحرّة وملوحة التربة.
- يتعلّق تأثير السقاية في نظام المياه الحرّة بشكل أساسي بطرائق الري وبنظام الري وبدرجة الصرف الطبيعي للترب، ولقد بينت دراسة موازنة المياه الحرّة في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية أنّ كمية المياه المتسربة من الأقبية المكشوفة ومن مياه الري في التربة الرملية الغضارية تبلغ وسطياً 300-400 مم في السنة.
- يتم تعويض أو موازنة التغذية عن طريق الري، ومن ثم فإنّ منسوب المياه الحرّة لا يقترب كثيراً من سطح الأرض في المناطق ذات الصرف الطبيعي النشط، حيث يبلغ الصرف أكثر من 500 مم/سنة. أما في المناطق ذات الصرف الطبيعي 300-500 مم/سنة فيمكن أن تنصرف مياه السقاية كلياً أو جزئياً، وبما أنّ المياه الحرّة قبل الري يمكن أن تتوضع على عمق غير كبير في هذه المناطق، فإنّ الري قد يؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه الحرّة، فيؤثر سلباً على النظامين المائي والهوائي للتربة، بينما تكون التغذية عن طريق الري أكبر من الصرف في المناطق المتميزة بصرف طبيعي رديء. لذلك، حتى لو كانت المياه الحرّة متوضّعة على عمق كبير نسبياً، فإنّها ستكون معرضة لخطر ارتفاع منسوبها إلى سطح الأرض أو إلى قربه.

### 2. الدراسة الزراعية لأراضي القطاع السابع

تعتمد الزراعات الحالية في القطاع السابع على الري بواسطة شبكات الري التي تتألف من أقبية وخنادق ترابية، تُضخ المياه فيها بالمضخات المنتشرة على ضفاف الفرات، وتروي أراضي ضمن المصطبة الأولى بجوار النهر، وتعود ملكيتها للأهالي. كما توجد محطات ضخ كبيرة، تملكها الجمعيات التعاونية الزراعية، تُروى بواسطتها أراضي التعاونيات الزراعية الواقعة على المصطبة الثانية غالباً، وهي ذات مساحات أكبر من المساحات على المصطبة الأولى. تستثمر معظم الأراضي الزراعية بزراعة الخضروات إضافةً إلى زراعة القطن والذرة وعباد الشمس والسمسم ومساحات قليلة تزرع بمحاصيل علفية كالفصّة والبرسيم، كما تزرع بمساحات متفرقة الشوندر السكري والفسنق السوداني، وغالباً تزرع المحاصيل الحبية شتاءً كالقمح وبنسبة أقل الشعير، ويلاحظ بشكل نادر بعض البساتين في المنطقة.

نتيجة الاستخدام الكثيف لهذه الأراضي وإعطاء ريات غزيرة مع عدم وجود صرف طبيعي أو صناعي خرج من الاستثمار الزراعي مساحات تقدر بحوالي 1094.3 هكتار، وهي تعادل 13.1 % من مساحة القطاع السابع، بسبب

التملح الشديد وارتفاع منسوب الماء الأرضي إلى اقل من 200 سم من سطح الأرض، وتبلغ نسبة الأراضي التي يقل فيها منسوب الماء الأرضي عن 200 سم أكثر من 23 % من كامل مساحة القطاع السابع.

### 3. نفاذية التربة Permeability

أجريت تجارب حقلية بطريقة بورشيت، وبطريقة دوتش (الهولندية) لتحديد نفاذية التربة، فاستُخدمت طريقة بورشيت في الأتربة التي يزيد فيها عمق منسوب المياه الجوفية على 200 سم، واستُخدمت طريقة دوتش في الأتربة التي يقل فيها عمق منسوب المياه الجوفية عن 150 سم ابتداءً من سطح الأرض .

تتراوح قيم نفاذية طبقة اللوم بين 0,5-2,5 m/day، (الشكل 4-)، بينما تتباين قيم نفاذية طبقة الرمل والبصص (الطبقة الحاملة للمياه الجوفية) بين 25-325 m/day، (الشكل 5- [10]).

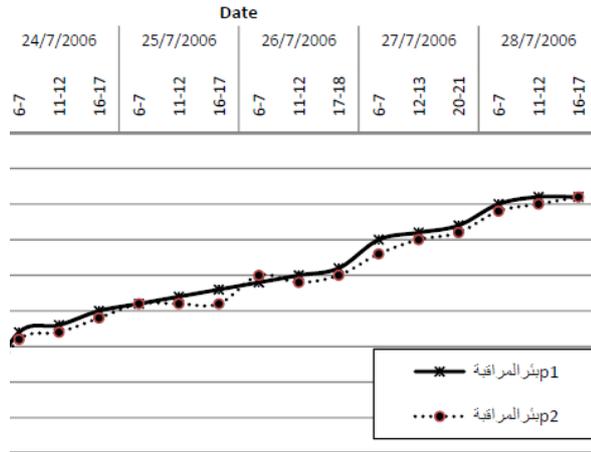
إنّ بارامتر النفاذية مؤشّر مهمّ جداً لتصميم شبكة الصرف وإنشائها في الأراضي ذات النفاذية المنخفضة، لذلك من الضروري تحديد قيم نفاذية التربة لكل طبقة، وتغيرات النفاذية أفقياً وشاقولياً بدقة، من أجل وضع نموذج رياضي يحاكي الواقع، ويسمح بوضع سيناريوهات تنبؤ عن التغيرات المحتملة مستقبلاً، ووضع سيناريوهات حلول لمشاكل غرق الأراضي وتملحها، تلبية متطلبات التطور الزراعي في المنطقة.

### 4. تغيير أعماق سطح المياه الجوفية تحت تأثير تسرب مياه الري

نُفذت أعمال رصد أعماق المياه الجوفية في البيزومتري في عشرة مواقع تحت تأثير الري، وأجريت القياسات ثلاث مرات يومياً في كل بيزومتر لمدة ستة أيام، وعلى فترتين: في منتصف موسم الري؛ وفي نهاية موسم الري، ولم تنفذ في بداية موسم الري.

لقد أعطت نتائج المراقبة في منتصف موسم الري (فترة الإجهاد الأعظمي؛ أي درجات الحرارة العالية، وفترة النمو الأعظمي للنباتات)، حينما تكون معدلات الري أعظمية، فيزداد تسرب مياه الري، وتزداد معدلات تبخر مياه الري، ويزداد النتج من النباتات، ومن ثمّ تبلغ المياه الجوفية أعلى مناسبتها، أي تكون أعماقها قليلة (خلال شهر أو أكثر من موسم الري). تتناقص معدلات الري بعد ذلك، وتتنخفض درجات الحرارة، ويتناقص النشاط الحيوي للنباتات مع اقتراب مواعيد جني المواسم، فتتخفض أعماق المياه الجوفية في المرحلة الأخيرة من موسم الري، كما تثبته مراقبات أعماق المياه الجوفية في آبار شبكة الرصد.



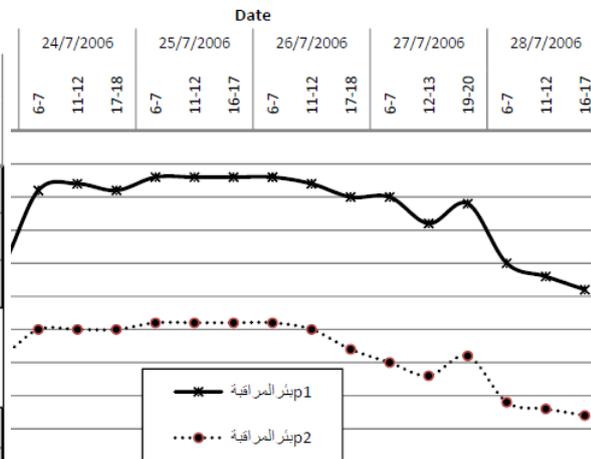
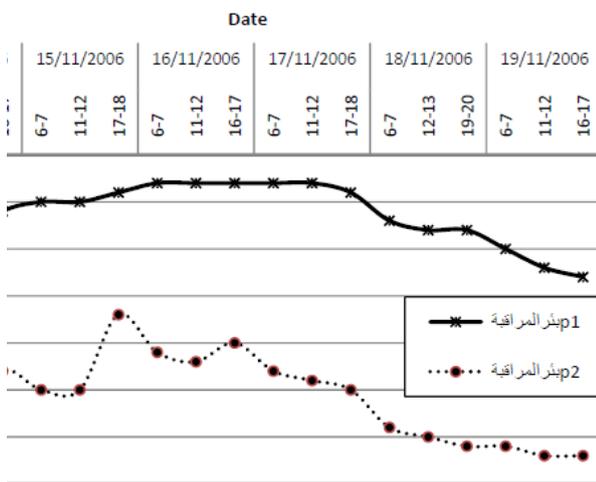


(الشكل-6). أعماق سطح المياه الجوفية في منتصف مرحلة الري

(الشكل-7). أعماق سطح المياه الجوفية في نهاية مرحلة الري

للبنر PW 7-1

للبنر PW 7-1

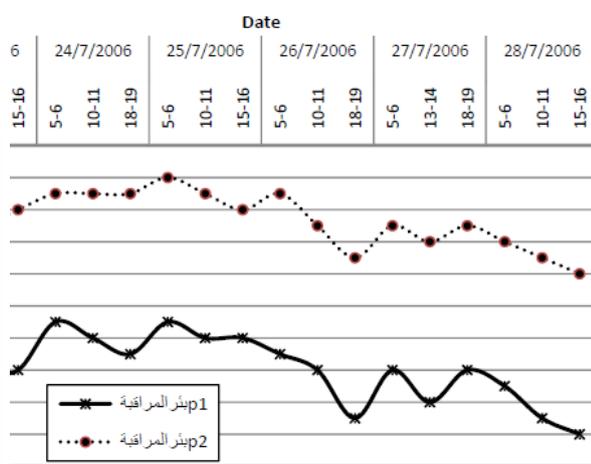
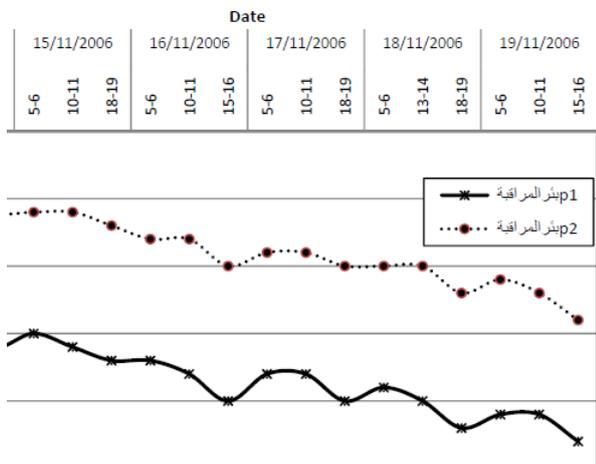


(الشكل-8). أعماق سطح المياه الجوفية في منتصف مرحلة الري

(الشكل-9). أعماق سطح المياه الجوفية في نهاية مرحلة الري

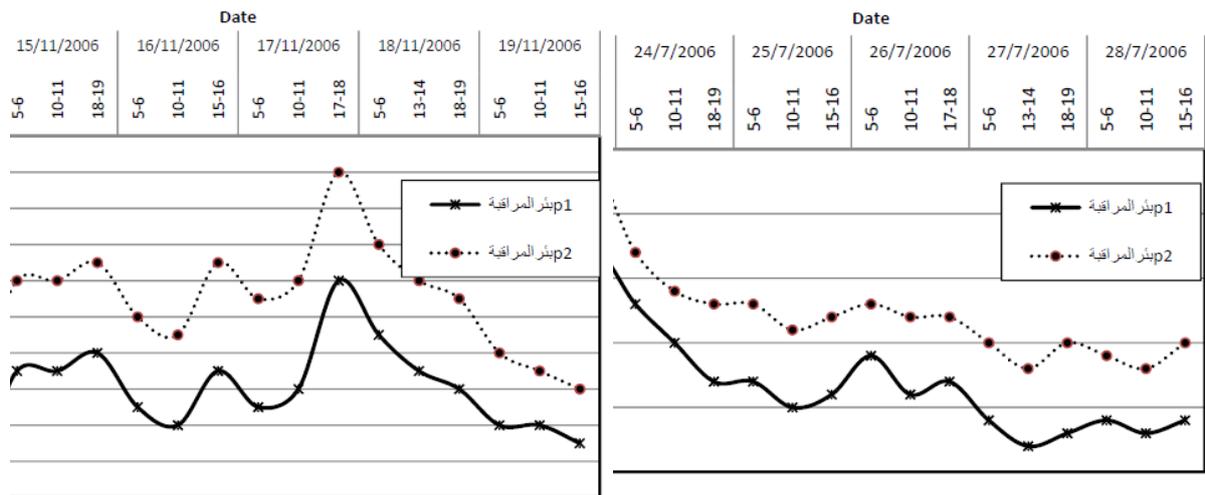
للبنر PW 7-3

للبنر PW 7-3



(الشكل-10). أعماق سطح المياه الجوفية في منتصف مرحلة الري للبنر PW 7-4

(الشكل-11). أعماق سطح المياه الجوفية في نهاية مرحلة الري للبنر PW 7-4



(الشكل-13). أعماق سطح المياه الجوفية في نهاية مرحلة الري للبر 7-5 PW

(الشكل-12). أعماق سطح المياه الجوفية في منتصف مرحلة الري للبر 7-5 PW

### 5. رشح التربة بدون ضاغط مائي (ري بالريذاذ) Infiltration rate

استخدمت المعايير الآتية لتحديد قيم الرشح بدون ضاغط مائي (الجدول-1):

(الجدول -1) معايير رشح التربة بدون ضاغط مائي

المواصفات	مقدار الرشح (ملم)	درجة الرشح
رشح بطيء جداً - عملياً الري بالريذاذ غير مقبول.	< 10	1
رشح التربة بطيئة (غير ملائمة). يمكن استخدام جهاز الري بالنبضات أو الري بالتقطيط.	25 - 10	2
رشح التربة منخفضة. يمكن استخدام أجهزة ري بالريذاذ متحركة بشكل محدود.	50 - 25	3
رشح التربة متوسطة. تستخدم أجهزة ري بالريذاذ نقالة ودوارة مع أجهزة تدفق متوسطة.	75 - 50	4
رشح التربة جيدة وجيدة جداً - يمكن استخدام جميع أجهزة الري بالريذاذ.	125 - 75	5

يلاحظ وجود علاقة ارتباط بين قيم رشح التربة بدون ضاغط مائي والصفات الفيزيائية للتربة، كالقوام والبناء واندماج التربة ومدى خدمة الأرض واستثمارها.

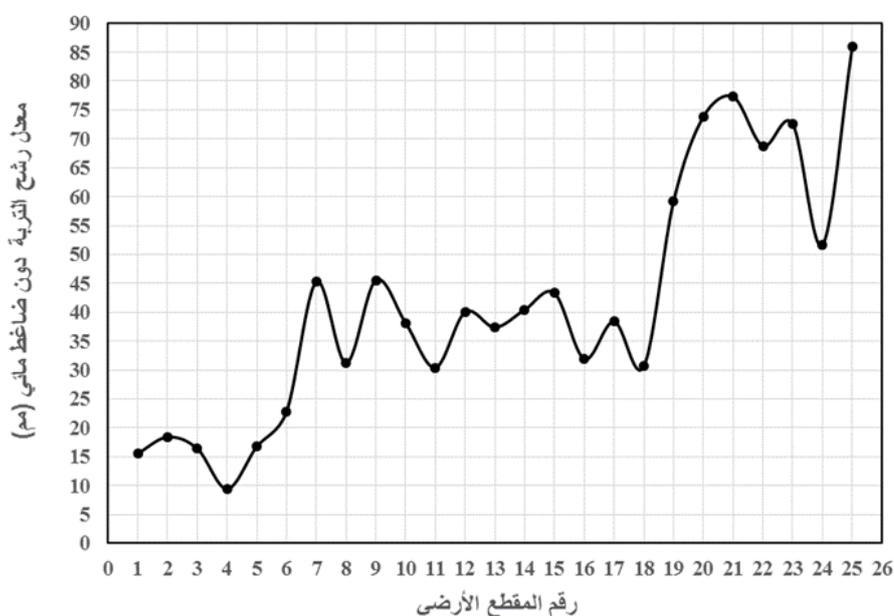
إن قوام التربة يلعب دوراً كبيراً في سرعة رشح الأتربة بدون ضاغط، حيث تتأثر سرعة الرشح سلباً في القوام الثقيل للتربة خاصة في الآفاق السطحية، إضافة إلى أن ارتفاع نسبة الطين الذي قطر حبيباته تقل عن 1 ميكرون، له تأثير واضح على سرعة الرشح. ورطوبة التربة لها تأثير واضح على سرعة الرشح بدون ضاغط مائي، فكلما قلت رطوبة التربة زادت قيمة الرشح والعكس صحيح، إذ أنه بعد الري ووصول التربة إلى حد السعة الحقلية تقل سرعة الرشح مقارنة مع الأتربة الجافة أو ذات المحتوى القليل من الرطوبة.

ويلاحظ انخفاض واضح لقيم الرشح بدون ضاغط مائي خاصة في الأتربة المتروكة بدون زراعة (بور)، حيث بلغت نسبة النقاط التي نقل نفاذيتها عن 25 ملم (رشح بطيء) 23% من مجموع التجارب المنفذة في القطاع السابع، كما في التجارب أرقام (1-2-3-4-5-6)، (الشكل-14).

بلغت نسبة التجارب التي قيم رشها بين 25-50 ملم 53% من كامل تجارب الرش، وهي أترية منخفضة الرش ومسموح بها استخدام الري بالريذاذ (أجهزة الري المتحركة)، كما في التجارب أرقام (7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18).

وبلغت نسبة التجارب التي تزيد قيم رشها عن 50-75 ملم، كما في التجارب أرقام (19-20-21-22-23-24-25)، وتبلغ نسبتها 23.7% (الشكل-14).

إن الأترية التي تقل سرعة رشها عن 25 ملم، يفضل ربيها بالتنقيط أو استخدام أجهزة الري بالريذاذ (بالنبضات) ويتدفق منخفض، كما في التجارب التالية (1-2-4-5-6)، وهي تمثل 23% من مجموع التجارب، كما يمكن استخدام أجهزة الري بالريذاذ المتحركة للأترية التي تقل سرعة رشها عن 50 ملم وبشكل محدود، أما الأترية التي تزيد سرعة رشها عن 50ملم، فيمكن استخدام أجهزة الري بالريذاذ النقالة والجهوية والدوارة مع تدفق متوسط، ويفضل ري الأترية الخفيفة القوام والرملية بالريذاذ باستخدام جميع الأجهزة بدون تحديد، ويتدفق أعلى من المتوسط كالأجهزة النقالة والجهوية والدوارة (الشكل-14).



(الشكل-14). معدل رشح التربة دون ضاغط مائي تبعاً لأرقام المقاطع.

## 6. العمق الحرج للمياه الأرضية بعد وضع الأراضي تحت الري

يلعب مستوى الماء الأرضي وارتفاع شدة التبخر في الصيف دوراً مهماً في انتشار الترب الشديدة التملح، فعند وجود ماء أرضي قريب من سطح الأرض (أقل من 50سم)، مع تركيز عال للأملح الذائبة في هذه المياه الذي يصل إلى أكثر من 50 غ/ليتر، تتحول هذه الأراضي إلى ترب متملحة وتصبح غير صالحة للاستثمار الزراعي. كما أن وجود الماء الأرضي بعمق يقل عن 200/سم يخفض من درجة صلاحية هذه الأراضي للزراعة، بسبب ارتفاع هذه المياه إلى آفاق أعلى بالخاصية الشعرية، ناقلة معها الأملاح ومسببة أضراراً جسيمة لجذور النباتات. لذلك لا بد من تخفيض منسوب هذه المياه إلى أقل من 200 سم بإنشاء شبكة صرف متكاملة (صرف مكشوف و صرف مغطى و صرف عمودي)، وبتباعدات مناسبة حسب مواصفات التربة، مع المحافظة على إبقاء المنسوب الحر لهذه المياه وبشكل دائم أخفض من 200 سم.

لتحديد عمق منسوب الماء الأرضي الحرج بعد وضع هذه الأراضي تحت الري، يؤخذ بعين الاعتبار عوامل عديدة منها:

- قوام التربة.
- درجة تملح الماء الأرضي.
- مدى ارتفاع الماء الأرضي بالخاصية الشعرية.
- نوع المحاصيل التي ستزرع ومدى تعمق جذورها في التربة.
- الدورة الزراعية.

ونظراً لاعتبار محصول القطن هو المحصول الرئيس في الدورة الزراعية في منطقة الفرات الأسفل، فقد اعتبر كأساس لتحديد عمق منسوب الماء الحرج، خاصة أن عمق الجزء الفعال من جذور نبات القطن تتراوح ما بين 70-100 سم، حيث تعد هذه الجذور أعمق من بقية جذور نباتات الدورة الزراعية الأخرى، ما عدا الفصاة الذي يزرع بمساحات محدودة، كما أن زراعة الأشجار الحراجية والمثمرة تزرع بمساحات ضيقة جداً.

ينصح بضرورة المحافظة على سماكة التربة (0-100) سم خالية من الرطوبة الضارة لجذور النباتات، ونظراً لكون التربة الزراعية يتراوح قوامها بين الخفيف والثقيل، حيث ترتفع المياه الأرضية بالخاصية الشعرية بهذه الأتربة بمدى يتراوح بين (60-100) سم، حاملة معها الأملاح الضارة مسببة أضراراً جسيمة للتربة ولجذور النباتات.

يعد مؤشر النفاذية مهم جداً بالنسبة لإنشاء شبكة الصرف، لذلك يجب الانتباه في الأراضي التي تتميز بوجود طبقات كثيفة ونفاذية منخفضة إلى ضرورة ما يلي:

- ✓ ضرورة إنشاء شبكة صرف مناسبة تسمح بتخفيض منسوب الماء الأرضي إلى أقل 200 سم للتخلص من المياه الزائدة، مما يؤدي إلى تحسين الصفات الفيزيائية والمائية والكيميائية للتربة، ويفضل تنفيذ شبكة صرف مختلطة (صرف مكشوف وصراف مغطى) في الأتربة، التي تقل نفاذيتها عن 0.5 سم/سا، في الأتربة العميقة.
- ✓ إجراء فلاحات عميقة للتربة تصل إلى 90 سم لكسر الطبقات الكثيفة وخلخلة التربة وتحسين نفاذيتها باستخدام محراث تحت التربة، حيث يقوم بتحريك وتفتيت الطبقات الكثيفة العميقة دون قلبها.
- ✓ زراعة الفصاة لمدة 2-4 سنوات، حيث تتعمق وتتغلغل جذورها ضمن الطبقات الكثيفة، وتؤدي إلى تحسين صفاتها الفيزيائية.
- ✓ استخدام الري بالري بالريزراد وبشكل مدروس تبعاً لقيم سرعة الرش عبر التربة، حيث يمكن التحكم بكمية المياه وعمق الترطيب.
- ✓ زراعة محاصيل بقولية ذات أعماق جذور مختلفة، حيث تترك هذه المحاصيل جذور كثيفة تساعد على تحسين بناء التربة.
- ✓ تنفيذ مصارف مؤقتة للتربة المالحة في حال وجود رشح سيئ في النصف الثاني من المتر الأول، أو وجود أملاح متراكمة على السطح.

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات:

1. تتراوح قيم نفاذية طبقة اللوم بين 0,5-2,5 m/day، بينما تتباين قيم نفاذية طبقة الرمل والبصص (الطبقة الحاملة للمياه الجوفية) بين 25-325 m/day.
2. تبدو تغيرات أعماق المياه الجوفية الناجمة عن تسرب مياه الري متوائمة في طبقتي اللوم والحصى الرملية، وتتساير في الغالب صعوداً وهبوطاً، عدا بعض الحالات بسبب أعمال الري السطحي والضخ من الآبار المجاورة،

فترض تغيرات أعماق المياه الجوفية في طبقتي اللوم والحصىات الرملية، وتتأثر كل طبقة بشكل مختلف حسب فروق النفوذية فيهما.

3. تنزع أعماق المياه الجوفية إلى الهبوط خلال فترة نهاية موسم الري، بسبب نقصان أعمال الري أو توقفها، وتلاحظ تذبذبات العمق في بعض الآبار بسبب ظروف محلية ونشاطات الري السطحي أو الضخ على نطاق محدود.

4. تنخفض قيم الرشح بدون ضاغط مائي خاصة في الأتربة المتروكة بدون زراعة (بور)، حيث وصلت نسبة التجارب التي تقل نفاذيتها عن 25ملم (رشح بطيء) إلى 23%. وبلغت نسبة التجارب 53% التي قيم رشحها بين 25-50 ملم، وهي أترية منخفضة الرشح ومسموح بها استخدام الري بالرذاذ (أجهزة الري المتحركة)، كما بلغت نسبة التجارب التي تزيد قيم رشحها عن 50-75ملم، قيمة 23.7%.

#### التوصيات:

1. ضرورة إنشاء شبكة صرف مناسبة تسمح بتخفيض منسوب الماء الأرضي إلى أقل 200سم، للتخلص من المياه الزائدة، مما يؤدي إلى تحسين الصفات الفيزيائية والمائية والكيميائية للتربة.
2. إجراء فلاحات عميقة للتربة تصل إلى 90 سم لكسر الطبقات الكثيفة، وخلخلة التربة وتحسين نفاذيتها.
3. زراعة محاصيل بقولية ذات أعماق جذور مختلفة تساعد على تحسين بناء التربة.

#### References:

1. ALASAAD, Ali Mohamad. HAYEK, Sharif Badr. HYDROGEOLOGY1. Published of Tishreen university-department of university prints, 2007,374.Kk
2. FENG .H, YUDE. Z, DANRONG. Z, XI.CH. *Environmental Groundwater Depth for Groundwater-Dependent Terrestrial Ecosystems in Arid/Semiarid Regions: A Review*. International journal of environmental research and public health, 2019, 16, 763; doi:10.3390/ijerph16050763.
3. HONGBO .P, SINGH. Q. *Has water-saving irrigation recovered groundwater in the Hebei Province plains of China?* .International Journal of Water Resources Development, Volume 33, 2017 - Issue 4.
4. RUSHTON. P, ASADUZ. M. HASAN. M. *Monitoring groundwater heads and estimating recharge in multi-aquifer systems illustrated by an irrigated area in north-west Bangladesh*. International. Journal of Sustainable Water Resources Management, volume 6, Article number: 22 (2020) .
5. AMOR. Z, HASHEMI. H, BOURI.H. *Soil salinization and critical shallow groundwater depth under saline irrigation condition in a Saharan irrigated land*. *Arabian Journal of Geosciences* .Volume 10, Article number: 301 (2017).
6. Shawky, Shakur Saeed, Nour al-Huda, Bogda. *The role of the use efficiency of water resources in achieving sustainable agricultural development and food security - The Case of Algeria*, Master's Thesis. Department of Management Sciences, Faculty of Economics, Business and Management Sciences, .206, Farhat Abbas-Setif University 1, Algeria, 2015
7. AGROCOMPLECT Plc. & G-CAT<sub>Ltd</sub>. *Review and full evaluation of projects worked out by the GERSAR – SCET Company and executed drainage network within Zone No.1 in the region of the lower Euphrates – Deir Ez zor province*, 2004, 241.
8. KOVALEVSKY, V; KRUSEMAN, G; et al. *Groundwater Studies*. UNESCO, 2004, 430.

9. Hayek, Sharif; Abdul Rahman, Abbas. Evaluation of hydrogeological conditions in the seventh sector of the Lower Euphrates Basin- Syria. Tishreen University Journal of Scientific Studies and Research, In The Journal of Engineering Sciences, Syria. Acceptance of publication 2012.
10. J-Cat. Hydrogeological report of the reclamation project of 27,000 hectares (Lower Euphrates Basin - Region 1). Raqqa, 2011, 155.
11. 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.
12. Ministry of industry, Department of Geological and mineral research. *The geological Map of Syria*, scale 1:200000, sheets I-37-XVII, XVIII.(Abou kamal, BeerEl-Allouni) Explanatory notes, compiled by MEDVEDEV, V. Ya., Editor-in-chief PONIKAROV, V. P. Damascus 1966, 43.
13. Hayek, Sharif, the best solution for the discharge of excess groundwater in sector 7 of the Lower Euphrates Basin - Syria, Tishreen University Journal of Scientific Studies and Research, in the Series of Engineering Sciences, Syria (ISSN:2079-3081), Volume 34, Issue 2, 2012, 9-27.