

Using Responsive Drip Irrigation to Enhance Water Productivity Compared to Conventional Subsurface Drip Irrigation System

Riyadh M. Salih*

*National Centre for Water Resources Management, Ministry of Water Resources, Baghdad, Iraq

*Corresponding author: riyadh@water2irrigation.net

Abstract

This study aims to evaluate the efficiency of water productivity for eggplant crops using the Responsive Drip Irrigation (RDI) system compared to the traditional Subsurface Drip Irrigation (SDI) system. Field experiments were conducted during 2022 at Al-Ra'id Research Station in Abu Ghraib, Baghdad, Iraq. The experimental layout was designed as a split-plot with three replications for both RDI and SDI systems. The results showed that the irrigation efficiency of the RDI system was approximately 55% higher than that of the SDI system, due to reduced surface evaporation and water losses. This resulted in a significantly higher water productivity (WP) in the RDI system (1.7 kg/m³) compared to the SDI system (1.1 kg/m³). These results indicate that the RDI system can be a sustainable and efficient alternative to conventional subsurface drip irrigation systems for vegetable production in arid regions such as Iraq.

Keywords: Responsive drip irrigation, Subsurface drip irrigation, Water productivity, Irrigation efficiency, Sustainable agriculture.

أستخدام الري بالتنقيط المستجيب لتعزيز إنتاجية المياه مقارنةً بنظام الري بالتنقيط تحت السطحي التقليدي

رياض مظهر صالح*

*المركز الوطني لإدارة الموارد المائية، وزارة الموارد المائية، بغداد، العراق

*البريد الإلكتروني للمؤلف المراسل: riyadh@water2irrigation.net

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم كفاءة إنتاجية المياه لمحصول الباذنجان باستخدام نظام الري بالتنقيط المستجيب (RDI) ومقارنةً بإنتاجية نظام الري بالتنقيط تحت السطحي التقليدي (SDI) وباستخدام منهج بحثي تطبيقي أجريت تجربة حقلية خلال عام 2022 في محطة أبحاث الرائد في أبو غريب، بغداد، العراق. صُمم المخطط التجريبي وفق نظام القطع المنشقة (Split-plot) بثلاث مكررات لكلٍ من نظامي RDI و SDI , أظهرت النتائج أن كفاءة الري في نظام RDI كانت أعلى بحوالي 55% مقارنةً بنظام SDI ، ويعود ذلك لقلة التبخر السطحي وفواقد المياه. وأدى ذلك الى تعزيز إنتاجية الماء (WP) في نظام RDI أعلى بشكل ملحوظ (1.7 كغم/م³) مقارنةً بنظام SDI (1.1 كغم/م³). وتشير هذه النتائج إلى أن نظام RDI يمكن أن يكون بديلاً مستداماً وفعالاً لأنظمة الري بالتنقيط تحت السطحي التقليدية في إنتاج الخضروات في المناطق الجافة مثل العراق.

الكلمات المفتاحية : الري بالتنقيط المستجيب، الري بالتنقيط تحت السطحي القياسي، إنتاجية المياه، كفاءة الري، الزراعة المستدامة.

1-المقدمة

تُعدّ إتاحة الموارد المائية العامل المحدّد الرئيس لتوسّع واستدامة الزراعة المروية في العراق، إذ يعتمد البلد اعتمادًا شبه كلي على المياه السطحية لنهري دجلة والفرات وروافدهما لأغراض الري والاستخدامات المنزلية والصناعية. (Anwar and Wissam, 2018; Al-Ansari et al., 2014; Al-Ansari et al., 2024) وقد تعرّضت هذه الموارد خلال العقود الأخيرة لضغوط متزايدة نتيجة التوسع في إنشاء السدود ومشاريع التحويل في دول أعالي الحوض، إلى جانب تأثيرات تغيّر المناخ المتمثلة بزيادة موجات الجفاف وارتفاع درجات الحرارة وتدهور نوعية المياه، مما أدى إلى تراجع تصاريح الأنهار وازدياد حدة شحّ المياه (Fanack Water, 2025; Al-Ansari et al., 2014; Al-Ansari et al., 2024). وتنتيجة لذلك، تُشير العديد من الدراسات إلى أن استدامة الزراعة المروية في العراق باتت مهدّدة على المدى البعيد ما لم تُدار الموارد المائية بكفاءة أعلى على مستوى المنظومات الحقلية والوطنية معًا.

ورغم هذا التحدي المتصاعد، ما تزال طرق الري السطحي التقليدية هي السائدة في العراق؛ إذ تعتمد أكثر من 95% من عمليات الري على طريقة الغمر السطحي، في حين لم تتجاوز نسبة المساحات المروية بالرش والتنقيط 5% من إجمالي المساحة المروية. وتُعاني هذه الطرق التقليدية من فاقد كبير في مياه الري نتيجة ضياعات النقل والرشح والتبخّر، وهو ما يقلّل من كفاءة استخدام المياه ويُفاقم مشكلة الشحّ المائي. وفي المقابل، تُظهر الخبرات الحقلية والدراسات الحديثة أن نظم الري الدقيق، ولا سيّما الري بالتنقيط والري بالتنقيط تحت السطحي، تحقق كفاءة عالية في استخدام المياه قد تصل إلى 85-95%، مقارنةً بما هو مسجّل في نظم الري السطحي أو بالرش التقليدي، مع إمكان تحقيق وفورات مائية ملحوظة وزيادة في إنتاجية المحاصيل وتحسين كفاءة استخدام الأسمدة. (Burt et al., 1997; Keller & Bliesner, 2000; Lamm et al., 2012; Liu et al., 2018; Rajput & Patel, 2006; Waseen and Hussein et al., 2025).

في ضوء ما تقدم، تتبلور مشكلة البحث في استمرار الاعتماد شبه الكلي على طرق الري التقليدية ذات الكفاءة المتدنية في العراق، مقابل ضعف تبني تقنيات الري الحديث، على الرغم من ثبوت جدواها الفنية والمائية في العديد من الدراسات. وتتمثل الإشكالية المحورية التي يسعى هذا البحث إلى معالجتها في التساؤل عمّا إذا كان بالإمكان توظيف تقنية ري تحت سطحي جديدة، ممثلة بنظام الري بالتنقيط المستجيب (Responsive Drip Irrigation, RDI)، لتحسين كفاءة استخدام المياه في الزراعة المروية في العراق، وإمكان مقارنتها أو تفضيلها على نظم الري بالتنقيط تحت السطحي التقليدية (Subsurface Drip Irrigation, SDI)، ولا سيّما في البيئات التي تعاني تربتها من مشكلات فيزيائية أو كيميائية مثل ارتفاع النفاذية أو التأثير بالأملاح.

وانطلاقًا من هذه المشكلة، يهدف البحث إلى تجربة طريقة ري تحت سطحية جديدة للمحاصيل تعتمد على نظام الري بالتنقيط المستجيب، بغية تقييم كفاءتها في زيادة كفاءة استخدام المياه (Water Use Efficiency, WUE) وتقليل كميات مياه الري المستعملة والمهدورة، وما يترتب على ذلك من خفض في تكاليف عمليات الري، وإمكانية توسيع المساحات المزروعة ضمن الحصص المائية المتاحة، وبالتالي الإسهام في زيادة الإنتاج الزراعي الوطني

وتعزيز الأمن الغذائي. ويُنتظر أن تسهم نتائج هذا البحث في توفير أساس علمي وعملي يساعد صانعي القرار والجهات المعنية بالقطاع الزراعي في العراق على تبني استراتيجيات أكثر فاعلية في إدارة الموارد المائية عبر إدخال وتطوير نظم الري الحديثة الملائمة للظروف المحلية.

1-1- نظام الري بالتنقيط (SDI) Sub Drip Irrigation

من بين التقنيات الحديثة للري، تُعد نظم الري الدقيق وخاصة الري بالتنقيط والري بالتنقيط تحت السطحي الأكثر كفاءة، إذ تتركز الفكرة الأساسية في هذه الطريقة على إمداد النباتات بحاجتها من الماء وكذلك الغذاء وذلك من خلال فتحات صغيرة توجد قريبة من النبات وذلك بمعدلات جريان بطيئة ومتكررة بحيث تحصل الجذور النامية على حاجتها المائية والغذائية بشكل جيد وملائم (Goldberg et al, 1976). وتشير العديد من الدراسات التجريبية والحقلية إلى أن الري بالتنقيط يمكن أن يحقق كفاءة في تطبيق المياه بحدود 85-95%، مقارنةً بنحو 40-60% في حالة الري بالغمر، و70-80% في نظم الري بالرش التقليدية (Burt et al., 1997; Keller & Bliesner, 2000) وتنعكس هذه التحسينات في صورة وفورات مائية كبيرة (تتراوح غالبًا بين 25-80%) (Lamm et al., 2012) وفي كثير من الحالات زيادة في الغلة وتحسن في كفاءة استخدام الأسمدة نتيجة للتوزيع الأكثر تجانسًا للرطوبة والعناصر الغذائية في التربة. (Liu et al., 2018; Rajput & Patel, 2006)

وقد بيّنت الدراسة التي أجراها (Waseen, A. R., and Hussein et al., 2025) أن الري بالتنقيط تحت السطحي في الأراضي الرملية المختلطة حسن توزيع الرطوبة وقلل من تراكم الملوحة، مما أسهم في تحسين أداء المحاصيل مقارنةً بطرق الري السطحي التقليدية وعليه، تُعد نظم الري الدقيق خيارًا جذابًا بصورة خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث يمكن إعادة تخصيص كل وحدة مياه يتم توفيرها إلى مساحات مزروعة إضافية أو إلى تلبية احتياجات قطاعات أخرى (FAO, 2018).

وعلى العموم فإن هذا النظام رغم كفاءته العالية في الاقتصاد في مياه الري إلا أن جدواه الاقتصادية معدومة مع المحاصيل الحقلية نظرا لارتفاع تكلفته الإنشائية لذا فهو محصور فقط على المحاصيل المحمية والبستانية ولا يخلو من بعض العيوب مثل مشاكل انسداد المنقطات وملوحة مياه الري وحدوث تلف في أنابيب التنقيط أو المنقطات.

1-2- نظام الري بالتنقيط المستجيب (RDI) Responsive Drip Irrigation

أن نظام الري بالتنقيط المستجيب هي أحدث تقنية ري في العالم , حاصلة على براءة اختراع عالميًا تعتمد في مبدء عملها على الكيمياء العضوية عن طريق تفاعل إشارات جذر النبات مع انبوب توصيل المياه والمغذيات GrowStream (Imran, 2024), يحتوي الأنبوب على سطح داخلي أملس تم غمره ببوليمر محب للماء ينشئ رابطة كيميائية للحفاظ على جزيئات الماء داخل الأنبوب عند حصول نقص أو أجهاد مائي للنبات تطلق النباتات إفرازات كيميائية تكسر الحد الجزيئي للماء من البوليمر المحبة للماء ويؤدي إلى تدفق الماء والأسمدة أو المغذيات القابلة للذوبان في الماء من داخل الأنبوب الى جذر النبات شكل (1).

يعمل نظام الري المستجيب RDI بضغط بين (1.0 – 0.14) بار أي بحدود (2.03 - 14.5) psi وبذلك يعتبر من أنظمة الضغط المنخفض, يتم ذلك بوضع خزان المياه على ارتفاع يتراوح بين متر وثلاثة أمتار فوق مستوى

سطح الأرض لتسهيل تدفق المياه بفعل الجاذبية, كما لا بد أن يظل نظام الري مفتوح على مدار الوقت لتجهيز النبات بالاحتياجات المائية في الوقت الفعلي.



الشكل 1: توزيع جذور النباتات حول نظام الري بالتنقيط المستجيب

3-1- احتياجات الري تحت نظام الري بالتنقيط

تعرف احتياجات الري بأنها كمية المياه الواجب اضافتها للتربة لمقابلة الاحتياجات المائية للنباتات مضافا اليها الفقد الحادث بالتسرب العميق واحتياجات الغسل, (Brouwer, C., & Heibloem, M., 1986).

احتياجات الري = الاحتياجات المائية للنباتات + فوادم المياه بالتسرب العميق + احتياجات الغسل. ويعبر عن فوادم المياه بالتسرب العميق بكفاءة اضافة المياه E_a , كما أنه عند حساب احتياجات الري لا بد وان تؤخذ انتظام توزيع المياه بالشبكة بعين الاعتبار لذلك فان احتياجات الري IR تحسب من المعادلة التالية:

$$IR = \frac{ET_0 * k_c * k_r}{E_a * E_u} * \frac{1}{(1 - LR)}$$

ET_0 حيث أن ET_0 التبخر- نتح القياسي للمنطقة (مم/ يوم), K_c معامل المحصول, K_r معامل النقص او الاختزال,

E_a كفاءة اضافة مياه الري, E_u كفاءة انتظام التوزيع, LR معامل الغسل. ويحسب معامل الغسل كنسبة بين ملوحة مياه الري الى ملوحة مياه البزل.

4-1- حساب عدد المنقطات للنبات الواحد

من أهم النقاط التي يجب مراعاتها عند تصميم نظام الري بالتنقيط هو تحديد عدد المنقطات الواجب وضعها للنبات الواحد, ولكي يكون التصميم جيدا في حالة النباتات المتقاربة في الزراعة يجب ابتلال او ترطيب شريط من

المياه بعرض مناسب ليسمح بأنتشار جيد للجذور. وفي هذه الحالة تكون نسبة المساحة المبتلة تتراوح من (80 الى 90) % . وهناك عدة طرق لوضع المنقطات حول النبات منها:-

- منقط متعدد المخارج.
- خط تنقيط منفرد لكل خط من الأشجار.
- خط تنقيط متعرج.
- خطوط تنقيط دائرية.
- خط تنقيط مزدوج لكل خط من الأشجار.

5-1 - الفترة بين الريات

تحسب الفترة بين الريات (يوم) من كل من الماء المتيسر او الجاهز بالتربة (w) ومقدار الاستهلاك المائي للنباتات المزروعة ET_{crop} (مم/يوم) ومقدار مساهمة الماء الارضي Ge (مم/يوم) ومقدار الامطار Pe (مم/يوم) من المعادلة التالية :-

$$I = \frac{w}{ET_{crop} - Pe - Ge}$$

ويحسب قيمة الماء المتيسر او الجاهز بالتربة من العلاقة التالية:

$$w = F * \left(\frac{Fc - Wp}{100} * AS * Y * P \right)$$

$$d = \frac{w}{Ea * Eu} * \frac{1}{1 - LR}$$

حيث أن d كمية المياه الواجب اضافتها في الريه الواحدة (سم). F. النسبة المسوح باستفادها من الماء الميسر وهي في حدود 30% للنباتات الحساسة للعطش وفي حدود 60% للنباتات الاقل حساسية, Fc نسبة الرطوبة عند السعة الحقلية لتربة الدراسة (%), Wp نسبة الرطوبة عند نقطة الذبول الدائم لتربة الدراسة (%), AS الكثافة الظاهرية النوعية للتربة, Y عمق المجموع الجذري للنبات المزروع (سم), P نسبة المساحة المبتلة (المرطبة) من المساحة الكلية لسطح تربة الدراسة في حالة عدم وجود غطاء خضري او وجود غطاء نباتي قليل لا يغطي اي جزء من سطح التربة ويمثل هذا المرحلة الاولى من زراعة النبات.

6-1 - فترة الري

بزيادة فترة الري يقل التصريف المطلوب وبالتالي تقل التكاليف الثابتة للنظام ولا توجد حدود يمكن الاخذ بها للحد الاقصى لفترة الري الا انه في الاراضي الخشنة والخفيفة القوام فانه يوصى بأن تضاف المياه باقل تصريف ممكن وذلك لتفادي حدوث فقد للمياه بالتسرب العميق لذلك يوصى بان تكون فترة الري تتراوح من 9- 15 ساعة / يوم الا انها يمكن ان تزيد في فترة الاحتياجات المائية القصوى حتى تصل الى 20 ساعة / يوم.

7-1- تصريف المنقط

يمكن حساب تصريف المنقط أو المنقطات بعد حساب كمية مياه الري الواجب اضافتها وكذلك فترة الري كما بالمعادلة التالية:

$$q = \frac{IR * A}{T} = \frac{IR * Sr * Sl}{T} \text{ - حيث:}$$

q تصريف المنقطة (لتر/ساعة), IR احتياجات الري اليومية (ملم), A المساحة المخصصة للنبته الواحدة (م²) والتي يمكن حسابها بالطريقة التالية وهي:-
= (المسافة بين النباتات * Sr * المسافة بين الخطوط SI), T, فترة الري (ساعة) .

2- مواد وطرائق العمل

أعتمد البحث على المنهج التطبيقي العملي عن طريق أجرى تجربة حقلية في محطة أبحاث الراند في أبو غريب خلال عام 2022. وصنفت تربة منطقة الدراسة على أنها مزيجية غرينية طينية (silty clay loam) وفق نظام التصنيف الأمريكي للترب (Typic orrfluvents) (Abbas and Salih, 2005), تم تقدير خصائص الكيميائية لتربة الحقل قبل الزراعة كما هو مبين في الجدول (1). أما مصدر مياه الري فكان من نهر أبو غريب كما هو موضح في الجدول (2) .

الجدول 1: التحليل الكيميائي لتربة الحقل قبل الزراعة

Depth (cm)	Ec (dS/m)	pH	Ca mg/l	Na mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	HCO ₃ mg/l
0-15	7.3	7.55	600	1270	250	680	80
15-30	8.1	7.8	450	2498	124	2550	145
30-45	7.0	7.7	400	2297	100	960	145

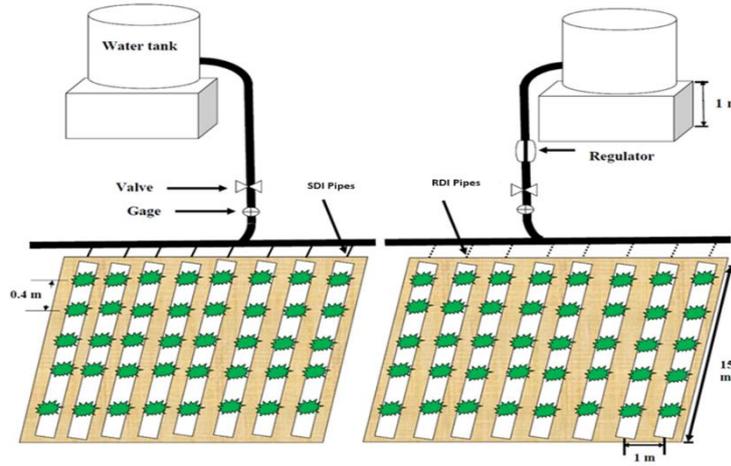
الجدول 2: قيم التحليل الكيميائي لمياه الري

Source of water	Ece (dS/m)	pH	Ca mg/l	Na mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	HCO ₃ mg/l
River	0.9	7.63	200	65.1	68	85.2	17.8

تم اختبار نظامي ري اثنين: نظام الري بالتنقيط المستجيب (Responsive Drip Irrigation, RDI) ونظام الري بالتنقيط تحت السطحي التقليدي (Subsurface Drip Irrigation, SDI), باستخدام وتركيب المكونات الرئيسية

مثل أنابيب PVC، والمحولات، والوصلات، والموصلات، وأنابيب RDI، والأغطية الطرفية، ومقياس الضغط، وعداد المياه، والفلتر. زُودت المياه من خزائين علويين بارتفاع (1) م سعة 2000 لتر لكل معاملة وبضغط تشغيل يتراوح بين 0.14–1 psi الشكل (1) قدرة المياه المستهلكة للري بواسطة عدادين قطر $\frac{3}{4}$ انج مثبتين في بداية كل نظام ري شكل (2) و(3).

غطى كل نظام مساحة قدرها 0.25 هكتار (15 م × 15 م) بواقع (9) خطوط لكل معاملة. تمت زراعة شتلات الباذنجان بعد 50 يومًا من الإنبات وتلقت المعاملتان نفس التسميد العضوي وبرنامج مكافحة الآفات وفق إرشادات الإدارة المتكاملة للآفات (Integrated Pest Management, IPM).



الشكل 2: مخطط توزيع نظامي الري في الحقل



الشكل 3: الاعمال الحقلية للدراسة

3- الطرق الحسابية لتقدير رطوبة الحقل

تمت مراقبة رطوبة التربة باستخدام أنابيب من الألياف الزجاجية (بعمق 1 م وقطر 28 مم) مع مجسّن رأسي كهرومغناطيسي (profile probe) لتقدير الاحتياجات المائية للري. تم حساب الماء المتاح الكلي (TAW) باستخدام المعادلة (1):

$$TAW = (FC - WP) \times Pb \times Drz \quad (1)$$

حيث إن FC هي السعة الحقلية، و WP هي نقطة الذبول الدائم، و Pb هي الكثافة الظاهرية للتربة، و Drz هو عمق الجذور الفعال. وعندما يُستنزف 50% من الرطوبة المتاحة، يُحسب عمق الري الصافي (Dn) كما يأتي:

$$Dn = dep \times TAW \quad (2)$$

تم حساب إنتاجية الماء (WP) على أنها النسبة بين حاصل الإنتاج الكلي (Y) بالكيلوغرام وإجمالي كمية مياه الري المستخدمة (Vm) بالمتر المكعب، وذلك وفق المعادلة التالية:

$$WP = Y / Vm \quad (3)$$

4- النتائج والمناقشة

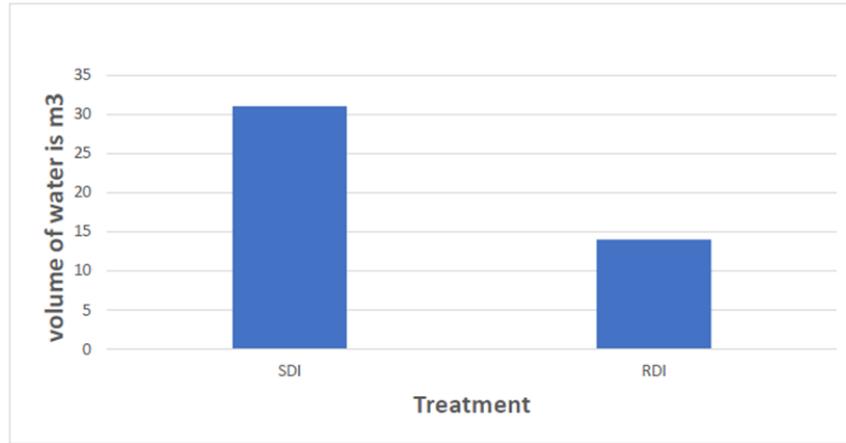
من الجدول (3) على الرغم من الانخفاض الطفيف في إنتاجية نظام الري المستجيب مقارنةً بالري بالتنقيط القياسي، يعود سبب ذلك إلى أن جذور النبات يحتاج مدة زمنية لتثبيت وتأقلم جذوره مع نمط الري الجديد الذي يعتمد أساساً على استجابة أنبوب نظام الري إلى إفرازات تلك الجذور.

الجدول 3: إنتاجية النظامين بعد 60 يوماً من الزراعة.

replicates	SDI (Kg)	RDI (Kg)
R1	5.9	5.2
R2	6.7	5.7
R3	5.8	5.6
Avg.	6.13	5.5

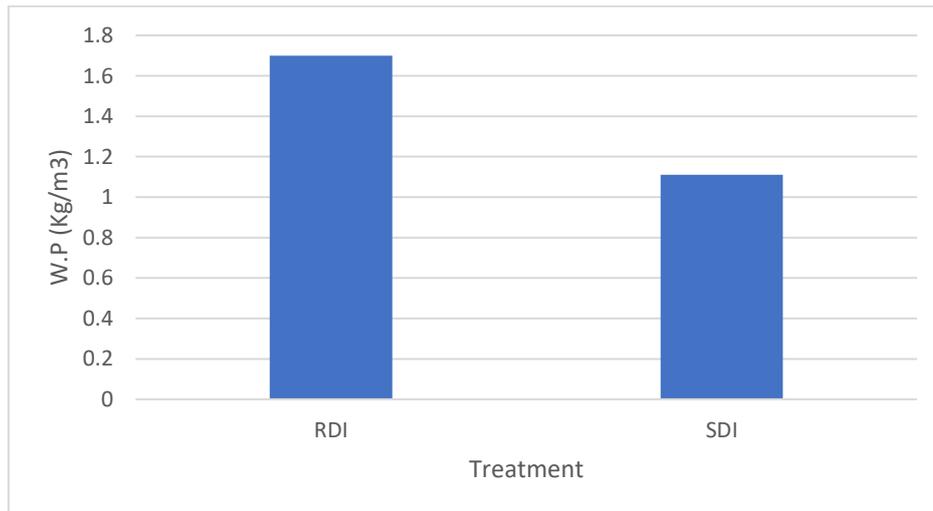
بيّنت الدراسة أن نظام RDI وقر أكثر من 50% من مياه الري مقارنةً بنظام SDI والسبب يرجع إلى أن تحت سطح التربة، تكون حياة النباتات ديناميكية للغاية. تُطلق جميع النباتات مجموعة واسعة من الإشارات الكيميائية الطبيعية في منطقة الجذور (الريزوسفير). ومن أهم وظائف هذه الإفرازات الجذرية امتصاص الماء والمغذيات وحسب بيئتها المتغيرة (درجة الحرارة، الرياح، الأمطار) وعبر مراحل نموها المختلفة، يُمكنها إطلاق الإفرازات من

امتصاص احتياجاتها من التربة المحيطة، والتكيف والنمو باستمرار, وهذا ما يتوافق مع ما توصل إليه (Ghani et al., 2020). (الشكل 4).



الشكل 4: حجم المياه المستخدمة في ري المحصول بين الأنواع المختلفة لأنظمة الري.

كان نمو المحصول متجانسًا في كلا النظامين، في حين كانت الإنتاجية من المحصول تحت نظام SDI أعلى بنحو 10% مقارنةً بنظام RDI. ومع ذلك، أظهر نظام RDI تفوقًا في إنتاجية الماء (1.7 كغم/م³) مقارنةً بنظام SDI (1.1 كغم/م³) وهذا عائد لتقليل الضائعات المائية من الارتشاح والتدفق من المنقطات وهذه القيمة (الكفاءة الإنتاجية للماء) هي الأهم من الإنتاج المتحقق المطلق على أساس كغم/هكتار وهذه المؤشرات هي الأهم في حالة وجود مساحات واسعة من الأراضي يقابلها نقص أو عجز في توفير المياه الكافية لزراعة هذه المساحات وهذا هو واقع الحال في العراق كما في الشكل (5). لذلك، يمكن اعتماد نظام RDI كطريقة ري بديلة للزراعة الموفرة للمياه، لا سيما في المناطق الجافة مثل العراق.



الشكل 5: مقارنة إنتاجية الماء بين نظامي الري

تُظهر هذه الدراسة أن مقارنة نظام الري بالتنقيط المستجيب (RDI) بنظام الري بالتنقيط القياسي (SDI) تكشف عن مفاضلة واضحة بين تعظيم الانتاج من جهة، وتحسين كفاءة استخدام المياه من جهة أخرى مع ظروف الشحة و العجز المائي ، وهي مسألة حاسمة لاستدامة الزراعة في البيئات الجافة. فبينما أدى نظام SDI ، الذي يوفّر عادةً مياه ري تغطي 100% من الاستهلاك المائي المحسوب للمحصول، إلى تحقيق إنتاجية أعلى للمحصول، أظهر نظام RDI ، الذي يعتمد على تطبيق أمداد مائي مسيطر عليه خلال المراحل من نمو النبات، قدرة استثنائية على توفير المياه.

5- الاستنتاجات

أن تطبيق أنظمة الري بالتنقيط المستجيب (RDI) يُعدّ خطوة محورية في تطوير الممارسات الزراعية المستدامة؛ إذ يُسهم في رفع كفاءة استخدام المياه، مما يسمح بتحقيق إنتاجية أعلى للمحصول مع خفض كبير في المدخلات المائية. ويُبرز هذا التحسن في إنتاجية الماء قابلية هذا النظام ليكون حلاً مستداماً لزراعة الخضروات في المناطق الجافة وشحيحة المياه، ولا سيما في ظروف العراق.

6- التوصيات

- 1 -ادخال تقنيات متقدمة في الري (الري بالتنقيط المستجيب والري بالتنقيط تحت السطح) سيؤدي الى توفير كميات كبيرة من المياه تتراوح بين 38 -42 % تساعد في التوسع الافقي في المساحة المروية للاراضي الزراعية او استخدامها في المجالات الضرورية الاخرى .
 - 2 -ضرورة التوسع في دراسة نظام الري بالتنقيط المستجيب والاستفادة من المزايا التي يمكن أن يوفرها مثل هذا النظام والاستفادة من مصادر الطاقه المتجددة لتشغيل منظومات الري الري بالتنقيط المستجيب وتحت السطحي .
 - 3 -الاستفادة من التنوع البيولوجي والمناخي وظروف التربة في العراق لغرض استخدام مثل هذه الطرق في المناطق المناسبة لها وتحقيق إنتاج أفضل وكفاءة استخدام للماء أعلى.
- دراسة أمكانية استخدام الضغوط التشغيلية الواطئة لغرض تسهيل نصب وتشغيل مثل هذه المنظومات لدى الفلاحين والمزارعين وفي المساحات الصغيرة كخطوة أولى في هذا المجال.

- Abbas, A. H., & Salih, R. M. (2005). Project to study irrigation efficiency using spray and drip irrigation systems. Centre for Environmental Studies, Directorate General of Water Resources Management, Ministry of Water Resources, Iraq.
- Anwar, M. S., & Hamid, W. A. (2018). Estimate the wastage and water needs in Iraqi agriculture for the agricultural season. *Al Kut Journal of Economics and Administrative Sciences*, 12(38), 569–587.
- AFP/964media (2024). *Iraqi farmers see hope with water-saving irrigation techniques amid drought threat*. +964 Media, 24 March 2024.
- Al-Ansari, N., Ali, A. A., & Knutsson, S. (2014). Present conditions and future challenges of water resources problems in Iraq. *Journal of Water Resource and Protection*, 6, 1066–1098.
- Al-Ansari, N., Adamo, N., Sissakian, V., Laue, J., & Abed, S. A. (2024). Solving the water resource problems in Iraq. *Engineering*, 16, 205–223.
- Anwar, A., & Wissam, H. (2018). [Your original source details here – fill in journal, volume, pages].
- Al Shammari, A. T. M. (2025). The Impact of Modern Irrigation Techniques on Enhancing Food Security and Financial Investment – Wheat Crop as a Case Study. *Journal of Water Resources and Geosciences*, 4(2), 45–56. Baghdad: Ministry of Water Resources.
- Brouwer, C., & Heibloem, M. (1986). Irrigation water management: Irrigation water needs (Training Manual No. 3). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Retrieved from <https://www.fao.org/4/s2022e/s2022e00.htm>
- Burt, C. M., Clemmens, A. J., Strelkoff, T. S., Solomon, K. H., Bliesner, R. D., Hardy, L. A., O'Halloran, P. M., & Humphreys, D. (1997). Irrigation performance measures: Efficiency and uniformity. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 123(6), 423–442.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2018).** Coping with water scarcity in agriculture: A global analysis of the technologies and management practices (FAO Water Reports, 41). FAO.
- EPIC – Enabling Peace in Iraq Center (2024). *Drip irrigation: Making every drop count – can drip irrigation save agriculture in the cradle of civilization?* Policy report.

- Fanack Water (2025). *The Tigris and Euphrates in Iraq: “The Land Between Two Rivers” Under Threat*. Fanack Water Publications, 8 August 2025.
- Engr. Imran Arshad (2024). Responsive drip irrigation (rdi): transforming water management in agriculture. Leaves and Dew Publication, New Delhi 110059. *Agri Journal World*, 4(6):1-6.
- International Organization for Migration (IOM) (2022). *Small Scale Irrigation Infrastructure Development in Iraq: A Feasibility Review*. IOM Iraq.
- Ghani, et al., 2020. Yield and water productivity of rice as influenced by responsive drip irrigation, alternate wetting and drying versus conventional flooding under silty loam soil texture. v.12, n.1-3, p.1-13, 2023.
- Goldberg, O.A.W. Marsh .and C.D. Gustafson. 1976. Drip Irrigation Scientific Publication Henderson, D.W.1961 Irrigation Lecture Notes U.C. Davis, California, USA.
- Keller, J., & Bliesner, R. D. (2000).** *Sprinkle and trickle irrigation*. The Irrigation Association.
- Lamm, F. R., Trooien, T. P., & O'Brien, D. M. (2012).** Microirrigation: Worldwide application and future directions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 138(10), 875–881. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0000494](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000494)
- Keller , J. and D. Karameli , .1974. Trickle irrigation design parameters. Transaction of the AS E 17 : 678-685.
- Liu, H. J., Cai, Y. M., & Li, Y. L. (2018).** Drip irrigation for agriculture: A review. *Agricultural Water Management*, 208, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.002>
- Rajput, T. B. S., & Patel, N. (2006).** Water and fertilizer savings in vegetable crops with drip irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 132(6), 579–585. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2006\)132:6\(579\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2006)132:6(579)).
- Waseen, A. R., Hussein, A. M., Tayyeh, H. K., Ridha, A. I., & Tayyeh, A. K. (2025). Study of the moisture and salinity distribution pattern for subsurface drip irrigation in sandy mixed soil using the Hydrus 2D program. *Journal of Water Resources and Geosciences*, 4(1), 33–44. Baghdad: Ministry of Water Resources.