Journal of Water Resources and Geosciences
Vol. 4, No.1, 2025

Improving Water Use Efficiency and Productivity of *Lactuca sativa* L. under Management of Surface, Subsurface Drip Irrigation and Furrow Systems

Alaa Salih Ati [1*], Ahmed Abdul hamza[2]

[1,2]College of Agricultural Engineering Sciences, University of Baghdad

*Corresponding Author's Email: alaa.salih@coagri.uobaghdad.edu.iq

Abstract

The field experiment was conducted in Al-Yusufiya district (Al-Qasr Al-Awsat) - Al-Mahmoudiya district /Baghdad province during the winter season 2021. The Nested-Factorial Experiments design was used, where the main plots include the first factor, irrigation levels (I1) 50%, (I2) 75%, (I3) 100%, (I4) 125% and (I5) 150%. Then the main factor is divided into three replicates, which includes the irrigation system and the cultivation method: surface drip irrigation, a plant line drip line (S1) and two plant lines drip line (S2), The subsurface drip irrigation system is a plant-line drip line (SS1) and two plant-line drip line (SS2), and the furrow irrigation system (SI). Lettuce seedlings were transferred from the nursery to the field and were planted on 10/5/2021. The irrigation scheduling was started according to the experiment's parameters from 10/20/2021 to 12/24/2021. The efficiency of each irrigation system was taken into account, and the results were as follows: The SS2 subsurface drip irrigation system achieved the highest average total yield of 226.3 µg ha^{-1}, compared to the lowest average of 135.3 µg ha^{-1} for the SI drip irrigation system, with a decrease rate of 40.21%. The SS2 treatment gave the highest average water productivity of 96.48 kg m^{-3}, while the SI treatment gave the lowest average water productivity of 28.31 kg m^{-3}. The percentage increase was 68.97, 70.82, 7.88, and 240.8% in the SS2 treatment compared to the irrigation system treatments S1, S2, SS1, and SI, respectively.

Key words: Smart agriculture methods, water productivity, lettuce crop, Iraq

Journal of Water Resources and Geosciences
Vol. 4, No.1, 2025

تحسين كفاءة وإدارة استخدام المياه وإنتاجية الخس تحت أنظمة الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي والمروز

الاء صالح عاتي[1*]، احمد عبد الحمزة[2]

[2,1] كلية علوم الهندسة الزراعية، جامعة بغداد

*البريد الالكتروني للمؤلف المراسل: alaa.salih@coagri.uobaghdad.edu.iq

الخلاصة

أجريت تجربة حقلية في ناحية اليوسفية (القصر الأوسط) – قضاء المحمودية/محافظة بغداد خلال الموسم الشتوي 2021. تم استعمال تصميم التجارب العاملية المتشعبة Nested-Factorial Experiments حيث تضم القطع الرئيسة العامل الأول مستويات الري (I_1) 50% و(I_2) 75% و(I_3) 100 % و(I_4) 125% و(I_5) 150%. ثم يقسم العامل الرئيس إلى ثلاث مكررات وتوزع معاملات العامل الثاني ضمن كل مكرر والتي تضم نظام الري وطريقة الزراعة: الري بالتنقيط السطحي خط تنقيط خط نبات (S_1) وخط تنقيط خطين نبات (S_2)، ونظام الري بالتنقيط تحت السطحي خط تنقيط خط نبات (SS_1) وخط تنقيط خطين نبات (SS_2)، والري بالمروز (SI). نقلت شتلات الخس من المشتل إلى الحقل وتم زراعتها بتاريخ 2021/10/5، تم البدء بجدولة الإرواء وحسب معاملات التجربة اعتباراً من 2021/10/20 ولغاية 2021/12/24. وتم الأخذ بعين الاعتبار كفاءة كل نظام ري وكانت النتائج كالاتي: تفوق نظام الري بالتنقيط تحت السطحي SS_2 في الحصول على أعلى متوسط للحاصل الكلي 226.3 ميكاغرام هكتار$^{-1}$، مقارنة باقل متوسط بلغ 135.3ميكاغرام هكتار$^{-1}$ لنظام الري بالمروز S_I وبنسبة انخفاض بلغت 40.21%. أعطت معاملة SS_2 اعلى متوسط لإنتاجية المياه 96.48 كغم م$^{-3}$، في حين أعطت معاملة S_I اقل متوسط إنتاجية مياه 28.31 كغم م$^{-3}$. وبلغت نسبة الزيادة 68.97 و70.82 و7.88 و240.8 % في معاملة SS_2 مقارنة بمعاملات نظام الري S_1 و S_2 وSS_1 وS_I على الترتيب.

الكلمات المفتاحية: طرق الزراعة الذكية، انتاجية المياه، محصول الخس، العراق

1. المقدمة

أصبحت زيادة إنتاجية المياه في الزراعة المروية أحد الأهداف الرئيسة في العملية الزراعية والدراسات البحثية، كونها تهدف إلى التأثير الإيجابي في الاقتصاد من خلال الإنتاج الزراعي والأمن الغذائي في البلدان التي تعاني من الإجهاد المائي، وهنا لابد من تطوير تقنيات تقليل استهلاك المياه مع الحفاظ على الإنتاج أو زيادته (Adeniran *et al.,* 2020; Ati and Abd Zaid, 2023). وتعد معرفة الاحتياجات المائية لكل المحاصيل الحقلية والبستنية وزيادة إنتاجية المياه مهمة لاسيما لمحاصيل الخضر الورقية الأكثر إنتاجاً واستهلاكاً في العالم، وذلك لما تحتويه من مغذيات ضرورية للنظام الغذائي. ولتعويض النقص الحاصل في الواردات المائية توجد عدة طرق تؤمن وصول المياه للأراضي الزراعية والنبات مع تقليل الفاقد من المياه وذلك من خلال استعمال أنظمة الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي، وتتمثل أهم مبررات قبول تطبيق أنظمة الري بالتنقيط: توفير كميات مياه الري وتقليل الجهد وتقليل استهلاك المياه وتوفير تكاليف الري وأخيرا زيادة وتحسين الإنتاجية. لذا فإن زيادة إنتاجية المياه وإنتاج المحاصيل المتحققة أو قيمة المحصول لكل متر مكعب من المياه لها دور مهم للغاية في التخفيف من مشاكل نقص المياه. إذ تعتبر المياه من المدخلات الزراعية الهامة في المناطق الجافة وشبه الجافة والتي لها تأثير كبير في إنتاج المحاصيل الزراعية، لذا فإن إدارة الري وتحسين أنظمة الري لهما دور مهم للغاية في إنتاجية المياه (Al-Lami *et al*., 2023a,b).

يعتمد نظامي الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي على الإضافات المتقاربة لكميات قليلة من المياه إلى جذور النباتات بطريقة مباشرة قدر الإمكان. ومن أهم مميزات الري بالتنقيط أنه إلى جانب اقتصاده في استعمال المياه فإنه يعمل على زيادة المحصول مع التقليل من معدل تملح التربة. إضافة إلى ذلك فإن النظامين المذكورين لا يتسبب عند تطبيقهما ملامسة مياه الري للجزء الخضري من النبات وبعض أنظمة الري تحت السطحي بسيطة ولا تتطلب مدخلات مكلفة من المعدات ويمكن إرواء صفين اثنين من النباتات بوضع صف نبات على جانبي أنبوب الري بالتنقيط، ويساهم ذلك الاسلوب بخفض الاستهلاك المائي بحدود 30 إلى 60% مقارنة بالري السطحي، وغالبا ما يزداد المحصول الناتج في نفس الوقت حيث تعطى النباتات الكمية المثلى الأكثر ملائمة من المياه والأسمدة عند احتياجها لهما (Neima *et al*., 2020; FAO, 2022).

يعدّ تطبيق الزراعة الذكية ضماناً لخفض التكاليف وزيادة الانتاجية باستخدام كميّات أقل من المياه في ظلّ التغيرات المناخيّة ونقص المياه وندرة الأراضي الصالحة للزراعة، ممّا يؤدّي إلى زيادة إنتاجيّة المحاصيل بمعدّل 50% حسب توقعات البنك الدولي، ومن ثم سيتمّ في المستقبل القريب النجاح بعمليّة الريّ وتخصيب الحقول بطريقة صديقة للبيئة وإنتاج زراعي أوفر (حدادة، 2018). كما تعد الإدارة السليمة للري أمراً مهماً لتمكين توفير إمدادات المياه الكافية، إذ تهدف دراستنا إلى تحسين إدارة الري من خلال تقييم أنظمة ومستويات الري المختلفة في نمو وحاصل الخس وإنتاجية المياه. ولعدم وجود دراسات وأبحاث علمية وتطبيقية وتوفر المعلومات المحلية حول تأثير نظم الري والاستهلاك المائي للخس والانتاجية المائية له في العراق، جاءت الدراسة بهدف:

1. تقدير الاستهلاك المائي الموسمي لمحصول الخس تحت أنظمة الري بالتنقيط السطحي والري بالتنقيط تحت السطحي والري السيحي (المروز).
2. تطبيق طريقة الزراعة الواعدة بزراعة خطين نبات على خط تنقيط واحد تحت نظامي الري بالتنقيط السطحي والري بالتنقيط تحت السطحي، ودراسة تباعد المسافة بين خطوط التنقيط في الكثافة النباتية المزروعة.

3. دراسة مؤشرات النمو والحاصل الكلي وإنتاجية المياه تحت أدارة أنظمة الري بالتنقيط السطحي والري بالتنقيط تحت السطحي وري المروز بمستويات ري مختلفة.

2. المواد وطرائق العمل

1.2. موقع التجربة وخصائص التربة قبل الزراعة

نفذت التجربة الحقلية في محافظة بغداد/ قضاء المحمودية – ناحية اليوسفية (القصر الاوسط) احد حقول المزارعين الواقعة على خط طول ″39′16°44 شرقاً وخط عرض ″33′06°31 شمالاً وعلى ارتفاع 34.1م فوق مستوى سطح البحر لدراسة اختلاف مستويات الارواء في تحسين كفاءة وادارة استعمال المياه وانتاجية الخس تحت أنظمة الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي والمروز خلال الموسم الشتوي 2021. اخذت عينات تربة ممثلة من التربة على عمق 0-0.30م وجففت هوائيا ثم طحنت ومررت من منخل قطر فتحاتة 2 مم، ثم حددت بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية (جدول 1 و2) باستعمال الطرق القياسية الواردة في Black *et al*. (1965). كما اخذت عينات لمياه الري لتحديد الخصائص الكيميائية لهذه المياه والموضحة في جدول (3) وفق تصنيف FAO لمياه الري (Phocaides, 2000).

جدول(1): بعض الصفات الفيزيائية لتربة الحقل قبل الزراعة

الخاصية	الوحدات	عمق التربة (0.00-0.30م)
الرمل	غم كغم$^{-1}$ تربة	376
الغرين		240
الطين		384
صنف النسجة		مزيجة طينية
كثافة التربة الظاهرية	ميكاغرام م$^{-3}$	1.31
كثافة التربة الحقيقية		2.64
المسامية	%	50.56
المحتوى الرطوبي الحجمي عند 33 كيلو باسكال	سم^3 سم$^{-3}$	0.377
المحتوى الرطوبي الحجمي عند 1500 كيلو باسكال		0.209
الماء الجاهز		0.168

جدول(2): بعض الصفات الكيميائية لتربة الحقل قبل الزراعة

الخاصية	الوحدات	عمق التربة (0.00-0.30م)
الايصالية الكهربائية $EC_{1:1}$	ديسيسيمنز م$^{-1}$	2.17
رقم تفاعل التربة pH	---	7.13
المادة العضوية	غم كغم$^{-1}$ تربة	7.40
معادن الكاربونات		226
النايتروجين الجاهز	ملغرام كغم$^{-1}$ تربة	30.22
البوتاسيوم الجاهز		119
الفسفورالجاهز		8.35

جدول (3): الخصائص الكيميائية لمياه الري

الخاصية	الوحدة	القيمة
الايصالية الكهربائية $EC_{1:1}$	ديسي سيمنز م$^{-1}$	2.70
رقم تفاعل التربة pH	---	7.31
الكالسيوم	ملليمول شحنة لتر$^{-1}$	8.31
المغنيسيوم		5.43
الصوديوم		3.11
البوتاسيوم		1.81
الكلوريد		5.78
البيكاربونات		0.90
نسبة امتزاز الصوديوم SAR	(ملليمول لتر$^{-1}$) $^{2/1}$	1.11
مجموعة الاملاح الذائبة الكليةTDS	غم لتر$^{-1}$	228.1
العكورة	NTU	1.61
صنف المياه	C_1S_1	

2.2. معاملات التجربة والتصميم الاحصائي

1. نظام الري

الري بالتنقيط السطحي خط تنقيط واحد/ خط نبات (S1)

الري بالتنقيط السطحي خط تنقيط واحد/ خطين نبات (S2)

الري بالتنقيط تحت السطحي خط تنقيط واحد/ خط نبات (SS1)

الري بالتنقيط تحت السطحي خط تنقيط واحد/ خطين نبات (SS2)

الري بالمروز (نظام الري التقليدي/السيحي)/ (SI)

2. مستويات الري

الري 150% من التبخر من حوض التبخر (150% Pan A)

الري 125% من التبخر من حوض التبخر (125% Pan A)

الري 100% من التبخر من حوض التبخر (100% Pan A)

الري 75% من التبخر من حوض التبخر(75% Pan A)

الري 50% من التبخر من حوض التبخر(50% Pan A)

جدولة الري (المتى والكم): حدد زمن الري/ او موعد الارواء (المتى) بعد الاستنفاد الرطوبي المسموح به (AMD) 35% من معاملة السيطرة لمستوى الري 100% اعتماداً على حاصل جمع التبخر نتح اليومي من بيانات التبخر المقاسة من حوض التبخر الأمريكي صنف A على امتداد موسم النمو، ثم تطبق المعادلة رقم 1 و2 لحساب ETc. ولحساب الكم طبقت معادلة رقم 6 وحسب كل نظام ري وكفاءته. إن زيادة مستوى الري 125 و150% عن معاملة السيطرة 100% يعني زيادة في كمية مياه الري وحينما يكون مستوى الري 75 و50 % اقل من معاملة السيطرة 100% يعني وجود ري نافص.

طبقت التجربة وفق تصميم التجارب العاملية المتشعبة (Nested-Factorial Experiments) وبثلاثة مكررات ووزعت المعاملات عشوائيا واختبر اقل فرق معنوي على مستوى ($p < 0.05$) للمقارنة بين المتوسطات الحسابية للمعاملات. تم التحليل باستعمال برنامج Genstat v12.1، وقورنت الفروق المعنوية بين المتوسطات باختبار اقل فرق معنوي Least Significant Difference-LSD).

ولاجل جدولة الري اعتماداً على بيانات التبخر من الحوض نتبع الخطوات الاتية:

$$ET_0 = K_p \times E_p \quad (1)$$

اذ ان:

ET_0 = التبخر نتح المرجعي (التبخر من حوض التبخر) (مم يوم$^{-1}$).

K_p = معامل حوض التبخر 0.85 (FAO, 1984).

E_{pan} = مقدار التبخر اليومي من حوض التبخر (مم يوم$^{-1}$).

$$ET_c = ET_0 \times K_c \quad (2)$$

اذ ان:

ET_c = التبخر نتح للمحصول (مم يوم$^{-1}$).

ET_O = التبخرنتح المرجعي (مم يوم$^{-1}$).

Kc = معامل المحصول (0.45 و0.60 و1.00 و0.90) حسب مراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الروؤس والنضج على الترتيب (FAO, 1986).

بعد تحديد كمية المياه المضافة يتم حساب معامل الاختزال (ما يختزل من كمية الماء المضافة بطريقة الري السطحي لنفس المساحة المروية للري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي) بالاعتماد على المساحة التي يغطيها النبات من سطح التربة (Keller and Karmeli, 1974).

$$K_r = \frac{Coverage\ ratio\ of\ the\ soil\ surface(GC)}{0.85} \quad (3)$$

$$K_r = \frac{L\ distance\ between\ plants\ \times\ Wp\ \ distance\ between\ the\ plant\ lines}{0.85} \quad (4)$$

اذ ان:

Kr = معامل الاختزال Lp = المسافة بين النباتات (م) Wp = المسافة بين خطوط النباتات (م)

تم تعديل التبخر نتح للمحصول لطريقة ري التنقيط بإدخال معامل الاختزال وفق المعادلة التالية:

$$ET_c = ET_o\ \times k_c\ \times Kr \quad (5)$$

تم حساب عمق الماء المضاف لكل طريقة ري من خلال المعادلة المقترحة من قبل EL-Wahed *et al*. (2015) ومن ثم حسب عمق الماء الواجب إضافته والمتبخر من حوض التبخر حسب مستويات الري ثم حول الى وحدات حجم (لتر) (معادلة 6).

$$IWA = \frac{A\ X\ ET_c\ X\ I_i}{E_a\ X\ 1000} \quad (6)$$

اذ ان:

IWA= حجم الماء المضاف (م^3).

A= مساحة الوحدة التجريبية.

ET_c = الاستهلاك المائي للمحصول (مم يوم$^{-1}$).

I_i = فاصلة الارواء.

E_a= كفاءة نظام الري.

3.2. تهيئة الارض

نفذت التجربة الحقلية على ارض مساحتها 5000م^2 ابعادها 125 م^2 × 40 م^2 وتم حراثة الارض بالمحراث المطرحي القلاب حراثة متعامدة واجريت عمليات التسوية والتعديل والتنعيم باستعمال العازقة الدورانية، قسم الحقل الى خمسة قطاعات تمثل مستويات الري وكانت المسافة بين قطاع واخر 2م^2 وقسم كل قطاع الى خمسة عشر وحدة تجريبية، مساحة الوحدة التجريبية الواحدة (4 م× 12 م= 48 م^2) والمسافة بين الوحدات التجريبية 0.5م والمسافة بين مكرر واخر 1م^2.

تمثلت الزراعة لمعاملات خط تنقيط خط نبات لنظامي الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي بواقع 10 خطوط للتنقيط والزراعة، والمسافة بين الخطوط تبعد عن بعضها 40 سم، والمسافة بين نبات وآخر 30 سم، ما يعادل مساحة النبات الواحد 0.12 م^2 وبذلك يكون أجمالي النباتات لكل وحدة تجريبية 400 نبات وبالكثافة النباتية (83.333) الف نبات للهكتار. ولمعاملات خط تنقيط خطين نبات لنظامي الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي تمثلت بواقع 7 خطوط للتنقيط و14 خط للزراعة وتبعد المسافة بين خطوط الزراعة 28.5 سم، والمسافة بين نبات وآخر 30 سم، ما يعادل مساحة النبات الواحد 0.0855 م^2، وبذلك يكون أجمالي النباتات لكل وحدة تجريبية 560 نبات، وبالكثافة النباتية (116.666) الف نبات للهكتار. ولمعاملات ري المروز تمثلت الوحدة التجريبية بـــ 4 مروز عرضها 0.5م وتبعد عن بعضها 0.5 م وتمت الزراعة على جانبي المرز والمسافة 30 سم بين نبات وآخر، أي بمعدل 8 خطوط للزراعة بمساحة 0.15م^2 للنبات الواحد وبذلك يكون أجمالي النباتات 320 نبات لكل وحدة تجريبية، وبالكثافة النباتية (66.666) الف نبات للهكتار.

تم تقييم أنظمة الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي وري المروز حسب المعايير الهيدروليكية المحسوبة تحت كل نظام ري من تجانس توزيع المنقطات وتجانس توزيع الربع الاقل ونسبة تغاير التصريف وكفاءة الاضافة عند نظامي الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي وتجانس توزيع وكفاءة الارواء وكفاية الارواء عند نظام ري المروز.

وقد اختير افضل ضغط تشغيلي على اساس الكفاءة والتناسق وكفاءة الارواء 50 كيلو باسكال تحت نظامي الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي و200 كيلو باسكال تحت نظام ري المروز.

4.2. الزراعة

تم زراعة البذور صنف الفجر المسجل والمعتمد من قبل وزارة الزراعة العراقية داخل اطباق مصنوعة من مادة الستايروبور بأحد المشاتل المتخصصة بتاريخ 2021/9/1 بعد ان عبئت الفتحات بمادة البتموس ذات منشأ هولندي (الـ EC = 0.2 dSm^{-1}, pH = 6.5)، اذ تم وضع بذرة واحدة في كل فتحة من فتحات الطبق وبواقع 200 بذرة لكل طبق وبلغ عدد الاطباق المزروعة بالبذور 168 طبقاً. رويت الاطباق ثم نضدت عموديا داخل المشتل للتعجيل من عملية الانبات وضمن مدة زمنية متقاربة قدر الامكان بعد مرور 48 ساعة فردت الاطباق ووزعت داخل المشتل للحصول على انبات متجانس داخل الاطباق. واجريت عملية الارواء بشكل مستمر خلال مدة نمو الشتلات والى حين موعد الزارعة في الحقل. بعد مرور34 يوماً نقلت شتلات الخس من المشتل الى الحقل وتم زراعتها بتاريخ 2021/10/5 اذ اصبحت الشتلات بارتفاع 0.15 م.

سمدت ارض التجربة بالسماد الكيميائي (200 كغم هكتار$^{-1}$ سوبر فوسفات و200 كغم هكتار$^{-1}$ يوريا)، أضيف السماد الفوسفاتي قبل زراعة الشتلات عند عمليات تحضير التربة، اما سماد اليوريا فقد اضيف على دفعتين الاولى بمعدل 100 كغم هكتار$^{-1}$ بعد 2-3 اسبوع من موعد زراعة الشتلات والثانية بمعدل 100 كغم هكتار$^{-1}$ عند التفاف الرؤوس (سباهي وآخرون، 1991). اجريت عملية التعشيب اليدوي للحقل باستعمال الآلات والمعدات اليدوية كلما تطلب الامر. تم قلع رؤوس الخس يدويا

بتاريخ 2021/12/29 ويبين الشكل 1 بعض الصور التطبيقية للعمل الحقلي من تهيئة الارض ونصب منظومة الري والزراعة. اخذ الحاصل الكلي من وزن الحاصل الكلي للوحدة التجريبية ومساحتها وحول الى مساحة الهكتار (معادلة 7) وحسبت انتاجية المياه (المعادلة 8) على وفق المعادلة المذكورة في Allen *et al*. (1998) .

$$\text{الحاصل الكلي} = \frac{\text{حاصل الوحدة التجريبية} \times \text{مساحة الهكتار}}{\text{مساحة الوحدة التجريبية}} \quad (7)$$

$$Water\ Productivity = \frac{Yield\ (kg\ )}{water\ applied\ (m^3)} \quad (8)$$

اذ ان:

WUE_f = أنتاجية المياه (كغم م$^{-3}$).

Yield = الحاصل الكلي (كغم هكتار$^{-1}$).

Water applied = الماء المضاف (م^3 هكتار$^{-1}$).

شكل (1): الصور التطبيقية للعمل الحقلي في التجربة.

3. النتائج والمناقشة

يبين الجدول (4) تأثير مستوى الإرواء في الاستهلاك المائي الموسمي للخس بنظام الري بالتنقيط السطحي خط تنقيط/ خط نبات. إذ يلاحظ إن الاستهلاك المائي الموسمي عند مستوى الري (I_1) 50% بلغ 94.1 و32.39 و25.77 و8.83 مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب. أما عند مستوى الري (I_2) 75% بلغ 95.9 و48.59 و38.66 و13.24مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب. بينما عند مستوى الري السيطرة (I_3) 100% بلغ 97.6 و64.8 و51.54 و17.65 مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب. وعند مستوى الري (I_4) 125% بلغ 99.4 و80.98 و64.44 و22.07 مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب. وعند مستوى الري (I_5) 150% بلغ 101.1 و97.18 و77.32 و26.48 مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب.

تبين النتائج زيادة الاستهلاك المائي الموسمي خلال المرحلة الأولى للنمو (الشتلات) لان نظام الري المتبع في مرحلة الشتلات للرية الأولى إلى حدود السعة الحقلية بعمق 30 سم أما الريات الثانية والثالثة والرابعة فكانت بعد استنفاذ 35% من الماء الجاهز وبعمق 30 سم. احتاجت هذه المرحلة مدة نمو 20 يوما وبواقع 6 ريات، إذ بلغ اعلى قيمة للاستهلاك المائي 94.1 و95.9 و97.6 و99.4 و101.1 ملم لمستويات الري I_1S_1 وI_2S_1 وI_3S_1 وI_4S_1 وI_5S_1 على الترتيب، وبدءاً من تاريخ 2021/10/24 بدء مرحلة النمو الخضري للخس وتم الفصل بين مستويات الري وتطبيقها بعد استنفاذ 35% من الماء الجاهز وحساب عمق الماء المضاف أعتماداً على البيانات المناخية من حوض التبخر صنف A لمعاملة الري الكامل Pan100% (معاملة السيطرة)، فقد احتاجت هذه المرحلة إلى 35 يوم وبواقع 7 ريات، ازداد الاستهلاك المائي وبلغ 32.39 و48.59 و64.8 و80.98 و97.18 ملم لمستويات الري I_1S_1 وI_2S_1 وI_3S_1 وI_4S_1 وI_5S_1 على الترتيب، فيما بدأت قيم الاستهلاك المائي بالتناقص عند مرحلتي التفاف الرؤوس والنضج ولجميع مستويات الري، وخلال فترة أواخر شهر تشرين الثاني وكانون الأول إذ بدأت درجات الحرارة بالانخفاض كما إن معدل التبخر نتح والاحتياج المائي للخس ينخفض خلال هذه الأشهر ويكون النبات مكتمل النمو، فقد استغرقت مرحلة التفاف الرؤوس 19 يوم وبعدد 3 ريات وبلغ الاستهلاك المائي 25.77 و38.66 و51.54 و64.44 و77.32 مم، أما مرحلة النضج فقد احتاجت 7 أيام ورية واحدة وبلغ الاستهلاك المائي الموسمي 8.83 و13.24 و17.65 و22.07 و26.48 مم، على الترتيب.

يبين الجدول (5) تأثير مستوى الإرواء في الاستهلاك المائي الموسمي للخس بنظام الري بالتنقيط السطحي خط تنقيط/ خط نبات. إذ يلاحظ إن الاستهلاك المائي الموسمي عند مستوى الري (I_1) 50% بلغ 95.27 و42.87 و31.50 و9.78 مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب. أما عند مستوى الري (I_2) 75% بلغ 97.60 و64.31 و47.25 و14.68مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب. بينما عند مستوى الري السيطرة (I_3) 100% بلغ 99.94 و85.74 و63.00 و19.57 مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب. وعند مستوى الري (I_4) 125% بلغ102.3 و107.2 و78.76 و24.46 ملم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب. وعند مستوى الري (I_5) 150% بلغ 104.6 و128.6 و94.51 و29.35 مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب. كما لوحظ ارتفاع قيم الاستهلاك المائي الموسمي في مرحلة الشتلات والنمو الخضري ويمكن أن يعود السبب في ذلك لطول مدة النمو وعدد الريات وبذلك تزداد كمية الماء المستهلك.

جدول (4): تأثير مستوى الإرواء في الاستهلاك المائي الموسمي للخس بنظام الري بالتنقيط السطحي خط تنقيط / خط نبات

مستويات الإرواء	الاستهلاك المائي الموسمي (مم)	مرحلة الشتلات	مرحلة النمو الخضري	مرحلة التفاف الرؤوس	مرحلة النضج	المجموع
%50 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	19	7	81
	عدد الريات	6	7	3	1	17
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة (مم)	94.1	32.39	25.77	8.83	161.1
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	4.70	0.93	1.35	1.26	
%75 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	19	7	81
	عدد الريات	6	7	3	1	17
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة (مم)	95.9	48.59	38.66	13.24	196.3
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	4.80	1.38	2.03	1.89	
%100 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	19	7	81
	عدد الريات	6	7	3	1	17
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة (مم)	97.6	64.8	51.54	17.65	231.6
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	4.88	1.85	2.71	2.52	
%125 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	19	7	81
	عدد الريات	6	7	3	1	17
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة (مم)	99.4	80.98	64.44	22.07	266.8
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	4.97	2.31	3.40	3.15	
%150 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	19	7	81
	عدد الريات	6	7	3	1	17
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة (مم)	101.1	97.18	77.32	26.48	302.1
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	5.06	2.77	4.07	3.78	

جدول(5): تأثير مستوى الإرواء في الاستهلاك المائي الموسمي للخس بنظام الري بالتنقيط السطحي خط تنقيط / خطين نبات

مستويات الإرواء	الاستهلاك المائي الموسمي (مم)	مرحلة الشتلات	مرحلة النمو الخضري	مرحلة التفاف الرؤوس	مرحلة النضج	المجموع
%50 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	19	7	81
	عدد الريات	6	7	3	1	17
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة(مم)	95.27	42.87	31.50	9.78	179.4
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	4.76	1.22	1.66	1.40	
%75 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	19	7	81
	عدد الريات	6	7	3	1	17
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة(مم)	97.60	64.31	47.25	14.68	223.8
	الاستهلاك المائي اليومي (ملم)	4.88	1.84	2.49	2.09	
%100 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	19	7	81
	عدد الريات	6	7	3	1	17
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة(مم)	99.94	85.74	63.00	19.57	268.3
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	4.99	2.44	3.31	2.79	
%125 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	19	7	81
	عدد الريات	6	7	3	1	17
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة(مم)	102.3	107.2	78.76	24.46	312.7
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	5.11	3.06	4.15	3.49	
%150 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	19	7	81
	عدد الريات	6	7	3	1	17
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة(مم)	104.6	128.6	94.51	29.35	357.1
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	5.23	3.67	4.97	4.19	

يبين الجدول (6) تأثير مستوى الإرواء في الاستهلاك المائي الموسمي للخس بنظام الري بالتنقيط تحت السطحي خط تنقيط/ خط نبات. إذ يلاحظ إن الاستهلاك المائي الموسمي عند مستوى الري (I_1) 50% بلغ 93.74 و30.40 و14.05 و7.59 مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب. أما عند مستوى الري (I_2) 75% بلغ 95.32 و45.60 و21.08 و11.38 مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب. بينما عند مستوى الري السيطرة (I_3) 100% بلغ 96.89 و60.79 و28.11 و15.18 مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب. وعند مستوى الري (I_4) 125% بلغ 98.46 و75.99 و35.14 و18.97 مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب. وعند مستوى الري (I_5) 150% بلغ 100.0 و91.19 و42.16 و22.76 مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب.

جدول (6): تأثير مستوى الإرواء في الاستهلاك المائي الموسمي للخس بنظام الري بالتنقيط تحت السطحي خط تنقيط / خط نبات

مستويات الإرواء	الاستهلاك المائي الموسمي (مم)	مرحلة الشتلات	مرحلة النمو الخضري	مرحلة التفاف الرؤوس	مرحلة النضج	المجموع
%50 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	17	9	81
	عدد الريات	5	5	2	1	13
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة(مم)	93.74	30.40	14.05	7.59	145.8
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	4.69	0.87	0.83	0.84	
%75 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	17	9	81
	عدد الريات	5	5	2	1	13
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة(مم)	95.32	45.60	21.08	11.38	173.4
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	4.77	1.30	1.24	1.26	
%100 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	17	9	81
	عدد الريات	5	5	2	1	13
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة(مم)	96.89	60.79	28.11	15.18	201.0
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	4.84	1.74	1.65	1.69	
%125 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	17	9	81
	عدد الريات	5	5	2	1	13
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة(مم)	98.46	75.99	35.14	18.97	228.6
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	4.92	2.17	2.07	2.11	
%150 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	17	9	81
	عدد الريات	5	5	2	1	13
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة(مم)	100.0	91.19	42.16	22.76	256.1
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	5.00	2.61	2.48	2.53	

يبين الجدول (7) تأثير مستوى الإرواء في الاستهلاك المائي الموسمي للخس بنظام الري بالتنقيط السطحي خط تنقيط/ خطين نبات. تبين النتائج قيم الاستهلاك المائي لكل مرحلة من مراحل نمو الخس، إذ بلغ عند مستوى الري (I_1) 50% 94.92 و40.82 و17.63 و8.40 مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب. وعند مستوى الري (I_2) 75% بلغ 97.09 و61.23 و26.45 و12.60 مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب. بينما عند مستوى الري السيطرة (I_3) 100% بلغ 99.25 و81.65 و35.27 و16.08 مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب. ولمستوى الري (I_4) 125% بلغ 101.4 و102.1 و44.08 و21.00 مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب. أما عند مستوى الري (I_5) 150% فقد بلغ 103.6 و122.5 و52.90 و25.20 مم لمراحل النمو الشتلات والنمو الخضري والتفاف الرؤوس والنضج على الترتيب.

جدول (7): تأثير مستوى الإرواء في الاستهلاك المائي الموسمي للخس بنظام الري بالتنقيط تحت السطحي خط تنقيط / خطين نبات

مستويات الإرواء	الاستهلاك المائي الموسمي (مم)	مرحلة الشتلات	مرحلة النمو الخضري	مرحلة التفاف الرؤوس	مرحلة النضج	المجموع
%50 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	17	9	81
	عدد الريات	5	5	2	1	13
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة (مم)	94.92	40.82	17.63	8.40	161.8
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	4.75	1.17	1.03	0.93	
%75 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	17	9	81
	عدد الريات	5	5	2	1	13
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة (مم)	97.09	61.23	26.45	12.60	197.4
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	4.85	1.75	1.55	1.4	
%100 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	17	9	81
	عدد الريات	5	5	2	1	13
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة (مم)	99.25	81.65	35.27	16.08	233.0
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	4.96	2.33	2.07	1.79	
%125 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	17	9	81
	عدد الريات	5	5	2	1	13
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة (مم)	101.4	102.1	44.08	21.00	268.5
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	5.07	2.92	2.60	2.33	
%150 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	20	35	17	9	81
	عدد الريات	5	5	2	1	13
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة (مم)	103.6	122.5	52.90	25.20	304.1
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	5.18	3.5	3.11	2.8	

يبين الجدول (8) تأثير مستوى الإرواء في الاستهلاك المائي الموسمي للخس بنظام ري المروز والشكل 25 قيم الاستهلاك المائي الموسمي الكلي. إذ بلغت قيم الاستهلاك المائي لمرحلة الشتلات 104.1 و110.7 و117.4 و124.1 و130.8 مم على الترتيب، وازدادت لتصل إلى 113.9 و170.9 و227.9 و284.8 و341.8 مم على الترتيب في مرحلة النمو الخضري، وانخفضت قيم الاستهلاك المائي إلى 45.67 و68.51 و91.35 و114.2 و137.0 مم في مرحلة التفاف الرؤوس، واستمر الانخفاض في قيم الاستهلاك المائي إلى 20.63 و30.94 و41.25 و51.56 و61.88 مم عند مرحلة النضج لمعاملات مستويات الري I_1 وI_2 وI_3 وI_4 و I_5 على الترتيب. ويعزى السبب في ذلك إلى مدة نمو كل مرحلة، إذ احتاجت مرحلة الشتلات 19 يوم ومرحلة النمو الخضري 36 يوم ومرحلة التفاف الرؤوس 15 يوم ومرحلة النضج 11 يوم، كذلك للظروف المناخية لكل مرحلة تأثيرها في الاستهلاك المائي الموسمي، ونلاحظ زيادة الاستهلاك المائي الموسمي للنبات بطول مدة النمو ولجميع مستويات الري، وبلغ ذروته في مرحلة النمو الخضري ويعود السبب في ذلك لزيادة حاجة النبات للماء كونها مرحلة سريعة في زيادة نمو وحجم النبات والتطور الفسلجي وتعمق وانتشار الجذور ومن ثم زيادة كفاءتها في امتصاص الماء. كما إن زيادة مساحة الأوراق تزيد من الماء المفقود من النبات عن طريق النتح، فضلا عن ارتفاع درجة الحرارة وشدة الإشعاع الشمسي خلال اليوم والذي يشير إلى زيادة الضائعات المائية بزيادة عملية التبخر من سطح التربة ومن ثم زيادة الاحتياجات المائية للمحصول. فيما نلاحظ انخفاض الاستهلاك المائي أثناء مرحلتي التفاف الرؤوس والنضج مقارنة بمرحلة النمو الخضري ويعود السبب في ذلك إلى اكتمال حجم النبات وزيادة المساحة الورقية ومن ثم زيادة مساحة الغطاء الخضري لسطح التربة وتقليل التبخر من السطح مما يؤدي إلى

انخفاض حاجة النبات للماء، ومع تقدم النبات في النمو نلاحظ انخفاض الاستهلاك المائي ليصل إلى اقل مستوى عند مرحلة التفاف الرؤوس نظراً لدخول النباتات مرحلة النضج الكامل ومن ثم قلة الحاجة إلى الماء، إذ تبدأ مرحلة النضج التي تميزت باكتمال نمو الأوراق والساق والتفاف الرؤوس تزامناً مع انخفاض معدل درجات الحرارة ويرافقها زيادة الرطوبة النسبية وانخفاض عدد ساعات السطوع الشمسي والتي ساعدت في تقليل معدلات التبخر في التربة خلال هذه المرحلة، فضلا عن قصر مدة المرحلتين وبواقع 5 ريات لكلا المرحلتين قياسا بمرحلة النمو الخضري، كما إن المدة الزمنية للمرحلتين تكون أثناء شهر كانون الأول الذي يشهد انخفاض كبيراً في درجات الحرارة (Khamees *et al*., 2023; Ibrahim *et al*., 2023).

جدول (8): تأثير مستوى الإرواء في الاستهلاك المائي الموسمي للخس بنظام ري المروز

مستويات الإرواء	عمق الماء المضاف (مم)	مرحلة الشتلات	مرحلة النمو الخضري	مرحلة التفاف الرؤوس	مرحلة النضج	المجموع
%50 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	19	36	15	11	81
	عدد الريات	5	9	3	2	19
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة (مم)	104.1	113.9	45.67	20.63	284.3
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	5.48	3.16	3.04	1.88	
%75 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	19	36	15	11	81
	عدد الريات	5	9	3	2	19
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة (مم)	110.7	170.9	68.51	30.94	381.1
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	5.83	4.75	4.56	2.81	
%100 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	19	36	15	11	81
	عدد الريات	5	9	3	2	19
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة (مم)	117.4	227.9	91.35	41.25	477.9
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	6.17	6.33	6.09	3.75	
%125 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	19	36	15	11	81
	عدد الريات	5	9	3	2	19
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة (مم)	124.1	284.8	114.2	51.56	574.7
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	6.53	7.91	7.61	4.69	
%150 Epan	مدة مرحلة النمو (يوم)	19	36	15	11	81
	عدد الريات	5	9	3	2	19
	الاستهلاك المائي الموسمي للمرحلة (مم)	130.8	341.8	137.0	61.88	671.6
	الاستهلاك المائي اليومي (مم)	6.88	9.49	9.13	5.63	

ولمقارنة الاستهلاك المائي الموسمي لأنظمة الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي والمروز تبين نتائج الجداول 4 و5 و6 و7 و8 أن نظام الري التقليدي المروز (S_I) كان الأعلى في استهلاك الماء إذ بلغ 284.3 و381.1 و477.9 و574.7 و671.6 مم على الترتيب. وان السبب في ذلك قد يعزى إلى زيادة كمية الماء المضاف في ري المروز، بسبب زيادة المساحة المعرضة للتبخر وبذلك يزداد الاستهلاك المائي خلال موسم النمو قياساً بنظامي الري بالتنقيط السطحي والري بالتنقيط تحت السطحي الذي يمتاز بمساحة الابتلال حول واسفل المنقطات، فضلا عن وجود معامل الاختزال في نظام الري بالتنقيط السطحي والري بالتنقيط تحت السطحي فإنه قد أسهم في تقليل كمية الماء المضافة والمستهلكة من قبل النبات، لقد أسهم الري بالتنقيط في تأمين رطوبة ملائمة ومستمرة في منطقة انتشار جذور الخس وزاد من كفاءة استهلاك المحتوى المائي المخزون في التربة. كما انخفضت كمية الماء المضافة تحت نظامي الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي مقارنة بالري بالمروز، إذ يمتاز نظامي الري بالتنقيط السطحي والري بالتنقيط تحت السطحي بمساحة ابتلال حول واسفل المنقطات، فضلا عن وجود معامل الاختزال وكفاءة إضافة الري بلغت

94.03% لنظام الري بالتنقيط تحت السطحي و90.95% لنظام الري بالتنقيط السطحي و78.81% للري بالمروز . لذلك قد أسهم نظامي الري بالتنقيط السطحي في خفض كمية التبخر و/او عدمه في نظام الري بالتنقيط تحت السطحي الأمر الذي أدى إلى تقليل كمية الماء المضافة والمستهلكة من قبل النبات وتأمين الرطوبة الملائمة في منطقة انتشار جذور الخس وزاد من كفاءة استهلاك المحتوى المائي المخزون في التربة، ومن ثم قلل من عدد الريات التي كانت اقل قياسا بري بالمروز خلال موسم النمو بواقع 13 رية لنظام الري بالتنقيط تحت السطحي و17 رية لنظام الري بالتنقيط السطحي و19 رية لري المروز. كما يمكن إن يعزى السبب الى أن طريقة الري المتبعة عند نظام الري التقليدي المروز تكون مساحة الابتلال أكبر، إذ إن الماء المضاف يرتشح إلى داخل جسم التربة من خلال المساحة المبتلة لكل المرز وتكون حركة الماء باتجاهين إذ يرتشح الماء تحت تأثير قوى الشد الشعري والجذب الارضي وبالاتجاهين الأفقي والرأسي، وبزيادة كمية الماء المضاف يزداد المحتوى الرطوبي للمساحة المبتلة وبذلك يزداد التبخر من سطح التربة مما انعكس في كمية مياه الري المضافة لتلبية احتياجات النبات المائية، بينما في نظام الري التنقيط السطحي والري بالتنقيط تحت السطحي قلت كمية الماء المتبخر من سطح التربة وذلك لان الإضافة كانت لموقع محدد من التربة مرتبط بالمساحة المبتلة تحت المنقط وهذه قللت من نسبة الضائعات المائية بالتبخر والتخلخل العميق وكذلك فان هذا النظام زاد من كفاءة الخزين المائي في التربة مما زاد من كفاءة استعمال الماء، الأمر الذي قلل من عدد الريات التي كانت اقل قياسا بالري بالمروز خلال موسم النمو.

بشكل عام نظام الري بالتنقيط كان الأقل من حيث الاستهلاك المائي الموسمي لاسيما نظام الري بالتنقيط تحت السطحي وهذا يفسر ما لهذا النظام من مميزات حيث يعمل على إضافة الماء إلى التربة ببطء ويحافظ على نسبة ثابتة من الرطوبة في منطقة الجذور، كما أن البطء في إضافة الماء يساعد على خفض التبخر والضائعات الجانبية بما فيها الرشح ويزيد نسبة استثمار ماء الري وتعزز نمو النباتات ويمنع نمو الأدغال.

1.3. الحاصل الكلي (ميكاغرام هكتار$^{-1}$)

يظهر جدول (9) تأثير نظام ومستويات الري والتداخلات في متوسط الحاصل الكلي للخس، إذ تفوق نظام الري بالتنقيط تحت السطحي SS_2 في الحصول على أعلى متوسط للحاصل الكلي 226.3 ميكا غرام هكتار$^{-1}$، مقارنة باقل متوسط بلغ 135.3ميكاغرام هكتار$^{-1}$ لنظام الري بالمروز S_1 وبنسبة انخفاض بلغت 40.21%. ويلاحظ وجود فروق معنوية لقيم الحاصل الكلي للخس نتيجة تأثير مستويات الري، إذ بلغت اعلى قيمة لمتوسط الحاصل الكلي 221.8 ميكاغرام هكتار$^{-1}$ لمستوى الري I_5 وبنسبة انخفاض بلغت 61.44% قياساً بمستوى الري I_1 بلغ 85.53 ميكاغرام هكتار$^{-1}$.

جدول (9): تأثير نظام ومستويات الري في متوسط الحاصل الكلي لمحصول الخس (ميكاغرام هكتار$^{-1}$)

مستويات الري	نظام الري					متوسط مستويات الري
	S1	S2	SS1	SS2	SI	
I_1	62.50	70.40	100.0	128.3	66.43	85.53
I_2	83.60	104.6	180.6	213.5	126.9	141.8
I_3	166.9	197.9	191.9	234.8	146.7	187.6
I_4	183.3	215.5	208.6	268.7	163.3	207.9
I_5	191.4	233.3	224.7	286.2	173.3	221.8
متوسط نظام الري	137.5	164.3	181.2	226.3	135.3	

العوامل	مستويات الري	نظام الري	التداخل الثنائي
LSD 0.05	6.18**	4.86**	11.06**

اثر مستوى الري تأثيراً إيجابياً في زيادة حاصل الخس، قد يعزى إلى توفر الرطوبة الملائمة للتربة وعدم حصول إجهاد مائي خلال مراحل النمو، كما إدى استعمال مستوى الري I_5 إلى الاحتفاظ بمحتوى رطوبة اعلى في أنسجة أوراق نبات الخس ونظام جذري متكامل قياساً مع مستوى الري I_1 الذي يؤثر في نمو وحجم وانتشار الجذور وانخفاض الحاصل الكلي للخس (Ati *et al*., 2018;El–Bially *et al*., 2018; El–Metwally and Saudy 2021). ومما لا شك فيه كان للاستهلاك المائي الموسمي القليل آثار سلبية في فسيولوجية ونمو النبات وأدى في النهاية إلى انخفاض الحاصل الكلي، لذا لوحظ انخفاض ملحوظ في محصول الخس بسبب نقص المياه. وتشير نتائج الدراسة الحالية إلى أن نمو الخس وإنتاجيته تتأثر بشكل كبير بنظم الري ومستويات الري، إذ نلاحظ زيادة الحاصل مع زيادة كمية المياه المطبقة عند مستوى الري ETc 150% ثم يتبعه 125 و100 و75 و50% ETc، ونتيجة لاستعمال أنظمة ري مختلفة فقد تفوق نظام الري بالتنقيط تحت السطحي ونظام الري بالتنقيط السطحي على نظام الري بالمروز في زيادة صفات النمو الخضري والحاصل الكلي للخس لاسيما تحت طريقة الزراعة الجديدة خط ري خطين نبات.

أعطى استعمال نظام الري بالتنقيط تحت السطحي نتائج افضل من الري بالتنقيط السطحي والري بالمروز، وقد ويعود السبب في ذلك إلى كفاءة الري، اذ بلغت عند نظام الري بالتنقيط تحت السطحي 94.03% وانخفضت عند نظام الري بالتنقيط السطحي الى 90.95% بزيادة مقدارها 3.39 % وتليها كفاءة إضافة الري بالمروز 78.81% بزيادة مقدارها 19.31% مما يؤدي إلى إضافة كميات اكبر من مياه الري عند الري بالمروز لغرض وصول الكميات المحسوبة للمعاملات وتلبية احتياج النبات المائية. أعطى نظام الري بالتنقيط تحت السطحي لمعاملات خط تنقيط خط نبات وخط تنقيط خطين نبات افضل إنتاج ويليه الري بالتنقيط السطحي لمعاملات خط تنقيط نبات وخط تنقيط خطين نبات ومن ثم الري بالمروز، كذلك قد يُعزى الانخفاض في الحاصل الكلي للخس مع استعمال مستويات إرواء قليلة إلى تثبيط النمو وانقسام الخلايا بسبب انخفاض الضغط وإغلاق ثغور الأوراق.

ويقودنا هذا إلى تحقيق مفهوم نظم الري الحديثة مع طريقة الزراعة المذكورة يتم إعطاء ماء الري بكميات قليلة وعلى فترات متقاربة من خلال تحقيق فاصلة ري مناسبة وبمعدل عمق ماء مضاف مناسب في الرية الواحدة.

2.3. إنتاجية المياه (كغم م$^{-3}$)

يبين الجدول (10) فروق معنوية في متوسط إنتاجية المياه لمعاملات نظام الري، إذ أعطت معاملة SS_2 اعلى متوسط لإنتاجية المياه 96.48 كغم م$^{-3}$، في حين أعطت معاملة S_I اقل متوسط إنتاجية مياه 28.31 كغم م$^{-3}$. وبلغت نسبة الزيادة 68.97 و70.82 و7.88 و240.8 % في معاملة SS_2 مقارنة بمعاملات نظام الري S_1 وS_2 وSS_1 وS_I على الترتيب. وأظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية في متوسط إنتاجية المياه لمعاملات مستويات الري، إذ أعطت معاملة I_3 إعلى متوسط إنتاجية مياه 72.24 كغم م$^{-3}$ ومعاملة I_1 اقل متوسط إنتاجية المياه 49.85 كغم م$^{-3}$ وبلغت نسبة الزيادة لمعاملة (I_3) 44.91 و7.85 و1.08 و7.39% قياساً بمستويات الري I_1 وI_2 وI_4 وI_5 على الترتيب.

يعزى انخفاض قيم إنتاجية المياه لري المروز وزيادتها باستخدام نظامي الري بالتنقيط تحت السطحي والري بالتنقيط السطحي إلى زيادة الاستهلاك المائي للري بالمروز، فضلا عن انخفاض الحاصل الكلي للخس، أما انخفاض إنتاجية المياه عند مستوى الري I_1 يعود السبب في ذلك إلى انخفاض أعماق الماء المضافة نتيجة استعمال مستوى إرواء أقل مقارنة مع مستويات الإرواء I_2 وI_3 وI_4 وI_5 الأمر الذي أدى إلى انخفاض الحاصل الكلي للخس نتيجة ضعف المجموع الجذري والذي أنعكس على قابلية امتصاص النبات للماء والمغذيات وهذا بدوره يؤدي وإلى خفض معدل وزن الراس ومن ثم انخفاض الحاصل الكلي وإنتاجية المياه (Atee, and Hussein, 2007;Michelon *et al*., 2020). إنتاجية المياه لإنتاج محاصيل الخضر ومنها الخس في المناطق الجافة وشبه الجافة، من الممكن التأكيد على أن أنظمة الري بالتنقيط سوف تزيد من المحصول وتحسن من إنتاجية المياه ومن إنتاج الخس لاسيما في ظل ظروف تقييد المياه (Al-Sahaf and Atee, 2007;AL- *et al*., 2020) .Rawi *et al.,* 2017;Amare

جدول (10): تأثير نظام ومستويات الري في إنتاجية المياه (كغم م$^{-3}$)

مستويات الري	نظام الري					متوسط مستويات الري
	S1	S2	SS1	SS2	SI	
I_1	38.80	39.23	68.57	79.30	23.37	49.85
I_2	42.57	46.73	104.1	108.2	33.30	66.98
I_3	72.07	62.23	95.50	100.7	30.70	72.24
I_4	68.70	68.90	91.23	100.1	28.40	71.47
I_5	63.37	65.33	87.73	94.13	25.80	67.27
متوسط نظام الري	57.10	56.48	89.43	96.48	28.31	

العوامل	مستويات الري	نظام الري	التداخل الثنائي
%5 LSD	2.78**	1.77**	4.80**

4. الاستنتاجات والتوصيات

تساهم سياسة التحول إلى نظام الري بالتنقيط وتحسين كفاءة إضافة الري الى زيادة الانتاج الزراعي الإجمالي وبشكل إيجابي، كما وتساهم في التخفيف من تأثير تغير المناخ، علاوة على ذلك ستؤدي كفاءة إضافة الري بالتنقيط إلى انخفاض في حجم المياه المفقودة. كما ان الري بالتنقيط تحت السطحي والري بالتنقيط السطحي من أمثلة الري الموضع localized وتزداد أهمية استعمال هذا النوع من الري حيث تتعاظم فيه كفاءة إضافة الري والتي تطبق في المواقع ذات الاحتياج ويكون هدر المياه فيها قليلا.

نشر استعمال طريقة الزراعة الواعدة بزراعة خطين نبات على خط تنقيط واحد تحت نظامي الري بالتنقيط تحت السطحي والري بالتنقيط السطحي بزراعة محاصيل الخضر بمساحات أوسع.

توعية المزارعين بأهمية جدولة الري وتقليل الهدر بكميات الماء المضافة باستعمال نظم ري فعالة كالري بالتنقيط تحت السطحي والري بالتنقيط السطحي لزيادة إنتاجية المياه وتوفير كميات كبيرة من مياه الري للتعايش مع العجز المائي الحالي وتحقيق الأمن الغذائي، لاسيما مع استمرار المزارعين استعمال الري التقليدي بالمروز والتي تزرع على مساحات واسعة من الأراضي الزراعية لإنتاج الخس في العراق.

المصادر

حدادة، علي. (2018). الزراعة الذكية مجالات تطبيقها في الوطن العربي. *دائرة البحوث الاقتصادية/ اتحاد الغرف العربية/ الجامعة اللبنانية*.

سباهي، جليل وحسون شلش وموفق فوزي. (1991). دليل استخدام الاسمدة الكيميائية. *نشرة وزارة الزراعة العراقية/جمهورية العراق*.

Adeniran, K. A., Kareem, K. Y., Yusuf, K. O., & Afolayan, S. O. (2020). Effects of electromagnetic treatment of irrigation water on growth and yield of Lagos Spinach (Celosia argentae). *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, *22*(2), 32-40.

Al-Lami, A. A. A. A., Al-Rawi, S. S., & Ati, A. S. (2023). Evaluation of the AquaCrop model performance and the impact of future climate changes on potato production under different soil management systems. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, *54*(1), 253-267.

Al-Lami, A. A. A. A., Ati, A. S., & Al-Rawi, S. S. (2023). DETERMINATION OF WATER CONSUMPTION OF POTATO UNDER IRRIGATION SYSTEMS AND IRRIGATION INTERVALS BY USING POLYMERS AND BIO-FERTILIZERS IN DESERT SOILS. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, *54*(5), 1351-1363.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *Fao, Rome*, *300*(9), D05109.

AL-Rawi, S. S., Aoda, M. I., & Ati, A. S. (2017). The Role of subsurface water retention technology (SWRT) for growing chili pepper in Iraqi sandy soils. *Journal of Environment and Earth Science*, *7*(1), 82-89.

Al-Sahaf, F. H., & Atee, A. S. (2007). Potato production by organic farming 3-effect of organic fertilizer and whey on plant growth, yield and tubers quality characteristics. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, *38*(4), 65-82.

Amare, D. G., & Abebe, K. Z. (2020). Effect of deficit irrigation under different crop on crop productivity and water use efficiency-a review. *Journal of Engineering Research and Reports*, *18*(2), 30-37.

Atee, A. S., Hussein F. (2007). The role of organic fertilization and whey in the physical properties of the soil and the preparation of Microbiology. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 38 (4):36-51.

Ati, A. S., & Abd Zaid, R. (2023). Evaluation of Water and Wheat Productivity under Center Pivot Sprinkler Irrigation in Desert Soils/Holly Karbala Governorate. *Journal of Water Resources and Geosciences*, *2*(2), 125-145.

Ati, A. S., & Wally, D. H. (2018). Role of Humic fertilization on reducing water deficit and its relation to fruit yield of Okra and water productivity. *Kufa Journal for Agricultural Sciences*, *10*(4).

Black, C. A., Evans, D. D., & Ensminger, L. E. (1965). Methods of soil analysis. Agronomy, 9 Amer. Soc. Agron. *Inc. Publisher, Madison, Wisconsin. USA*.

El-Bially, M., Saudy, H., El-Metwally, I., & Shahin, M. (2018). Efficacy of ascorbic acid as a cofactor for alleviating water deficit impacts and enhancing sunflower yield and irrigation water–use efficiency. *Agricultural Water Management*, *208*, 132-139.

El-Metwally, I. M., & Saudy, H. S. (2021). Interactional impacts of drought and weed stresses on nutritional status of seeds and water use efficiency of peanut plants grown in arid conditions. *Gesunde Pflanzen*, *73*(4), 407-416.

El-Wahed, A., Elsabagh, A., Saneoka, H., Abdelkhalek, A., & Barutçular, C. (2015). Sprinkler irrigation uniformity and crop water productivity of barley in arid region. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, *27*(10).

FAO / (2022). https://www.fao.org/3/y3918a/y3918a09.htm.

FAO, Faostat Agriculture-Roma. (1986). Online statistical database of the food and Agricultural Organization of United Nations.

Ibrahim, W. M., Ati, A. S., & Majeesd, S. S. (2023, December). Sustainability of Agricultural Productivity and Water Requirement of Sorghum Crop Under Deficient Irrigation. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1262, No. 8, p. 082012). IOP Publishing.

Keller, J., & Karmeli, D. (1974). Trickle irrigation design parameters.

Khamees, A. A. H., Ati, A. S., & Hussein, H. H. (2023, April). Effect of Surface and Subsurface Drip Irrigation and Furrows Irrigation System on Water Productivity, Growth and Yield of Lettuce (Lactuca Sativa L). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1158, No. 2, p. 022009). IOP Publishing.

Michelon, N., Pennisi, G., Ohn Myint, N., Orsini, F., & Gianquinto, G. (2020). Strategies for improved water use efficiency (WUE) of field-grown lettuce (Lactuca sativa L.) under a semi-arid climate. *Agronomy*, *10*(5), 668.

Neima, H. A., Ati, A. S., Rahim, B. R., Qadir, N. J., & Fattah, N. M. (2020). Cauliflower Water Productivity, Growth, and Yield in Response to Irrigation Management Using Different Water Sources. *Journal of Plant Production*, *11*(6), 501-504.

Phocaides, A. (2007). *Handbook on pressurized irrigation techniques*. Food & Agriculture Org.