مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (١٠) العدد (٥) ٢٠٢٦

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (10) No. (5) 2026

# تقييم أداء المنقطات المدمجة والخارجية في نظام الري بالتنقيط السطحي وتأثيرها على الكفاءة الهيدروليكية وإنتاجية البندورة في الزراعة المحمية

**أ.د. علي كنجو** *

**م. إباء اصلان** **

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٦/١/٢٥ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٦/٣/١١ )

□ ملخّص □

نُفذ البحث خلال الموسم الزراعي ٢٠٢٤-٢٠٢٥ بجامعة اللاذقية في مشتل كلية الهندسة الزراعية داخل بيت محمي، بهدف إجراء مقارنة متكاملة بين أداء المنقطات المدمجة (Inline/BLI) والخارجية (Online/BLO) في نظام الري بالتنقيط السطحي لزراعة البندورة داخل البيوت المحمية تحت الظروف السورية. وذلك باستخدام تصميم القطاعات الكاملة العشوائية (CRD) بثلاثة مكررات لكل معاملة. أظهرت النتائج تفوقاً ملحوظاً للنقاطات الخارجية في المؤشرات الإنتاجية، حيث سجلت زيادة في المحصول الكلي بلغت ٥,٥٤% (١٧,١٥ مقابل ١٦,٢٥ كغ/م²، $P < 0.01$ ) وتحسناً في إنتاجية المياه المطبقة بنسبة ٥,٥٥% (٤٢٤,٦٧ مقابل ٤٠٢,٣٣ كغ/م³). في المقابل، تفوقت النقاطات المدمجة في معامل الانتظامية الهيدروليكي بنسبة ٨,٢٥% (٩٧,٤٦% مقابل ٩٠,٠٣%). تكشف الدراسة عن توثيق صريح يمثل إسهام مهم وهو الجمع بين القياسات الهيدروليكية والإنتاجية والنوعية في دراسة واحدة يمثل تقدم منهجي مقارنة بالدراسات المجزأة السابقة، حيث أن النظام الأكثر انتظامية هيدروليكياً لم يكن الأكثر إنتاجية، مما يشير إلى تفوق العوامل الفسيولوجية والتفاعلات تربة-جذر على الاعتبارات الهيدروليكية البحتة في التربة الطينية المستخدمة (٤٥% طين). بناءً على النتائج، نوصي باستخدام النقاطات الخارجية عندما يكون الهدف زيادة الإنتاجية، والنقاطات المدمجة عندما تكون الانتظامية الهيدروليكية العالية هي الأولوية. تشكل هذه الدراسة مرجعاً عملياً لدعم قرارات المزارعين والمهندسين في اختيار نظام الري الأمثل في ظل ندرة المياه السائدة.

**الكلمات المفتاحية:** الري بالتنقيط السطحي، المنقطات المدمجة، المنقطات الخارجية، الأداء الهيدروليكي، إنتاجية البندورة، الزراعة المحمية، إنتاجية المياه المطبقة.

* أستاذ ري وصرف في قسم علوم التربة والمياه، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سورية. AliKinjo@gmail.com

** معيدة في قسم علوم التربة والمياه، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سورية.
ebaa.aslan@tishreen.edu.sy

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (١٠) العدد (٥) ٢٠٢٦

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (10) No. (5) 2026

# Evaluating Inline and Online Emitter Performance in Surface Drip Irrigation and Their Impact on Hydraulic Efficiency and Tomato Productivity under Protected Cultivation

**Dr. Ali Kinjo**[*]
**Eng. Ebaa Aslan**[**]

**(Received 25/1/2026 . Accepted 11/3/2026)**

**□ ABSTRACT □**

This study (2024-2025, University of Latakia, Syria) compared built-in (Inline) and on-line (Online) emitters in surface drip-irrigated greenhouse tomato production. Using a completely randomized block design, results showed on-line emitters significantly outperformed built-in types in productivity, with total yield reaching 17.15 vs. 16.25 kg/m² ($P < 0.01$) and productivity of applied water reaching 424.67 vs. 402.33 kg/m³—improvements of 5.54% and 5.55%, respectively. Conversely, built-in emitters achieved superior hydraulic uniformity (97.46% vs. 90.03%, an 8.25% advantage). This integrated assessment of hydraulic, productive, and qualitative factors reveals that the hydraulically more uniform system was not the most productive, suggesting the predominance of physiological factors and soil-root interactions over purely hydraulic considerations in the employed clay soil (45% clay). We recommend on-line emitters for maximizing yield and built-in emitters when high uniformity is the priority, offering practical guidance for optimal irrigation selection under water scarcity.

**Keywords:** Surface drip irrigation, Inline emitters, Online emitters, Hydraulic performance, Tomato productivity, Protected cultivation, Productivity of applied water.

[*] Departmemt of Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, Lattakia University, Lattakia, Syria. AliKinjo@gmail.com

[**] Teaching assistant in the Departmemt of Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, Lattakia University, Lattakia, Syria. ebaa.aslan@tishreen.edu.sy

## المقدمة:

تكتسب الزراعة المحمية، وخاصة زراعة البندورة (Solanum lycopersicum L.)، أهمية استراتيجية متزايدة في تحقيق الأمن الغذائي في ظل تحديات قلة المياه، خاصة في منطقة الشرق الأوسط حيث تشهد الزراعة ضغوطاً مائية متزايدة (Food and Agriculture Organization [FAO], 2022). يعد الري بالتنقيط الدقيق تقنية حيوية لتحسين كفاءة استخدام المياه في هذه الأنظمة، حيث تم توثيق قدرته على تحسين مؤشرات الأداء المائي بشكل ملحوظ (Pereira *et al*., 2020).

يعود التطور الحديث للري بالتنقيط إلى ابتكارات مثل تلك التي قدمها (Blass 1964) في الستينيات، وتطور ليصبح أحد أكثر أنظمة الري كفاءة مع ظهور المنقطات المعوضة للضغط في السبعينيات ( Bralts, 1986). في منطقة البحر المتوسط تشكل الزراعة المحمية حلاً مهماً للتكيف مع التغيرات المناخية ( Maggio *et al*., 2020). ويعتمد نظام الري بالتنقيط السطحي، كونه الخيار الأكثر انتشاراً في البيوت المحمية ( Bai *et al*., 2020)، بشكل جوهري على أداء مكوناته الأساسية وخاصة نوع المنقطات. يتنافس في السوق نوعان رئيسيان: المنقطات المدمجة (Inline/Integrated) والمنقطات الخارجية (Online/Surface)، ويؤثر اختيار أي منهما على انتظامية التوزيع المائي (Wang *et al*., 2021).

تشير الأبحاث إلى أن اختيار نوع المنقط لا يقتصر على الاعتبارات الهيدروليكية فحسب، بل يؤثر بشكل مباشر على نمط المساحة المبللة في منطقة الجذور (Liu *et al*., 2022) والاستجابات الفسيولوجية للنباتات(Yavuz *et al*., 2020) ، مما ينعكس بدوره على الإنتاجية وجودة المحصول. تستند تقييمات الأداء الهيدروليكي عادةً على معاملَي الانتظامية (CU) والتوزيع (DU) (Karmeli & Keller, 1974; Allen *et al*., 1998)، اللذان يشكلان أساس المعايير الدولية (International Organization for Standardization[ISO],2018) وقد أظهرت دراسات مقارنة حديثة نتائج متباينة؛ ففي دراسة على البندورة في بيوت محمية، وجد أن المنقطات المدمجة حققت انتظامية هيدروليكية أعلى (Zhou *et al*., 2021)، بينما أظهرت دراسة أخرى أن المنقطات الخارجية كانت أكثر مقاومة للانسداد خاصة في الظروف الملحية (Al-Absi *et al*., 2021). وفي سياق متصل، قارن (Bai *et al*., 2020) أنماط التبلل الرطب لكلا النوعين، وخلص إلى أن المنقطات المدمجة تنتج نمط ترطيب أضيق وأعمق، بينما تنتج الخارجية نمطاً أوسع وأكثر سطحية. وكما وجد (Thompson *et al*., 2018) أن معامل الانتظامية يمكن أن ينخفض بنسبة تصل إلى ١٥% بعد ٥ سنوات من التشغيل بسبب تراكم الرواسب، مما يستدعي دراسة أداء المنقطات على المدى الطويل.

## أهمية البحث وأهدافه:

تعد هذه المقارنة ذات أهمية عملية كبيرة لتوجيه قرارات المزارعين في مناطق الندرة المائية مثل سوريا نحو أنظمة الري الأكثر كفاءة. ومع ذلك، تبرز فجوة بحثية واضحة في ندرة الدراسات التي تقيم الأداء المتكامل (هيدروليكي، إنتاجي، ونوعي) لكلا النظامين تحت الظروف البيئية والتشغيلية المحددة للساحل السوري خلال الموسم الشتوي–الربيعي، حيث تختلف أنماط المناخ الداخلي للبيت المحمي وخصائص التربة عن تلك المدروسة سابقاً (Karimi *et al*., 2022).

## أهداف البحث:

تهدف هذه الدراسة إلى سد هذا الفراغ من خلال إجراء مقارنة تطبيقية ميدانية وشاملة بين نظامي الري بالتنقيط السطحي باستخدام المنقطات المدمجة والمنقطات الخارجية لزراعة البندورة داخل البيوت المحمية في الساحل السوري. تسعى الدراسة تحديداً إلى:

١. تقييم ومقارنة الأداء الهيدروليكي (معامل الانتظامية CU، ومعامل التوزيع DU) لكلا النظامين تحت ظروف التشغيل الفعلية.

٢. قياس تأثير كل نظام على النمو الخضري والمكونات الإنتاجية والخصائص النوعية لثمار البندورة،

٣. حساب إنتاجية المياه المطبقة ( Productivity of Applied Water) لكل معاملة.

## طرائق البحث ومواده:

١. موقع التجربة والتصميم التجريبي:

أُجريت الدراسة خلال الموسم الزراعي ٢٠٢٤–٢٠٢٥ داخل بيت محمي قوسي الشكل (أبعاد: ٩ م طولاً × ٥ م عرضاً) في مشتل كلية الهندسة الزراعية بجامعة اللاذقية، سوريا. استُخدم تصميم القطاعات الكاملة العشوائية (Completely Randomized Design - CRD; Montgomery, 2017) لدراسة عامل وحيد هو نوع نقطة الري، بمستويين:

- المعاملة T1: الري باستخدام النقاطات المدمجة (Inline drippers).
- المعاملة T2: الري باستخدام النقاطات الخارجية (Online drippers).

وزّع كل مستوى على ٣ مكررات، حيث احتوى كل مكرر على ٢٢ نباتاً، ليصبح العدد الإجمالي للنباتات ١٣٢ نباتاً.

٢. المادة النباتية والزراعة:

استُخدمت شتلات البندورة (Solanum lycopersicum L.) من الصنف الهجين "بستونة". نُقلت الشتلات إلى التربة الدائمة داخل البيت المحمي بعمر ٢٦ يوماً. نُفذت الزراعة على خطوط مفردة بتباعد ٨٠ سم بين الخطوط و ٤٠ سم بين النباتات على نفس الخط، مما حقق كثافة زراعية نظرية قدرها ٣,١٢٥ نبات/م$^2$.

٣. خصائص التربة والبيئة الداخلية:

أظهر تحليل عينات التربة (عمق ٠–٣٠ سم) قواماً طينياً (٤٥% طين، ٣٥% سلت، ٢٠% رمل)، مع أس هيدروجيني (pH = 7.9)، وتوصيل كهربائي (EC = 0.22 ميكروموس/سم). لتمثيل المناخ الداخلي، عُدّلت البيانات المناخية الخارجية من قاعدة (NASA POWER 2020) باستخدام معامل نفاذية ٠,٧٥ للبلاستيك (Boulard & Wang, 2002) وزيادة مقدرة في درجة الحرارة الداخلية تتراوح بين ٥–٦,٥ م° مقارنة بالخارج (Kittas *et al*., 2005).

٤. تصميم وتشغيل نظام الري:

صُمم نظام ري بالتنقيط سطحي يعمل بالجاذبية. تألف من خزان علوي سعة ١٠٠٠ لتر يرتفع ٢,٥ متر عن سطح الأرض. استُخدمت في كلا المعاملتين نقاطات معوّضة للضغط (Pressure Compensating)

بمعدل تدفق اسمي ١ لتر/ساعة، ووُضعت نقطة ري واحدة عند كل نبات. عمل النظام عند ضغط تشغيلي وسطي قدره ١,٢ بار عند مدخل خطوط التنقيط. حُفظ ثبات الضغط من خلال خزان موازنة بارتفاع ثابت وصمام تنظيم ضغط، مع مراقبة دورية بمقياس ضغط معاير (دقة ±٠,٠٥ بار).

٥. برنامج الري والتسميد:

حُسبت الاحتياجات المائية الشهرية باستخدام منهجية منظمة الفاو (Allen *et al.*, 1998). طُبق برنامج تسميدي متكامل (نيتروجين، فوسفور، بوتاسيوم) وفق التوصيات المحلية. أُجريت عمليات المكافحة المتكاملة للآفات والأمراض يدوياً وبشكل وقائي.

٦. القياسات والتقييم:

قُيست المؤشرات التالية خلال موسم النمو:

• الأداء الهيدروليكي: معامل التوزيع (Distribution Uniformity - DU) حسب معادلة كريستيانسن (American Society of Agricultural Engineers [ASAE], 2020)، ومعدل التدفق الفعلي للمنقطات (لتر/ساعة). قيست في بداية ونهاية الموسم.

• المؤشرات الإنتاجية: المحصول الكلي للثمار الناضجة (كغ/م²)، وحُسبت إنتاجية المياه المطبقة (Productivity of Applied Water_ PAW) كـ [المحصول الكلي (كغ) / إجمالي مياه الري المضافة (م³)].

• صفات الجودة والقياسات الشكلية: قُيس حجم الثمرة (سم³) والقطر الطولي والعرضي (سم) لعينة من ١٠ ثمار مأخوذة عشوائياً من كل مكرر عند كل قطفة.

استخدمت أجهزة قياس ذات دقة عالية: ميزان رقمي بدقة ±٠,٠١ غرام لوزن الثمار، فرجار رقمي بدقة ±٠,٠١ مم لقياس أقطار الثمار، ودوارق مدرجة معايرة لقياس تدفق المنقطات. أما لتقدير إنتاجية المياه المطبقة (PAW) ، فقد احتسبت باستخدام العلاقة $PAW = Y / (IR + \Delta S)$، حيث Y المحصول الكلي (كغ/م²)، IR مياه الري المضافة (م³/م²). أما $\Delta S$ فيمثل التغير في رطوبة التربة المخزنة بين بداية ونهاية الموسم، وقد تم قياسه باستخدام مسبار رطوبة التربة على أعماق ١٥-٠ سم و٣٠-١٥ سم، مع أخذ القراءات مرتين (بداية الموسم ونهايته) لحساب الفرق في المخزون الأرضي.

٧. التحليل الإحصائي:

حُللت جميع البيانات باستخدام برنامج SAS (الإصدار ٩,٤). طُبق تحليل التباين (ANOVA) لاختبار معنوية تأثير نوع النقاطات على كل صفة مدروسة. استُخدم اختبار أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى احتمالية ($\alpha \leq 0.05$) للمقارنة بين متوسطي المعاملتين (Montgomery, 2017).

## النتائج والمناقشة:

المقارنة الإحصائية الشاملة:

يقدم الجدول ١ المقارنة الإحصائية المتكاملة التي تكشف عن نمط أداء متباين ومثير للاهتمام بين النظامين.

**الجدول ١: مقارنة شاملة لأداء النقاطات الخارجية والمدمجة في نظام الري بالتنقيط السطحي للبندورة تحت ظروف البيت المحمي**

| فئة التحليل | المؤشر | الوحدة | النقاطات المدمجة (Inline) | النقاطات الخارجية (Online) | الفرق النسبي% | الدلالة الإحصائية | التقييم النهائي |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الأداء الإنتاجي | المحصول الكلي | كغ/م² | 16.25 ± 0.38 | 17.15 ± 0.42 | 5.54 | P = 0.0041** | تفوق خارجي عالي المعنوية |
| | كفاءة استخدام المياه | كغ/م³ | 402.33 ± 9.8 | 424.67 ± 10.2 | 5.55 | P = 0.0029** | تفوق خارجي عالي المعنوية |
| | حجم الثمار | سم³ | 181.17 ± 7.9 | 192.3 ± 8.5 | 6.14 | P = 0.0019** | تفوق خارجي عالي المعنوية |
| الأداء الهيدروليكي | معامل الانتظامية (CU) | % | 97.79 ± 1.2 | 92.69 ± 2.5 | -5.20 | P = 0.0063** | ممتاز vs هامشي |
| | معامل التوزيع (DU) | % | 97.46 ± 1.5 | 90.03 ± 3.2 | -7.62 | P = 0.0051** | ممتاز vs مقبول |
| | معامل الاختلاف (CV) | % | 2.55 ± 0.3 | 8.15 ± 0.9 | 219.60 | P < 0.0001** | داخل المواصفات vs خارجها |

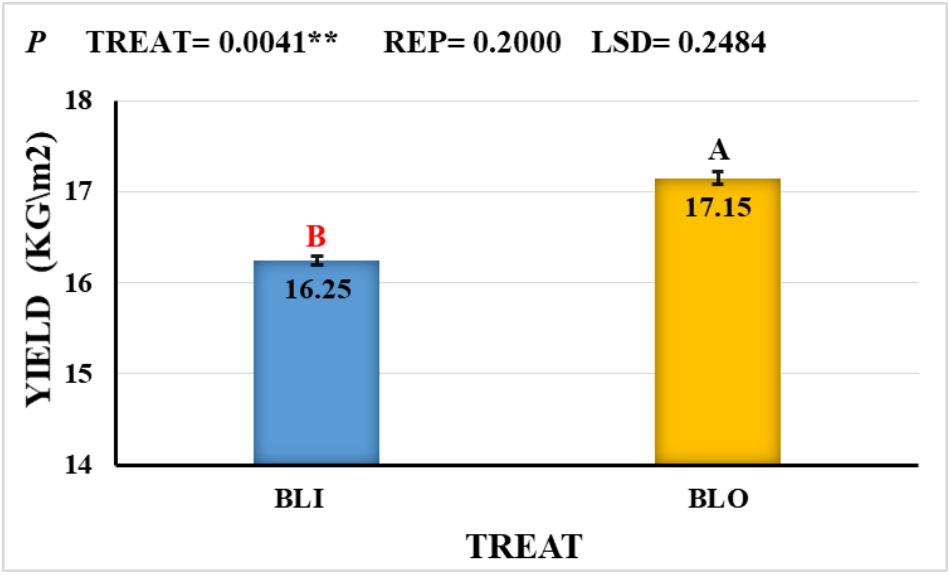
القيم معروضة على شكل: متوسط ± الانحراف المعياري

أظهر تحليل التباين (ANOVA) وجود فروق ذات دلالة إحصائية عالية ($P < 0.01$) لجميع المؤشرات الرئيسية بين المعاملتين، مما يؤكد التأثير الحقيقي لنوع النقاطات على أداء النظام (Montgomery, 2017).

• التفوق الإنتاجي للنقاطات الخارجية:

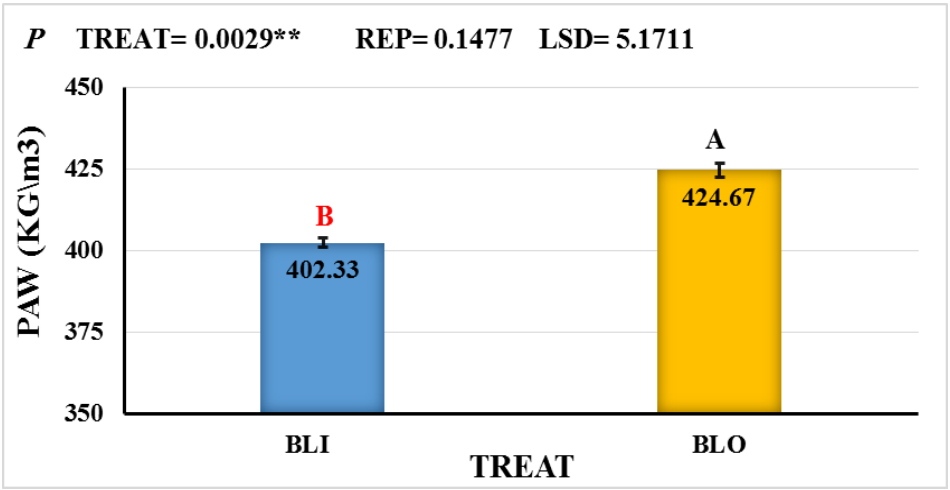
كما يوضح الشكل ١، سجلت النقاطات الخارجية (Online) محصولاً كلياً أعلى معنوياً ($P < 0.01$). يمكن تفسير هذا التفوق الإنتاجي من خلال نمط الترطيب الأوسع الذي يتوافق بشكل أفضل مع ديناميكية التربة

الطينية (٤٥% طين) في الدراسة، حيث يسمح بانتشار جانبي أفضل للرطوبة ويحفز نمو الجذور العرضية للبندورة، مما يزيد من حجم منطقة الامتصاص الفعالة (Hillel, 1980).




**الشكل ١: تأثير نوع النقاطات على المحصول الكلي للبندورة (كغ/م²).**

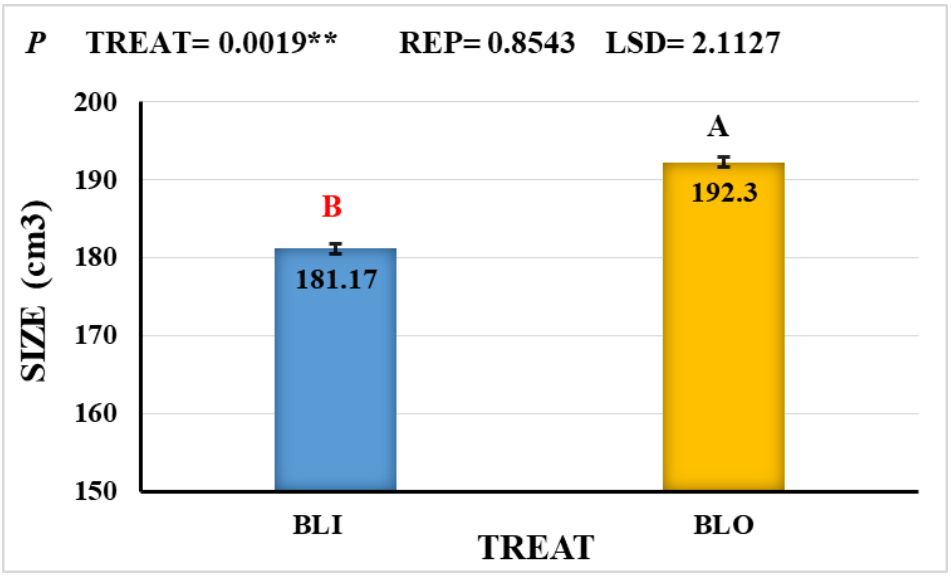
ويتجلى التفوق الإنتاجي أيضاً في إنتاجية المياه المطبقة (PAW)، حيث أظهرت النقاطات الخارجية تحسناً بنسبة ٥,٥٥% كما في الجدول ١ والمتضح بصرياً في الشكل ٢. تؤكد هذه النتيجة أن الزيادة في المحصول كانت مصحوبة باستخدام أكثر كفاءة لوحدة المياه، مما يعكس توافقاً أفضل بين نظام التوزيع المائي واحتياجات النبات (Pereira *et al.*, 2020).




**الشكل ٢: تأثير نوع النقاطات على إنتاجية المياه المطبقة (PAW) للبندورة (كغ/م³).**

• تحسين الخصائص النوعية للثمار:

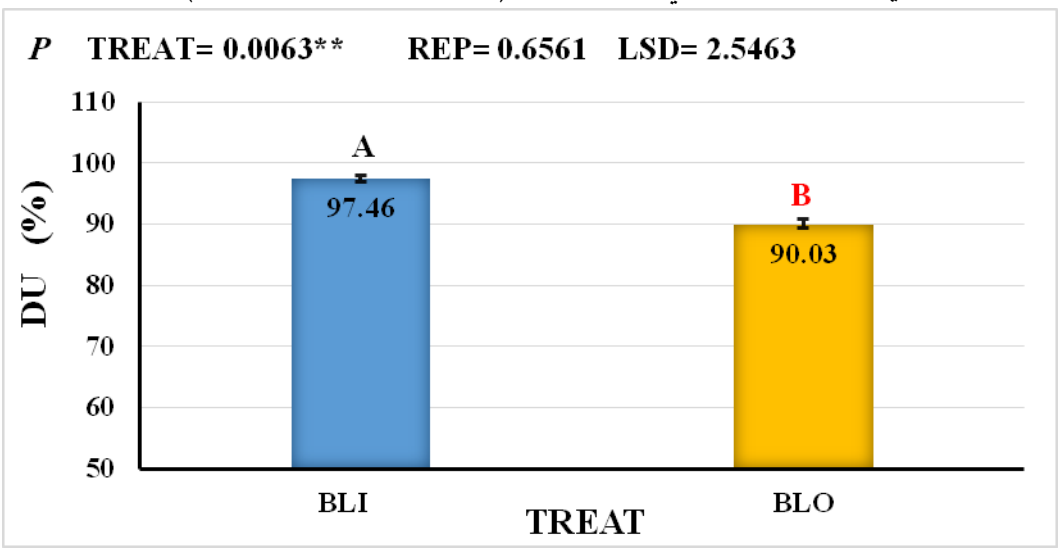
امتد التأثير الإيجابي للنقاطات الخارجية ليشمل الخصائص النوعية للثمار. حيث سجلت ثماراً أكبر حجماً بنسبة ٦,١٤% مقارنة بالنقاطات المدمجة (الجدول ١، الشكل ٣). يمكن تفسير ذلك من خلال تحسين الظروف الفيزيائية حول منطقة الجذور، حيث قد يوفر نمط التبلل المتقطع للنقاطات الخارجية تهوية أفضل، مما ينشط عملية امتصاص العناصر الغذائية الدقيقة الأساسية لنمو الثمار وجودتها (Marschner, 1995).




**الشكل ٣: تأثير نوع النقاطات على الحجم الوسطي لثمار البندورة (سم³).**

• التفوق الهيدروليكي للنقاطات المدمجة والمفارقة العلمية:

على العكس من الأداء الإنتاجي، يبرز الجدول ١ تفوق النقاطات المدمجة (Inline) بشكل قاطع في الأداء الهيدروليكي. حيث سجلت معامل انتظامية (CU) أعلى بنسبة ٥,٢٠% (٩٧,٧٩%) مقابل ٩٢,٦٩%)، ومعامل توزيع (DU) أعلى بنسبة ٧,٦٢% (٩٧,٤٦%) مقابل ٩٠,٠٣%). يعود هذا التفوق الهيدروليكي إلى تصميمها المتكامل الذي يقلل من التباينات في مقاومة التدفق (Karmeli & Keller, 1974).




**الشكل ٤: تأثير نوع النقاطات على معامل الانتظامية الهيدروليكية (DU) للنظام.**

وهنا تظهر المفارقة العلمية الأساسية للدراسة: كما هو واضح من المقارنة بين الجدول ١ والأشكال ١ و٤، فإن النظام الأكثر انتظامية وتقدماً هيدروليكياً (النقاطات المدمجة) لم يكن الأكثر إنتاجية أو كفاءة في استخدام المياه.

• تفسير المفارقة والآليات الفسيولوجية:

تشير النتائج بقوة إلى أن العوامل الفسيولوجية المعقدة وتفاعلات التربة–الجذر قد تفوق في أهميتها اعتبارات الانتظامية الهيدروليكية البحتة في ظروف معينة، كالتربة الطينية المستخدمة هنا (٤٥% طين) (Hillel, 1980; Liu *et al*., 2022).

الفرضية التفسيرية المقترحة هي: التباين الطفيف في تدفق النقاطات الخارجية (CV = 8.15%) قد يخلق نمط بللة غير متجانس في التربة، يتكون من "بقع رطوبة" متعددة. هذا النمط يحفز جذور البندورة على الانتشار الجانبي والاستكشاف بشكل أكبر لتعويض نقص المياه في بعض المناطق، مما يزيد من الحجم الكلي لمنطقة الامتصاص وبالتالي رفع الكفاءة الإنتاجية. في المقابل، قد تؤدي الانتظامية التامة والتوزيع المثالي للماء في حالة النقاطات المدمجة (CU = 97.79%) إلى منطقة جذرية أكثر تركيزاً وأقل توسعاً، مما يقلل من فعالية استغلال حجم التربة المتاح.

• تحليل الفواقد والتوصيات التشغيلية:

تم حساب فواقد الاحتكاك الكلية في النظام باستخدام معادلة هازن–ويليامز (Hazen-Williams) لعناصر الشبكة الرئيسية (الخط الرئيسي، الفرعي، خطوط التنقيط)، مع تطبيق عامل تصحيح التدفق المتغير (F) لمراعاة التوزيع التدريجي للمنقطات على طول الخط (Keller & Bliesner, 1990). بلغت الفواقد المحسوبة ١,١٥٤ م، شكلت المنقطات منها الحصة الأكبر (٨٣,٧%)، مما يؤكد كفاءة التصميم الهيدروليكي للشبكة. ومع ذلك، فإن معامل الاختلاف (CV) للنقاطات الخارجية البالغ ٨,١٥% يتجاوز الحد المسموح به (٥%) في مواصفات ISO 9261:2018 للأنظمة عالية الكفاءة (ISO, 2018). هذا يشير إلى ضرورة انتقاء منتجات عالية الجودة عند اختيار النقاطات الخارجية، مع تشغيل النظام بضغط لا يقل عن ١,٥ بار لضمان الأداء الأمثل للنقاطات المعوضة للضغط (Zhang *et al*., 2017).

## الاستنتاجات والتوصيات:

ومن النتائج المقدمة سابقاً نستنتج ما يلي:

١. تفوقت النقاطات الخارجية (Online) تفوقاً إحصائياً واضحاً ($P < 0.01$) في جميع المؤشرات الإنتاجية والجودة (المحصول، كفاءة المياه، حجم الثمار) تحت ظروف التجربة.

٢. تفوقت النقاطات المدمجة (Inline) تفوقاً هيدروليكياً واضحاً في معاملي الانتظامية CU والتوزيع DU، محققة مستويات ممتازة تتجاوز المعايير الدولية.

٣. تكشف الدراسة عن مفارقة علمية مهمة حيث أن النظام الأكثر انتظامية هيدروليكياً لم يكن الأكثر إنتاجية، مما يشير إلى تفوق العوامل الفيزيائية والتفاعلات تربة–جذر على الاعتبارات الهيدروليكية البحتة في التربة الطينية.

٤. يتجاوز معامل الاختلاف CV للنقاطات الخارجية الحدود المسموح بها دولياً، مما يستدعي اهتماماً خاصاً بجودة التصنيع وبرامج الصيانة.

لذلك نوصي بما يلي:

١. **للمزارعين الراغبين في زيادة الإنتاجية:** يُوصى باعتماد النقاطات الخارجية (Online) في زراعة البندورة المحمية بالترب الطينية، مع التأكيد على اختيار منتجات ذات جودة عالية.

٢. **للمشاريع التي تطلب دقة هيدروليكية عالية:** تبقى النقاطات المدمجة (Inline) الخيار الأمثل، خاصة في الأبحاث العلمية أو عند استخدام مياه عالية العكارة.

٣. **تحسين الأداء التشغيلي:** رفع ضغط التشغيل إلى ١,٥ بار على الأقل لتحسين أداء النقاطات المعوضة، مع تعزيز برامج الصيانة الدورية.

٤. **تطوير المعايير المحلية:** دمج الاعتبارات الإنتاجية والفسيولوجية في معايير تقييم أنظمة الري، وليس المؤشرات الهيدروليكية فقط.

## المراجع:


1. ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., & SMITH, M. 1998. *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements.* FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
2. AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. 2020. *Design and installation of microirrigation systems.* ASAE Standard EP405.2, St. Joseph.
3. BAI, M., LI, T., & LI, Y. 2020. *Comparison of drip irrigation uniformity and soil wetting patterns for two types of emitters.* Irrigation Science, 38, 4, 351–362. https://doi.org/10.1007/s00271-020-00674-3, Berlin.
4. BLASS, S. 1964. *Water drip irrigation.* U.S. Patent No. 3,152,785. U.S. Patent and Trademark Office, Washington, DC.
5. BOULARD, T., & WANG, S. 2002. *Experimental and numerical study on the heterogeneity of crop transpiration in a plastic tunnel.* Agricultural and Forest Meteorology, 110, 3, 259–274. https://doi.org/10.1016/S0168-1923(02)00008-1, Amsterdam.
6. BRALTS, V. F. 1986. *Field performance and evaluation.* In F. S. Nakayama & D. A. Bucks, Eds., Trickle irrigation for crop production, 216–240. Elsevier, Amsterdam.
7. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. 2001. *Irrigation manual: Design and operation of drip irrigation systems.* FAO Agricultural Services Bulletin No. 144. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
8. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. 2022. *The state of food and agriculture 2022: Leveraging automation in agriculture for transforming agrifood systems.* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
9. HILLEL, D. 1980. *Applications of soil physics.* Academic Press, New York.
10. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 2018. *Agricultural irrigation equipment — Emitters — Specification and test methods.* ISO Standard No. 9261:2018, Geneva.
11. KARIMI, M., KHALEDIAN, M. R., & AHMADI, M. A. 2022. *Climate change impacts on irrigation water requirements and greenhouse production in Mediterranean regions.* Theoretical and Applied Climatology, 147, 1, 623–635. https://doi.org/10.1007/s00704-021-03859-8, Vienna.
12. KARMELI, D., & KELLER, J. 1974. *Trickle irrigation design.* Rain Bird Sprinkler Manufacturing, Glendora.

13. KELLER, J., & BLIESNER, R. D. 1990. *Sprinkle and trickle irrigation.* Van Nostrand Reinhold, New York.

14. KITTAS, C., BARTZANAS, T., & JAFFRIN, A. 2005. *Greenhouse evaporative cooling: Measurement and data analysis.* Transactions of the ASAE, 48, 1, 261–270. https://doi.org/10.13031/2013.17921, St. Joseph.

15. LIU, H., WANG, Z., LI, F., LI, Y., & ZHANG, L. 2022. *Effects of different irrigation methods on photosynthetic characteristics, yield and water use efficiency of greenhouse tomato.* Agricultural Water Management, 262, 107403. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107403, Amsterdam.

16. MAGGIO, A., DE PASCALE, S., & ROUPHAEL, Y. 2020. *Protected cultivation of horticultural crops in the Mediterranean region: Constraints and future perspectives.* Acta Horticulturae, 1296, 77–84. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1296.10, Leuven.

17. MARSCHNER, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants.* 2nd ed. Academic Press, London.

18. MONTGOMERY, D. C. 2017. *Design and analysis of experiments.* 9th ed. Wiley, Hoboken.

19. NASA LANGLEY RESEARCH CENTER. 2020. *NASA POWER data access viewer.* NASA. Retrieved from https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/, Hampton.

20. PEREIRA, L. S., PAREDES, P., JOVANOVIC, N., & PÔÇAS, I. 2020. *Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving.* Agricultural Water Management, 228, 105880. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105880, Amsterdam.

21. RODRIGUEZ-SINOBAS, J. A., ZUBELZU, S., & JUANA, L. 2022. *Machine learning approaches for predicting and optimizing drip irrigation uniformity.* Computers and Electronics in Agriculture, 194, 106789. https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106789, Amsterdam.

22. THOMPSON, R. B., GALLARDO, M., VALDEZ, L. C., & FERNÁNDEZ, M. D. 2018. *Water losses in aging drip irrigation networks.* Agricultural Water Management, 203, 175–183. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.02.031, Amsterdam.

23. WANG, Z., LI, J., LI, Y., & ZHANG, F. 2021. *Soil water distribution and water use efficiency under alternate partial root-zone drip irrigation in greenhouse tomato.* Agricultural Water Management, 243, 106497. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106497, Amsterdam.

24. YAVUZ, D., YAVUZ, E., & KIRNAK, F. M. 2020. *Comparison of drip irrigation systems with different emitter types in greenhouse tomato production.* Journal of Agricultural Sciences, 26, 3, 290–299. https://doi.org/10.15832/ankutbd.527167, Ankara.

25. ZHANG, H., LI, Y., LIU, Y., & ZHANG, F. 2017. *Experimental investigation of pressure-compensating drippers performance characteristics under ultra-low pressure conditions.* Irrigation and Drainage, 66, 4, 512–525. https://doi.org/10.1002/ird.2132, Hoboken.

26. ZHOU, B., LI, Y., & LIU, Y. 2021. *Anti-clogging performance and flow characteristics of drip irrigation emitters under saline water conditions.* Irrigation and Drainage, 70, 1, 119–130. https://doi.org/10.1002/ird.2523, Hoboken.