



DOI: <https://doi.org/10.65814/ijar.30.1.14>

تأثير بعض أساليب الري بالتنقيط السطحي وعمق الماء المضاف في بعض المعايير المائية وكفاءة استعمال الماء لمحصول البروكلي*

سعد عناد حرفوش الدليمي²

saad.harfoush@uoanbar.edu.iq

عبدالرحمن جازي سمران الجبوري¹

abd23g2004@uoanbar.edu.iq

© 2026 Directorate of Agricultural Research, Ministry of Agriculture. This is an open-access article under the CC by Licenses <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



الملخص

أجريت تجربة حقلية في محطة الأبحاث الزراعية الأولى التابعة لجامعة الأنبار، قضاء الرمادي، محافظة الأنبار غرب العراق في تربة رسوبية ذات نسجة مزيجية غرينية Silty Loam في الموسم الخريفي 2024، لدراسة تأثير بعض أساليب الري بالتنقيط السطحي وعمق الماء المضاف في بعض المعايير المائية وإنتاجية محصول البروكلي. اشتملت الدراسة على ثلاثة أساليب للري وهي الري بالتنقيط السطحي التقليدي I_t ، والري بالتنقيط السطحي الشريطي I_r ، والري بالتجفيف الجزئي لسطح التربة I_p ، إلى جانب ثلاثة أعماق مختلفة للماء المضاف عند مستويات 50% و60% و70% من الماء الجاهز للنبات، وزعت المعاملات بتجربة عاملية وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة. زُرِع محصول البروكلي صنف MAX F1 بتاريخ 2024/10/28، وتم اعتماد حوض التبخر الأمريكي صنف A في جدولة الري. شملت القياسات الإيصالية المائية المشبعة، معدل الغيض الأساس، الاستهلاك المائي، كفاءة الإضافة، الحاصل الكلي، وكفاءة استعمال الماء.

أظهرت النتائج تفوق أسلوب التجفيف الجزئي لسطح التربة I_p في تحسين الصفات المدروسة، إذ سجل أعلى معدل للقيم لكل من الإيصالية المائية المشبعة 5.48 سم ساعة⁻¹ ومعدل الغيض الأساس 4.43 سم ساعة⁻¹ والحاصل الكلي 26.37 طن. هكتار⁻¹ وكفاءة الإضافة 90.51% وكفاءة استعمال الماء 31.47 كغم. م⁻³، كما تبين أن العمق $d_{0.50}$ أعطى أفضل النتائج بين الأعماق، إذ بلغت الإيصالية المائية المشبعة 5.03 سم ساعة⁻¹، والحاصل الكلي 26.15 طن هكتار⁻¹، وكفاءة الإضافة 90.40%، وكفاءة استعمال الماء 29.22 كغم م⁻³، بلغ الاستهلاك المائي الموسمي 50.97 و47.45 و45.06 سم موسم⁻¹ للأعماق $d_{0.50}$ و $d_{0.60}$ و $d_{0.70}$ بالتتابع، أما أفضل معاملة في التداخل فكانت بين التجفيف الجزئي لسطح التربة ومستوى 50% من عمق الماء المضاف $I_p d_{0.50}$ على التوالي أعطت أعلى قيمة للإيصالية المائية المشبعة 5.72 سم ساعة⁻¹ ومعدل الغيض الأساس 4.70 سم ساعة⁻¹ والحاصل الكلي 30.47 طن. هكتار⁻¹ وكفاءة الإضافة 91.20% وكفاءة استعمال الماء 34.05 كغم. م⁻³.

الكلمات الدالة: أساليب الري بالتنقيط السطحي، عمق الماء المضاف، الإيصالية المائية المشبعة، معدل الغيض الأساس، الاستهلاك المائي، كفاءة الإضافة، كفاءة استعمال الماء.

*جزء مستل من رسالة ماجستير الباحث الأول.

¹وزارة الزراعة، دائرة التخطيط والمتابعة، بغداد. العراق.

²جامعة الأنبار، كلية الزراعة، الأنبار. العراق.

➤ تاريخ تسلم البحث: 8/ كانون أول/ 2025

➤ تاريخ قبول البحث: 5/ كانون ثاني/ 2026

➤ متاح على الانترنت: 30/ حزيران/ 2026

المقدمة

تُعد الموارد المائية أحد الركائز الأساسية لضمان الأمن الغذائي وتحقيق الاستدامة الزراعية، إذ أن أكثر من 70% من المياه العذبة المتاحة عالمياً تُستهلك في القطاع الزراعي. وفي ظل التحديات المناخية وتزايد الطلب السكاني على الغذاء بات من الضروري تطوير وتحديث أساليب الري بما يضمن كفاءة استعمال المياه وتحسين إنتاجية المحاصيل خاصة في المناطق ذات الموارد المائية المحدودة كمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا ومنها العراق [17]. تزداد الحاجة إلى تحسين نظم الري عبر اعتماد تقانات قادرة على رفع كفاءتها وضمان الاستخدام الأمثل للمياه، ويُعد نظام الري بالتنقيط التقليدي من أبرز التقانات الحديثة التي شهدت انتشاراً واسعاً في الزراعة المروية، لما يمتاز به من قدرة عالية على تحقيق كفاءة مرتفعة في استعمال الماء، ويعتمد هذا النظام على توصيل المياه إلى التربة بصورة دقيقة من خلال منقطات تعمل على إطلاق المياه على شكل قطرات أو تيارات صغيرة موزعة على امتداد خطوط الري، مما يضمن وصول الماء مباشرة إلى منطقة السطح والجذور بكفاءة عالية [25].

أوضح Kumar et al. [26] أن من أبرز الابتكارات الحديثة في مجال إدارة المياه الزراعية هو أسلوب التجفيف الجزئي لمنطقة الجذور PRD الذي طور بهدف تحسين كفاءة استعمال المياه دون التأثير السلبي الكبير في نمو النبات أو إنتاجيته، ويقوم هذا الأسلوب على مبدأ ري نصف منطقة الجذور وترك النصف الآخر جافاً نسبياً بالتناوب، مما يؤدي إلى تحفيز استجابات فسيولوجية داخل النبات أبرزها إفراز حمض الأبسيسيك ABA من الجذور غير المروية الذي يسهم في الإغلاق الجزئي للثغور وتقليل الفاقد بالتبخر مع المحافظة على معدلات التمثيل الضوئي. وبذلك تسهم هذه التقنية في رفع كفاءة استخدام المياه وتحسين الإنتاجية النوعية للمحاصيل وقد تم تطويره إلى أسلوب التجفيف الجزئي لسطح التربة *Partial drying of the soil surface - I_p* في دراستنا الحالية، كما يُعد نظام الري بالتنقيط السطحي الشريطي *Strip Drip Irrigation - I_r* أحد التطورات الحديثة في تصميم أنظمة التنقيط إذ يعتمد على تقليل المسافة بين المنقطات أو ترتيبها في خطين متقابلين بطريقة متبادلة (zig-zag)، مما يؤدي إلى تكوين جهات ترطيب متداخلة تأخذ شكلاً شريطياً مستطيلاً حول منطقة الجذور ويسمح هذا التكوين بزراعة النباتات على جانبي الشريط المبتل مما يوفر توزيعاً مائياً أكثر تجانساً ورطوبة مثالية للنبات ويحقق كثافة نباتية مرتفعة وإنتاجية أعلى مقارنة بالطرق التقليدية. يعد نظام الري بالتنقيط السطحي فعالاً بصورة واضحة في تقليل فواقد مياه الري في الحقول الزراعية، إذ تسجل نسبة الفاقد من 60-70% كحد أقصى بطريقة الري التقليدي مما يعني خفض كميات المياه المضافة تقريباً 30-40% مقارنةً بما ومع ذلك تشير الدراسات إلى ضرورة رفع كفاءة التشغيل وتقليل عدد ساعات عمل النظام لتحقيق أفضل كفاءة مائية [26].

إن استخدام الري المعتمد على التبخر- نتح من خلال الري بالتنقيط السطحي الشريطي ممكن من تقليل كميات المياه المضافة بنسبة 25-30% مقارنةً بالري السطحي السحيق مع المحافظة على الغلة، ما يعزز من إنتاجية المياه ويرفع جدوى النظام اقتصادياً وزراعياً [16]. تعد تقنية التجفيف الجزئي للمنطقة الجذرية أحد التقانات الإستراتيجية الفعالة لحفظ المياه، التي من خلالها يتم ترطيب نصف المجموع الجذري مع ترك النصف الآخر، أي يتم ري جانب واحد فقط من المجموع الجذري للنبات، وبهذه التقنية فأن جزءاً واحداً من الجذر يمتص الماء ويبقى الجزء الآخر جافاً، وهكذا تستمر العملية بالتناوب بين جهتي النبات المزروع، وقد جرى تطوير هذه التقنية لتشمل التجفيف الجزئي لسطح التربة وليس للمنطقة الجذرية [1]. يُعد الغيض من المؤشرات الأساسية على كفاءة توزيع الماء في أنظمة الري بالتنقيط، ويتأثر بشكل مباشر بالمسافة في المنقطات، وقد بينت النتائج أن معدل الغيض الأساس في التربة الطينية يتناقص كلما ازدادت المسافة بين المنقطات؛ إذ بلغ 0.06 سم دقيقة⁻¹ عند مسافة 15 سم، وانخفض تدريجياً إلى 0.05 و 0.04 و 0.03 سم دقيقة⁻¹ عند المسافات 25 و 35 و 45 سم، وتشير هذه النتائج إلى أن زيادة المسافة تقلل من سرعة دخول الماء إلى التربة وتقلل كفاءة الغيض [19]. يحسن ضبط عمق الماء المضاف في نظام الري بالتنقيط من الخصائص الفيزيائية للتربة مثل الرطوبة والملح، ويزيد من كفاءة استعمال المياه وجودة المحصول [24].

يُعد نبات البروكلي *Brassica oleracea var. italica* من العائلة الصليبية ذات القيمة الغذائية العالية لاحتوائه على فيتامينات C و K و A، إضافةً إلى المعادن مثل الكالسيوم والبوتاسيوم والألياف الغذائية، كما يمتاز بوجود مركبات الجلوكوسينولات التي تتحول إلى مركب السولفورافان ذي التأثيرات المضادة للأكسدة والالتهابات، مما يجعله مهماً في تعزيز المناعة والوقاية من بعض الأمراض المزمنة، كما يعد البروكلي من المحاصيل الاقتصادية الحيوية التي تُزرع في العديد من البيئات ويمتاز بسرعة نموه وكفاءته في استهلاك الماء مقارنةً ببعض محاصيل الخضراوات الأخرى [15]. ويهدف البحث إلى تأثير بعض أساليب الري بالتنقيط السطحي وعمق الماء المضاف في بعض المعايير المائية وكفاءة إستعمال الماء لمحصول البروكلي.

المواد وطرق البحث

أُجريت تجربة حقلية في تربة رسوبية ذات نسجة مزيجية غرينية Silty Loam في اثناء الموسم الخريفي للعام 2024 في محطة الابحاث الزراعية الأولى العائدة الجامعة الانبار - كلية الزراعة - قضاء الرمادي مركز محافظة الانبار الواقعة عند دائرة عرض $33^{\circ} 45' 37''$ شمالاً، وخط طول $43^{\circ} 32' 65''$ شرقاً. أُجريت التجربة على أرض أبعادها 15×36 م بمساحة 540 م^2 وتمت تهيئة الأرض من خلال حراثة الأرض حراثة متعمدة باستخدام المحراث المطرحي القلاب Moldboard وبعد ذلك نُعمت التربة وتمت تسويتها، ثم قُسمت الأرض إلى ثلاثة قطاعات يحوي كل منها 9 معاملات، لتصبح 27 معاملة بطول 10 م وعرض 80 سم والمسافة بين خطوط الزراعة 1.5 م وبين مسطبة وأخرى 0.70 م وبين قطاع وآخر 2 م، ووُزعت معاملات التجربة عشوائياً داخل كل قطاع وفقاً لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة بترتيب تجربة عاملية، إذ تم مد خطين من الأنايب الفرعية لكل مسطبة المسافة بين خط وآخر 0.30 م للري بالتنقيط الشريطي بشكل متفاوت لتقريب المسافة بين المنقطات والري بالتجفيف الجزئي لسطح التربة على شكل خطين متقابلين في حين كانت معاملات الري بالتنقيط السطحي التقليدي خط واحد وبتصريف فعلي 7.64 لتر. ساعة⁻¹. قُسم الحقل إلى ثلاثة قطاعات وتمت زراعة شتلات نبات البروكلي صنف ماكس MAX F1 الأمريكي، بتاريخ 2024/10/28 على مسافة 0.40 م بين شتلة وأخرى، وتم الجني بتاريخ 2025/2/16.

الصفات الفيزيائية والكيميائية لتربة الدراسة قبل الزراعة

أُخذت نماذج عديدة تربة قبل البدء بالتجربة الحقلية وحُطت في إنغودج واحد ممثل لتربة الحقل ولعمق من 0-30 سم، جففت هوائياً ثم نخلت بمنخل قطر فتحاته 2 مم، لغرض إجراء التحاليل المختبرية الفيزيائية والكيميائية لبعض صفات التربة قبل الزراعة والتي يلزم نخلها. وبين جدول 1 بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية. فيما يوضح جدول 2 الخصائص الكيميائية لمياه الري من قبل مختبر الملوحة الأمريكي [23].

Table 1: Some physical and chemical properties of field soil at a depth of 0-30 cm before planting

Physical catachrestic	Specific value	Units	Chemical catachrestic	Specific value	Units
Sand	200	gm.kg ⁻¹	pH	7.5	ds.m ⁻¹
Slit	515		EC (1:1)	2.92	
Clay	285		CEC	20	
Texture	Silty Loam	—	O.M	6.8	gm.kg ⁻¹
Particle density	2.62	µg.m ⁻³	CaCO3	236	
Bulk density	1.37		CaSO4	12.5	
Porosity	47.71	%	Ca ⁺⁺	14.6	meq.L ⁻¹
Basic Infiltration Rate	5.6	cm.h ⁻¹	Mg ⁺⁺	7.4	
Saturated water conductivity	6.16		Na ⁺	6.0	
Mean-wight diameter	0.33	mm	K ⁺	1.2	
Field capacity	38.90	%	Cl ⁻	11.7	
permanent wilting point	11.90		SO4 ⁻	7.4	
Available water	27.00		HCO3 ⁻	10.4	
			CO3 ⁻	Nil	

Table 2: Chemical properties of irrigation water

Ec ds.m ⁻¹	pH	Dissolved Ions meq.L ⁻¹								NO ₃ -- ppm	SAR	Class
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻			
1.72	7.4	2.4	2.8	1.9	2.5	3.2	3.5	1.6	Nil	0.8	1.14	C ₂ S ₁

الصفات المدروسة

الإيصالية المائية المشبعة

حسبت الإيصالية المائية المشبعة بطريقة العمود الماء الثابت Constant Head Method التي ذكرها Allen

et al. [18]، باعتماد قانون دارسي وفقاً للصيغة الرياضية التالية:

$$K = \frac{V}{A t} \left[\frac{L}{\Delta h} \right] \dots \dots \dots (1)$$

إذ أن:

K: الإيصالية المائية المشبعة، سم ساعة⁻¹. A: مساحة المقطع العرضي لعمود التربة، سم².

V: حجم الماء المبزول، سم³. t: زمن جمع الماء المبزول، ساعة.

L: طول عمود التربة، سم. Δh: التغير في جهد الماء بين نقطة دخول الماء وخروجه سم.

معدل الغيض الأساس

حُسب معدل الغيض الأساس باستخدام طريقة الحلقات المزدوجة Double ring وفقاً لـ Haise *et al.* [20].

الاستهلاك المائي للمحصول ومواعيد الري

أعتماداً على منحني وصف رطوبة التربة تم تحديد الرطوبة الحجمية عند حدود السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم المذكورة في جدول 1، إذ أعتمدت معادلة وفقاً لـ Hassan and Nadiwi [21] لحساب عمق الماء المضاف وكما يأتي:

$$d = \frac{\theta_{fc} - \theta_{pwp}}{100} * D \dots \dots \dots (2)$$

إذ أن:

d: عمق الماء المضاف، سم. θ_{fc}: الرطوبة الحجمية عند السعة الحقلية، %.

θ_{pwp}: الرطوبة الحجمية عند نقطة الذبول الدائم، %. D: عمق المنطقة الجذرية المراد اروائها، سم.

أما حساب عمق الماء المضاف للري الواحدة عند مستويات 50، 60 و 70 % فكان من خلال المعادلات التالية:

$$d_{0.50} = (d \times \frac{50}{100}) \dots \dots \dots (3)$$

$$d_{0.60} = (d \times \frac{60}{100}) \dots \dots \dots (4)$$

$$d_{0.70} = (d \times \frac{70}{100}) \dots \dots \dots (5)$$

إذ أن:

d_{0.50}: عمق الماء الواجب اضافته (سم) عند مستوى 50 %.

d_{0.60}: عمق الماء الواجب اضافته (سم) عند مستوى 60 %.

$d_{0.70}$: عمق الماء الواجب اضافته (سم) عند مستوى 70 %.

اما مساحة منطقة الابتلال فحُسبت عن طريق المعادلة التالية:

$$A = \pi r^2 \dots\dots\dots(6)$$

أذ أن:

A : مساحة الابتلال سم². r = نصف قطر خدمة المنقط. π = قيمة ثابتة = 3.14.

وحسب زمن الري من خلال المعادلة التي دُكرت في [6]:

$$Q \cdot t = A \cdot d \dots\dots\dots(7)$$

إذ أن:

d : عمق الماء، مم. Q : التصريف، م³. ساعة⁻¹.

A : مساحة الابتلال، م². t : الزمن، ساعة.

بما أن عمق الماء المضاف d يمثل الاستهلاك المائي الفعلي ET_a فإن:

$$ET_a = d \dots\dots\dots(8)$$

ويتم حساب التبخر - نتح المرجعي بتعويض المعادلة رقم (8) في المعادلة (9) وفقاً لـ [17] وحسب المعادلة التالية :

$$ET_o = \frac{ET_a}{K_c} \dots\dots\dots(9)$$

إذ أن:

ET_a : التبخر - نتح الفعلي، مم. يوم⁻¹. ET_o : التبخر - نتح المرجعي، مم يوم⁻¹. K_c : معامل المحصول.

فيما تُحدد موعد الريات من خلال إيجاد كمية الماء المتبخر من حوض التبخر الأمريكي صنف A وفقاً لـ [17] من

خلال المعادلة التالية:

$$E_{pan} = \frac{ET_o}{K_p} \dots\dots\dots(10)$$

إذ أن:

ET_o : التبخر - نتح المرجعي، مم يوم⁻¹. K_p : معامل حوض التبخر. E_{pan} : التبخر من الحوض، مم. يوم⁻¹.

كفاءة الإضافة

تُدرت كفاءة الأرواء وفقاً لما ذكره [12] كما في المعادلة التالية:

$$\%E_a = W_s / W_f \dots\dots\dots(11)$$

إذ أن:

E_a : كفاءة الإضافة، %.

W_s : حجم الماء المخزون في المنطقة الجذرية، سم³.

W_f : حجم الماء المضاف للحقل، م³.

الحاصل الكلي

حسب الحاصل الكلي وفقاً لما ذكره Al-Jabri [7] من خلال المعادلة التالية:

$$\text{الحاصل الكلي (طن هـ}^{-1}\text{)} = \frac{\text{مجموع حاصل 10 نبات للوحدة التجريبية (كغم) } \times 16667 \times \text{نبات هـ}^{-1}}{10 \times 1000} \dots (12)$$

كفاءة استعمال الماء

قُدرت كفاءة استعمال الماء بإستخدام المعادلة التي ذكرها Doorenbos and Pruitt [16] كما يأتي:

$$\text{WUE (kg m}^{-3}\text{)} = \frac{Y \text{ (kg ha}^{-1}\text{)}}{W A \text{ (m}^3 \text{ ha}^{-1}\text{)}} \dots \dots \dots (13)$$

إذ أن:

WUE: كفاءة استعمال الماء، كغم. م⁻³.

Y: الحاصل الكلي كغم. هـ⁻¹.

WA: حجم الماء المضاف، م³. هـ⁻¹.

التحليل الاحصائي

تم تحليل النتائج احصائياً باستعمال برنامج Genstat بحسب طريقة تحليل التباين على أساس الفروق المعنوية للمقارنة بين معاملات الدراسة عند مستوى معنوية 0.05 لأقل فرقاً معنوياً L.S.D. حسب ما ذكرها Al-Muhammadi [8] and Al-Muhammadi.

النتائج والمناقشة

الايصالية المائية المشبعة

يبين جدول 3 حدوث اختلافات معنوية في قيم الإيصالية المائية المشبعة تحت تأثير بعض أساليب الري بالتنقيط السطحي، إذ أعطت معاملة الري بالتجفيف الجزئي لسطح التربة I_p أعلى معدلاً لقيم الإيصالية المائية المشبعة بلغ 5.48 سم. ساعة⁻¹، في حين كان معدل قيمتي الإيصالية المائية المشبعة 4.23 و 4.63 سم. ساعة⁻¹ لأسلوب الري بالتنقيط السطحي التقليدي I_t والري بالتنقيط السطحي الشريطي I_r على التوالي، ويُعزى سبب ذلك إلى أن أسلوب التجفيف الجزئي لسطح التربة يُبقي جزءاً من المنطقة السطحية في حالة رطوبة متوازنة نتيجة تكرار مدد الترطيب والتجفيف على بناء التربة بما في ذلك تشتت دقائق التربة وعملية الترسيب، كما تُسهم هذه التقنية في التأثير في الكثافة الظاهرية للتربة وزيادة حجوم المسامات الكبيرة المسؤولة عن تنظيم حركة الماء داخل التربة وهذا يتفق مع ما أشار إليه Ahmad *et al.* [1].

كما لوحظ من الجدول ذاته وجود اختلاف معنوي في معدل قيم الإيصالية المائية المشبعة تبعاً لعمق الماء المضاف، إذ ارتفعت الإيصالية المائية المشبعة مع انخفاض عمق الماء المضاف، فقد سجل العمق $d_{0.50}$ أعلى معدلاً لقيم الإيصالية المائية المشبعة والذي بلغ 5.03 سم. ساعة⁻¹ مقارنة بـ 4.78 و 4.53 سم. ساعة⁻¹ عند العمقين $d_{0.60}$ و $d_{0.70}$ على التوالي، ويُعزى سبب ذلك إلى أن العمق الأقل للرية يؤدي إلى مدد ابتلال وجفاف أسرع مما يعزز إعادة ترتيب الحبيبات وتكون مسامات نافذة تسهل حركة الماء داخل التربة، بينما يؤدي زيادة العمق إلى بقاء التربة مشبعة لفترات أطول، فيؤدي ذلك إلى تقليل تهوية التربة فتصبح أقل قدرة على تكوين المسامات الكبيرة التي تنقل الماء، وبالتالي تقل سرعة حركة الماء داخل التربة وانخفاض الكفاءة الهيدروليكية لها فيؤدي إلى انخفاض الإيصالية المائية المشبعة وهذا يتوافق مع ما أوضحه Al-Ta'i [11].

اما التداخل، فقد تبين من الجدول نفسه تأثيراً ظاهرياً في قيم الايصالية المائية المشبعة نتيجة لتداخل بين بعض أساليب الري وعمق الماء المضاف، إذ أعطت معاملة التداخل بين التجفيف الجزئي لسطح التربة ومستوى 50% من عمق الماء المضاف $I_{pd0.50}$ أعلى قيمة بلغت 5.72 سم.ساعة⁻¹ مقارنة بمعاملات التداخل الأخرى كافة، بينما سجلت معاملة التداخل بين الري بالتنقيط السطحي التقليدي ومستوى 70% من عمق الماء المضاف $I_{td0.70}$ أقل قيمة بلغت 3.95 سم.ساعة⁻¹.

Table 3. Effect of some surface drip irrigation methods and depth of added water on saturated water conductivity, cmh⁻¹ for depth 0-30 cm.

d \ I	It	Ir	Ip	Average d
d _{0.50}	4.49	4.88	5.72	5.03
d _{0.60}	4.25	4.65	5.43	4.78
d _{0.70}	3.95	4.36	5.28	4.53
L.S.D _{0.05}	0.065			0.038
Average I	4.23	4.63	5.48	
L.S.D _{0.05}	0.038			

معدل الغيض الأساس

تشير نتائج جدول 4 إلى وجود اختلاف معنوي في معدل الغيض الأساس تحت تأثير بعض أساليب الري بالتنقيط السطحي، إذ أعطت معاملة الري بالتجفيف الجزئي لسطح التربة I_p أعلى معدلاً للغيض أساس بلغ 4.43 سم ساعة⁻¹، في حين بلغ معدل قيم الغيض الأساس 3.50 و 4.30 سم.ساعة⁻¹ لأسلوب الري بالتنقيط السطحي التقليدي I_t والري بالتنقيط السطحي الشريطي I_r على التوالي، ويُعزى هذا التفوق بأن أسلوب الري بالتجفيف الجزئي لسطح التربة I_p يؤدي إلى تناوب بين مناطق الترطيب والتجفيف المتعاقبة، إذ تؤدي إلى بقاء جزء من المسامات واسعة ومفتوحة مما يحسن حركة الماء داخل التربة وهذا يتفق مع ما أشار إليه Aldulaimy et al. [5].

كما لوحظ من الجدول ذاته وجود فروق معنوية واضحة بين الأعماق، إذ سجل العمق d_{0.50} أعلى معدلاً للغيض أساس بلغ 4.30 سم.ساعة⁻¹ يليه العمق d_{0.60} بمعدل بلغ 4.07 سم.ساعة⁻¹، في حين أعطى العمق d_{0.70} أقل معدل بلغ 3.87 سم.ساعة⁻¹، ويُعزى السبب إلى أن العمق الأقل للماء المضاف يقلل من مدة تشبع التربة ويزيد من حجم المسامات الهوائية ويعزز نفاذية التربة لحركة الماء باتجاه الأسفل مما يرفع كفاءة الغيض، في حين تؤدي الزيادة في عمق الماء المضاف إلى إطالة مدة الابتلال وتقليل فعالية المسامات الناقلة للماء وانخفاض النفاذية مما يقلل من كفاءة الغيض وهذا يتفق مع ما ذكره Al-Shaabani and Al-Khatib [10].

كما يبين الجدول نفسه تأثير التداخل بين بعض أساليب الري وعمق الماء المضاف، إذ كانت أعلى قيمة لمعدل الغيض الأساس بلغ 4.78 سم.ساعة⁻¹ عند معاملة التداخل بين التجفيف الجزئي لسطح التربة ومستوى 50% من عمق الماء المضاف $I_{pd0.50}$ ، وهي متفوقة معنوياً على جميع معاملات التداخل الأخرى كافة، بينما سُجلت أقل قيمة لمعدل الغيض الأساس 3.30 سم.ساعة⁻¹ عند معاملة التداخل بين الري بالتنقيط السطحي التقليدي ومستوى 70% من عمق الماء المضاف $I_{td0.70}$ ، وقد يُعزى السبب إلى أن الجمع بين أسلوب الري بالتجفيف الجزئي I_p والعمق الأقل d_{0.50} للري، تقلل من مدة ابتلال التربة وتمنع وصولها إلى حالة التشبع الكامل مما يساهم في تحسين بناء التربة الذي يقلل من تراص دقائقها وتقاربها مما يمنع تقلص المسامات التي تعزز سرعة حركة الماء داخل التربة مقارنةً بالمعاملات الأخرى وهذا يتفق مع ما توصل إليه Al-Jabri [7].

Table 4. Effect of some surface drip irrigation methods and depth of added water on the baseline drip rate, cmh⁻¹.

d \ I	It	Ir	Ip	Average d
d _{0.50}	3.70	4.50	4.70	4.30
d _{0.60}	3.50	4.30	4.40	4.07
d _{0.70}	3.30	4.10	4.20	3.87
L.S.D _{0.05}	0.058			0.033
Average I	3.50	4.30	4.43	
L.S.D _{0.05}	0.033			

الاستهلاك المائي

يبين جدول 5 مقدار الاستهلاك المائي لمحصول البروكلي باستخدام بعض أساليب الري بالتنقيط السطحي وفق ثلاثة أعماق مختلفة للماء المضاف d_{0.50}، d_{0.60}، d_{0.70}، حسب مراحل النمو الذي تم حسابه بالاعتماد على منحني وصف رطوبة التربة، بينما حددت مواعيد الريات باستخدام حوض التبخر الأمريكي Evaporation Pan صنف A، إذ تمت إضافة عمق ماء في الري الأولى بلغ 1.66 سم للمعاملات كافة لإيصال رطوبة التربة إلى حدود السعة الحقلية، بعدها تمت عملية جدولة الري بالاعتماد على حوض التبخر، إذ بلغ عمق الماء المضاف في مرحلة نمو الشتلات 12.36، 12.36، 11.82 سم للأعماق d_{0.50} و d_{0.60} و d_{0.70} على التوالي، وهي مرحلة تتميز بسرعة فقدان الرطوبة من الطبقة السطحية وحاجة الشتلات إلى تأمين الظروف الرطوبية الملائمة لتثبيت الشتلات وتأسيس الجذور، الأمر الذي يتطلب تكرار الري والمحافظة على رطوبة متزنة. أما في مرحلة النمو الخضري فبلغ مجموع عمق الماء المضاف 18.25، 16.20 و 16.08 سم للأعماق الثلاث d_{0.50}، d_{0.60}، d_{0.70} على التوالي، ويُعزى ذلك إلى طول هذه المرحلة واتساع المساحة الورقية للنبات مع ارتفاع نسبي في درجات الحرارة، الأمر الذي أدى إلى زيادة معدلات التبخر والنتح ثم ارتفاع الاستهلاك المائي مقارنة بمرحلة نمو الشتلات، وفي مرحلة الإزهار بلغ مجموع عمق الماء المضاف 10.94، 13.04 و 10.42 سم للأعماق الثلاث d_{0.50}، d_{0.60}، d_{0.70} على التوالي، ويُعزى سبب هذا التغيير بتأثير انخفاض درجات الحرارة نسبياً مقارنة بمرحلة النمو الخضري مع استمرار حاجة النبات إلى كميات معتدلة من الماء لضمان تكوين النورات الزهرية دون تعريضه لإجهاد مائي شديد.

أما مرحلة نضج الأقراص الزهرية فقد بلغ عمق الماء المضاف 9.42، 5.85 و 6.74 سم للأعماق الثلاث d_{0.50}، d_{0.60}، d_{0.70} على التوالي، وهي أقل نسبياً من المراحل السابقة لان النبات في هذه المرحلة يقترب من طور النمو السالب (مرحلة الشيخوخة)، إذ يبدأ المجموع الخضري بالتناقص وينخفض نشاط الأوراق مما يؤدي إلى تراجع الاستهلاك المائي الكلي لهذه المرحلة، في حين كانت قراءات حوض التبخر E_{pan} 15.7، 24.7، 17.2 و 12.7 سم لمراحل نمو الشتلات والنمو الخضري والإزهار ونضج الأقراص الزهرية على التوالي، وتُظهر النتائج عند جمع هذه المراحل بأن مجموع الاستهلاك المائي الموسمي لمحصول البروكلي 50.97 و 47.45 و 45.06 سم موسم⁻¹ للأعماق d_{0.50} و d_{0.60} و d_{0.70} على التوالي.

Table 5: shows how to calculate water consumption under the influence of some surface drip irrigation methods and the depth of water added to the broccoli crop.

Volume of water added m³ hectare ⁻¹			Depth of water added at each stage cm			Number of irrigations			Area of the wetter circle cm²	Wetting radius cm	Evaporatio n pond ETP cm	The rain cm	Depth of water added per irrigation cm			Stages of growth	
d _{0.70}	d _{0.60}	d _{0.50}	d _{0.70}	d _{0.60}	d _{0.50}	d _{0.70}	d _{0.60}	d _{0.50}					d _{0.70}	d _{0.60}	d _{0.50}		
139.18	145.54	145.54	11.82	12.36	12.36	4	5	6	706.5	15	15.7	2.6	1.89	1.62	1.35	Seedling growth 2024/11/21 – 10/28 25 day	
128.86	147.01	153.52	8.52	9.72	10.15	3	4	5	907.46	17	13.2	—	2.84	2.43	2.03	2024/12/9 – 11/22 18 day	Vegetative growth
158.26	135.65	169.56	7.56	6.48	8.10	2	2	3	1256	20	11.5	—	3.78	3.24	2.7	2024/12/26 – 12/10 17 day	
99.02	169.56	141.51	4.73	8.10	6.76	1	2	2	1256	20	10.4	—	4.73	4.05	3.38	2025/1/10 – 12/27 15 day	flowers
119.11	103.41	87.50	5.69	4.94	4.18	1	1	1	1256	20	6.8	0.4	5.29	4.54	3.78	2025/1/25 – 1/11 15 day	
141.09	122.46	197.20	6.74	5.85	9.42	1	1	2	1256	20	12.7	0.5	6.24	5.35	4.46	flower disc maturation 2025/2/14 – 1/26 20 day	
785.53	823.64	894.83	45.06	47.45	50.97	12	15	19			70.3	3.5				the total 110 day	

* An additional 1.66 cm was added during the first irrigation to reach the field capacity and for all depths.

كفاءة الإضافة

أظهرت نتائج جدول 6 حدوث اختلاف معنوي في معدل كفاءة الإضافة تحت تأثير بعض أساليب الري بالتنقيط السطحي، إذ أعطت معاملة الري بالتجفيف الجزئي لسطح التربة I_p أعلى معدلاً لقيم كفاءة الإضافة بلغ 90.51%، في حين كان معدل قيم كفاءة الإضافة 89.58% و 88.58% لأسلوبي الري بالتنقيط السطحي الشريطي I_r والري بالتنقيط السطحي التقليدي I_t على التوالي، بالتتابع، ويُعزى السبب في هذا التفوق إلى أن أسلوب التجفيف الجزئي لسطح التربة I_p يقوم بأعطاء الري على فترات متقاربة وبصورة متناوبة وبكميات محسوبة، مما يقلل الفواقد المائية الناتجة عن التسرب العميق والتبخر والجريان السطحي، الأمر الذي يؤدي إلى رفع كفاءة الإضافة مقارنة بالأساليب الأخرى وهذا يتفق مع ما توصل إليه Al-Ani [2].

أما تأثير عمق الماء المضاف فيشير الجدول ذاته إلى وجود اختلاف معنوي في معدل قيم كفاءة الإضافة، إذ أعطى العمق $d_{0.50}$ أعلى معدل لكفاءة الإضافة والذي بلغ 90.40%، مقارنةً بـ 89.53% و 88.73% عند العمقين $d_{0.60}$ و $d_{0.70}$ على التوالي، ويُعزى السبب في ذلك إلى أن العمق الأقل للري $d_{0.50}$ يجعل كمية الماء المضافة محدودة ويمدد ابتلال أقصر على الطبقة السطحية للتربة، مما يقلل من فرص الفقد بالتبخر ويحافظ على الرطوبة ضمن منطقة الجذور مما يرفع كفاءة الإضافة على العكس من العمق الأكبر $d_{0.70}$ الذي يبقى فيه الماء مدة أطول داخل التربة مما يزيد من احتمالية التبخر والتسرب العميق ويقلل من كفاءة الاستفادة من الماء المضاف وهذا يتفق مع ما توصلت إليه دراسة أجرتها الـ FAO [19].

التداخل بين بعض أساليب الري بالتنقيط السطحي وعمق الماء المضاف، فيلاحظ من الجدول نفسه وجود اختلافًا ظاهري، إذ بلغت قيمة كفاءة الإضافة 91.20% لمعاملة التداخل بين التجفيف الجزئي لسطح التربة ومستوى 50% من عمق الماء المضاف $I_p d_{0.50}$ ، بينما كانت أقل كفاءة إضافة بلغت 87.78% لمعاملة التداخل بين الري بالتنقيط السطحي التقليدي ومستوى 70% من عمق الماء المضاف $I_t d_{0.70}$.

Table 6. Effect of some surface drip irrigation methods and depth of added water on the efficiency of addition, %.

$d \backslash I$	I_t	I_r	I_p	Average d
$d_{0.50}$	89.58	90.43	91.20	90.40
$d_{0.60}$	88.38	89.57	90.65	89.53
$d_{0.70}$	87.78	88.73	89.69	88.73
L.S.D _{0.05}	0.066			0.038
Average I	88.58	89.58	90.51	
L.S.D _{0.05}	0.038			

الحاصل الكلي

أظهر جدول 7 حدوث اختلاف معنوي في معدل قيم الحاصل الكلي لنبات البروكلي تحت تأثير بعض أساليب الري بالتنقيط السطحي، إذ أعطت معاملة الري بالتجفيف الجزئي لسطح التربة I_p أعلى معدلاً للحاصل بلغ 26.37 طن هكتار⁻¹، في حين كان معدل قيم الحاصل 23.28 و 17.41 طن هكتار⁻¹ لأسلوبي الري بالتنقيط السطحي الشريطي I_r والري بالتنقيط السطحي التقليدي I_t على التوالي، ويعود سبب هذا التفوق إلى أن أسلوب التجفيف الجزئي لسطح التربة I_p يحافظ على رطوبة متوازنة حول المجموع الجذري من خلال تناوب الترطيب والتجفيف، إذ يقلل هذا النظام من الفواقد المائية بالتبخر والتسرب العميق ويحافظ على توزيع رطوبي متوازن حول الجذر، مما ينعكس على زيادة كفاءة الامتصاص وارتفاع الإنتاجية وهذا يتفق مع كل من Elhani et al. [17] و Hassan and Nadiwi [21].

أما تأثير عمق الماء المضاف فنستدل من نتائج الجدول ذاته وجود اختلاف معنوي واضح، إذ أعطى العمق $d_{0.50}$ أعلى معدلاً لحاصل بلغ 26.15 طن هكتار⁻¹، مقارنةً بـ 21.84 و 19.07 طن هكتار⁻¹ للعمقين $d_{0.60}$ و $d_{0.70}$ على التوالي،

ويعزى سبب التفوق عند العمق الأقل $d_{0.50}$ إلى أن إضافة الماء بكميات مناسبة وضمن فترات قصيرة يسهم في توفير الرطوبة الضرورية للنبات عند الحاجة، ويحد من تشتت الماء خارج منطقة الجذور، الأمر الذي يعزز جاهزية العناصر الغذائية ويمنع حدوث الإجهاد المائي، وهو ما ينعكس إيجابياً على العمليات الحيوية والتمثيل الضوئي وانتقال المواد الكربوهيدراتية ونشاط الإنزيمات واستطالة الخلايا، إضافةً إلى كفاءة امتصاص الماء والعناصر بسبب بقاء الرطوبة في منطقة الجذور دون فقدانها بالتسرب العميق وهذا يتفق مع ماتوصل إليه كل من [8] و [27].

أما بشأن التداخل بين بعض أساليب الري بالتنقيط السطحي وعمق الماء المضاف، فقد أظهر الجدول نفسه وجود اختلافات ظاهرية واضحة يشير إلى تفوق معاملة التداخل بين التجفيف الجزئي لسطح التربة ومستوى 50% من عمق الماء المضاف $I_{pd_{0.50}}$ ، إذ بلغت أعلى قيمة لحاصل 30.47 طن هكتار⁻¹، بينما كانت أقل قيمة بلغت 14.57 طن.هكتار⁻¹ عند معاملة التداخل بين الري بالتنقيط السطحي التقليدي ومستوى 70% من عمق الماء المضاف $I_{td_{0.70}}$.

Table 5: Calculating water consumption under the influence of some surface drip irrigation methods and the depth of water added to the broccoli crop

$d \backslash I$	I_t	I_r	I_p	Average d
$d_{0.50}$	21.45	26.53	30.47	26.15
$d_{0.60}$	16.22	22.85	26.46	21.84
$d_{0.70}$	14.57	20.46	22.17	19.07
L.S.D _{0.05}	2.115			1.221
Average I	17.41	23.28	26.37	
L.S.D _{0.05}	1.221			

كفاءة استعمال الماء

بينت نتائج جدول 8 حدوث اختلاف معنوي في معدل قيم كفاءة استعمال الماء تحت تأثير بعض أساليب الري بالتنقيط السطحي، إذ أعطت معاملة الري بالتجفيف الجزئي لسطح التربة I_p أعلى معدلاً لقيم كفاءة استعمال الماء الذي بلغ 31.47 كغم م⁻³، في حين كان معدل قيمتي كفاءة استعمال الماء 27.81 و 20.74 كغم م⁻³ لأسلوب الري بالتنقيط السطحي الشريطي I_r والري بالتنقيط السطحي التقليدي I_t ب على التوالي، ويعزى سبب تفوق أسلوب الري بالتجفيف الجزئي I_p هو تقسيم ماء الري المضاف إلى جزأين بشكل متناوب مما يؤدي إلى تقليل الفاقد المائي الناجم عن التبخر والتسرب العميق من خلال التحكم بتوزيع مياه الري على فترات متقاربة، مما يحسن حالة الرطوبة حول الجذور، كما أن هذا الأسلوب يحفز الجذور على النمو في المنطقة الرطبة مع بقاء جزء منها في منطقة شبه جافة الأمر الذي يسهم في تعزيز كفاءة امتصاص الماء والعناصر الغذائية والحفاظ على التوازن المائي للنبات، مما ينعكس إيجابياً على إنتاجية وحدة الماء المستهلك وهذا يتفق مع ما أشار إليه كل من [4] Albazy and Aldulaimy و [13] Al-Ubaid *et al.*.

أما تأثير عمق الماء المضاف، فيلاحظ من بيانات الجدول نفسة وجود فروق معنوية في معدل قيم كفاءة استعمال الماء، إذ أعطى العمق $d_{0.50}$ أعلى معدلاً لقيم لكفاءة استعمال الماء بلغ 29.22 كغم م⁻³، مقارنةً ب 26.52 و 24.27 كغم م⁻³ عند العمقين $d_{0.60}$ و $d_{0.70}$ ب على التوالي، وربما يعود سبب هذا التفوق عند العمق الأقل $d_{0.50}$ إلى تقارب مدد الري وتجنب الفواقد المائية العميقة، مما يوفر للنبات رطوبة أكثر توازناً ويسهل امتصاص العناصر الغذائية دون الحاجة لتمدد كبير للمجموع الجذري إلى مسافات بعيدة وبالتالي ينعكس على المحصول، أما عند المستويات العالية من الري عند العمق $d_{0.70}$ فتقلل من كفاءة استعمال الماء نتيجة زيادة كميات المياه المضافة لمدد ري أطول مما يؤدي إلى انخفاض فعالية امتصاص النبات للماء وهذا يتفق مع ما توصل إليه [2] Al-Ani.

أما بخصوص التداخل بين بعض أساليب الري بالتنقيط السطحي وعمق الماء المضاف، فقد أظهرت النتائج في الجدول ذاته أن أعلى قيمة لكفاءة استعمال الماء بلغت 34.05 كغم م⁻³ عند معاملة التداخل بين التجفيف الجزئي لسطح التربة ومستوى

50% من عمق الماء المضاف $I_{pd0.50}$ وهي متفوقة معنوياً على ج معاملات التداخل الأخرى كافة ، بينما كانت أقل قيمة لكفاءة استعمال الماء عند معاملة التداخل بين الري بالتنقيط السطحي التقليدي ومستوى 70% من عمق الماء المضاف $I_{pd0.70}$ بمعدل بلغ 18.55 كغم.م⁻³، ويُعزى سبب ذلك إلى أن الجمع بين أسلوب الري بالتجفيف الجزئي لسطح التربة I_p والعمق الأقل $d_{0.50}$ يوفر ظروفاً مثالية مع إعطاء كميات من المياه بشكل متناوب مما أسهم في تقليل الفاقد وتحسين ظروف الرطوبة وذوبانية المغذيات في منطقة الجذور، مما يعزز الإنتاجية لوحدة الماء وهذا يتفق مع ما توصل اليه كل من Al-Ashwal and Al-Munqadhi [3] و [5]Aldulaimy *et al.*

Table 8: Effect of some surface drip irrigation methods and depth of added water on water use efficiency, kg m⁻³

$d \backslash I$	I_t	I_r	I_p	Average d
$d_{0.50}$	23.97	29.65	34.05	29.22
$d_{0.60}$	19.70	27.75	32.12	26.52
$d_{0.70}$	18.55	26.04	28.23	24.27
L.S.D _{0.05}	2.522			1.456
Average I	20.74	27.81	31.47	
L.S.D _{0.05}	1.456			

References

- 1- Ahmad, S.; M. A. S. Raza; M. F. Saleem; R. Iqbal; M. S. Zaheer; I. Haider and I. H. Khan (2020). Significance of partial root zone drying and mulches for water saving and weed suppression in wheat. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 30(1):154–162. <https://doi.org/10.36899/japs.2020.1.0018>
- 2- Al-Ani, H. A. H. (2023). The effect of surface drip irrigation, partial drying, and polymer addition on some physical properties of soil and the growth and yield of cauliflower. Master's thesis. College of Agriculture. University of Anbar.
- 3- Al-Ashwal, H. A. and B. M. A. Al-Munqadhi (2017). The effect of partial irrigation and furrow height on water use efficiency of potato crop (*Tuberosum Solanum L.*) in Marib Governorate, Yemen. *Syrian Journal of Agricultural Research*: 4 (2):1-14.
- 4- Albazy, G. S. K. and S. A. H. Al-Dulaimi (2025). Polymer Addition, Moisture Depletion And Their Effect On Some Water Parameters Of Gypsum Soil And Cauliflower Productivity. (2025). *Iraqi Journal of Agricultural Research*, 29(1), 1-12. <https://doi.org/10.65814/ijar.2025.29.1.1-12>.
- 5- Aldulaimy, S. E. H.; A. K. Salman; M. A. Abood and G. J. Hamdi (2019). Influence of moisture depletion and surface drip irrigation style on some soil hydraulic properties and potato crop. *Agraarteadus*, 30(2): 63–68. <https://www.researchgate.net/publication/338149463>
- 6- Al-Hadithi, I. K.; A. M. Al-Kubaisi and Y. K. Al-Hadithi (2010). Modern Irrigation Technologies and Other Topics in Water Issues. Ministry of Higher Education and Scientific Research. College of Agriculture. University of Anbar.
- 7- Al-Jabri, R. N. Thamil (2021). The effect of subsurface strip drip irrigation, partial drainage (PRD), and moisture depletion on some soil physical properties and potato productivity. Master's thesis. University of Anbar. College of Agriculture.

- 8- Al-Khazali, A. K. Z. (2022). Adding clay and organic matter to reclaim desert soils under drip irrigation for cauliflower at different stresses. Master's thesis. University of Baghdad. College of Agricultural Engineering Sciences. Combating desertification.
- 9- Al-Muhammadi, S. M. and F. M. Al-Muhammadi (2012). Statistics and Experimental Design. Osama Publishing and Distribution House. Amman - Jordan. p. 376.
- 10- Al-Shaabani, A. M. H. and B. Al-Khatib. (2017). The effect of water stress on water consumption rate and potato yield. Iraqi Journal of Agricultural Research – Ministry of Agriculture. Issue 1:274-284.
- 11- Al-Ta'i, A. T. Z. (2020). The effect of perlite addition depth at different levels and moisture depletion on some water parameters and potato growth and yield under a drip irrigation system. Master's thesis. University of Anbar. College of Agriculture.
- 12- Al-Taif, N. I. and I. K. Al-Hadithi (1988). Irrigation: Its Fundamentals and Applications. Dar Al-Kutub for Printing and Publishing. Ministry of Higher Education and Scientific Research – University of Baghdad.
- 13- Al-Ubaid, A. W. A.; E. K. Hamza and J. S. Al-Issawi (2019). Effect of Deficiency Irrigation Using Surface and Subsurface Drip Irrigation According to PRD on Some Water Parameters of Potato Crop (*Solanum tuberosum* L). Anbar Journal of Agricultural Sciences. 17(2):165-180.
- 14- Andrés, C. M. C.; J. M. Pérez de la Lastra; E. B. Munguira C. A. Juan and E. Pérez-Lebeña (2025). The Multifaceted Health Benefits of Broccoli—A Review of Glucosinolates, Phenolics and Antimicrobial Peptides. *Molecules*, 30(11), 2262. <https://doi.org/10.3390/molecules30112262>.
- 15- Cahn, M.; L. Johnson and S. Benzen (2025). Evapotranspiration-Based Irrigation Management Effects on Yield and Water Productivity of Summer Cauliflower on the California Central Coast. *Horticulturae*, 11(3):322. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11030322>.
- 16- Doorenbos, J. and W. O. Pruitt (1977). Crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper 24. Land and Water Development Division, FAO, Rome, 144(1).
- 17- Elhani, S.; M. Haddadi; E. Csákvári; S. Zantar; A. Hamim; V. Villányi and Z. Bánfalvi (2019). Effects of partial root-zone drying and deficit irrigation on yield, irrigation water-use efficiency and some potato (*Solanum tuberosum* L.) quality traits under glasshouse conditions. *Agricultural Water Management*, 224: 105745.
- 18- Richard G. Allen; Luis S. Pereira; Dirk Raes and Martin Smith (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO. Rome.
- 19- FAO. (2019). The state of food and agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction. UN.
- 20- Haise, H. R.; W. W. Donnan; J. T. Pheian; L. F. Lawhan and D. G. Shckley (1956). The use of cylinder infiltration to determine the intake characteristics of irrigation soils. U.S.A. D. pul. Ars 7-41, 10 p. In M. E. Jensen (1980), Design and operation of form irrigation systems.
- 21- Hassan, M. J. and D. R. Nadiwi. (2017). Effect of spacing between drippers, irrigation water rotation and salinity in the flood and productivity and number of roots of yellow corn plants. Iraqi Journal of Agricultural Research (Special Issue) 22 (7).

- 22- Klute, A. (1965). Laboratory measurement of hydraulic conductivity of unsaturated soil. In C. A. Black (Ed.), *Methods of soil analysis: Part 1, physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling* 9: 253-261.
- 23- Kovda, V. A.; R. M. Hagan and C. Van Den Berg (Eds.). (1973). *Irrigation, Drainage and Salinity: An International Source Book* FAO-UNESCO. Presses de l'Unesco.
- 24- PANGAM, H. (2020). Evaluation of GEP and ANN in reference evapotranspiration modelling and a study on effect of PRD irrigation on growth, yield and water productivity of broccoli (Master's thesis, Govind Ballabh Pant University of Agriculture and Technology, Pantnagar, India).
- 25- Qin, J.; Ramírez, D. A., Xie, K., Li, W., W. Yactayo, , L. Jin, and R. Quiroz (2018). Is partial root-zone drying more appropriate than drip irrigation to save water in China? A preliminary comparative analysis for potato cultivation. *Potato Research*, 61(4), 391-406.
- 26- Raj Kumar, R.; K. Sriram and I. S. Narayanan (2019). February). Self-Optimizing Drip Irrigation System Using Data Acquisition and Virtual Instrumentation to Enhance the Usage of Irrigation Water. In *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation* (pp. 489-495). Cham: Springer International Publishing.
- 27- Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils* (U.S. Dept. of Agric. Handbook No. 60).
- 28- Singh, A.; S. Kumar; D. Duhan; N. Kumar, A. Dhaloiya and M. Kumar, (2024). Assessment of Soil Water Dynamics and Yield Response of Broccoli Under Subsurface Drip Irrigation in the Semi-Arid Region of India. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 55(5):636-652.
- 29- Singh, K. G.; M. R. Goyal and R. P. Rudra (2015). Best management practices for drip irrigated crops. In *Best Management Practices for Drip Irrigated Crops* (Vol. 6).
- 30- Sonawane, A. V. and P. K. Shrivastava (2022). Partial root zone drying method of irrigation: A review. *Irrigation and Drainage*, 71(3):574-588. <https://doi.org/10.1002/ird.2686>
- 31- Umar, M. and G. Ayub (2024). Levels and timings of irrigation improves the yield of broccoli in Peshawar region. *Sarhad Journal of Agriculture*, 40(2):536-550. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2024/40.2.536.550>



DOI: <https://doi.org/10.65814/ijar.30.1.14>

EFFECT OF SOME SURFACE DRIP IRRIGATION METHODS AND THE DEPTH OF ADDED WATER ON SOME WATER PARAMETERS AND WATER USE EFFICIENCY FOR BROCCOLI CROP*

Abdulrahman Jazi Saaran Aljoburi¹

abd23g2004@uoanbar.edu.iq

Saad Enad Harfoush Aldulaimy²

saad.harfoush@uoanbar.edu.iq

© 2026 Directorate of Agricultural Research, Ministry of Agriculture. This is an open-access article under the CC by Licenses
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



ABSTRACT

A field experiment was carried out at the First Agricultural Research Station of the University of Anbar, located in the Ramadi District, Al-Anbar Province, western Iraq, on sedimentary soil with a Silty Loam texture during the 2024 autumn season, to study the effect of some surface drip irrigation methods and the depth of added water on certain water parameters and the productivity of broccoli. The study included three irrigation methods: traditional surface drip irrigation (I_t) strip surface drip irrigation (I_r) and partial drying of the soil surface (I_p) in addition to three different depths of added water at levels of 50%, 60%, and 70% of the available water for the plant. The treatments were arranged in a factorial experiment according to a randomized complete block design. Broccoli cultivar MAX F1 was planted on 28/10/2024, and the American evaporation pan Class A was used for irrigation scheduling. The measurements included saturated hydraulic conductivity, basic infiltration rate, water consumption, application efficiency, total yield, and water use efficiency.

The results showed that the I_p method achieved the best improvement in the studied traits, recording the highest values of saturated hydraulic conductivity 5.48 cm.h^{-1} , basic infiltration rate 4.43 cm.h^{-1} , total yield 26.37 t.ha^{-1} , application efficiency 90.51 percent, and water use efficiency 31.47 kg.m^{-3} . It was also found that the D0.50 depth produced the best results among the tested depths, with saturated hydraulic conductivity 5.03 cm.h^{-1} , total yield 26.15 t.ha^{-1} , application efficiency 90.40 percent, and water use efficiency 29.22 kg.m^{-3} . Seasonal water consumption reached 50.97, 47.45, and 45.06 cm season⁻¹ for the D0.50, D0.60, and D0.70 depths respectively. The best interaction treatment was I_p with D0.50, which produced the highest values of saturated hydraulic conductivity 5.72 cm.h^{-1} , basic infiltration rate 4.70 cm.h^{-1} , total yield 30.47 t.ha^{-1} , application efficiency 91.20 percent, and water use efficiency 34.05 kg.m^{-3} .

Keywords: surface drip irrigation methods, depth of added water, saturated hydraulic conductivity, basic infiltration rate, water consumption, application efficiency, water use efficiency.

* A part of MSc. thesis for the first author.

¹ Ministry of Agriculture, Planning and Follow-up Department, Baghdad. Iraq

² College of Agriculture, University of Anbar, Anbar, Iraq.

- **Received:** December 8 2025.
- **Accepted:** January 5, 2026.
- **Available online:** June 30, 2026.