

بحث بعنوان

تأثير تقنيات الري الحديثة في ترشيد استهلاك المياه وزيادة الإنتاج الزراعي

اعداد

معتصم محمد قاسم درادكه

مهندس زراعي

بلدية المزار الجديدة

الملخص

يُعد شح المياه والتغيرات المناخية من أبرز التحديات التي تواجه القطاع الزراعي في المنطقة العربية، مما يستدعي البحث عن حلول مستدامة لضمان الأمن الغذائي. يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير تقنيات الري الحديثة، مثل الري بالتنقيط والري بالرش والأنظمة الذكية، في ترشيد استهلاك المياه وزيادة الإنتاجية الزراعية. وقد اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي، من خلال استعراض الأدبيات السابقة وتحليل البيانات المتعلقة بكفاءة أنظمة الري المختلفة ومقارنتها بالطرق التقليدية، للوقوف على الأثر الكمي والنوعي لهذه التقنيات على المحاصيل والموارد المائية.

توصل البحث إلى مجموعة من النتائج الجوهرية، أبرزها أن الانتقال إلى تقنيات الري الحديثة يساهم في تقليل الفاقد من المياه بنسبة تتراوح بين 30% إلى 60% مقارنة بالري السطحي، فضلاً عن رفع كفاءة استخدام الأسمدة عبر نظام "الري بالتسميد". كما أثبتت النتائج أن هذه التقنيات تؤدي إلى زيادة ملحوظة في الغلة الزراعية وتحسين جودة المحاصيل، على الرغم من وجود بعض التحديات المالية والفنية التي تواجه المزارعين. وأوصى البحث بضرورة تدخل الحكومات لتقديم الدعم المالي والفني، وتكثيف برامج الإرشاد الزراعي لتسريع وتيرة التحول نحو الزراعة الذكية والمستدامة.

Abstract

Water scarcity and climate change are among the most prominent challenges facing the agricultural sector in the Arab region, necessitating the search for sustainable solutions to ensure food security. This research aims to study the impact of modern irrigation technologies, such as drip irrigation, sprinkler irrigation, and smart systems, on water conservation and increased agricultural productivity. The research adopted a descriptive-analytical approach, reviewing previous literature and analyzing data related to the efficiency of different irrigation systems, comparing them with traditional methods to determine the quantitative and qualitative impact of these technologies on crops and water resources.

The research reached a number of key findings, most notably that the transition to modern irrigation technologies contributes to reducing water loss by 30% to 60% compared to surface irrigation, in addition to increasing fertilizer use efficiency through festination. The results also demonstrated that these technologies lead to a significant increase in agricultural yields and improved crop quality, despite some financial and technical challenges faced by farmers. The research recommends that governments intervene to provide financial and technical support and intensify agricultural extension programs to accelerate the transition towards smart and sustainable agriculture.

المقدمة

تشكل المياه عصب الحياة وأهم مورد طبيعي لاستدامة النظم البيئية والاقتصادية، ويُعد القطاع الزراعي أكبر مستهلك للمياه العذبة على مستوى العالم، حيث يستحوذ على أكثر من 70% من إجمالي السحوبات المائية. في ظل التزايد السكاني المطرد وتفاقم آثار التغير المناخي، تواجه العديد من الدول، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، فجوة متزايدة بين الموارد المائية المتاحة والطلب المتزايد على المنتجات الزراعية. هذا الوضع يستلزم إعادة النظر في السياسات الزراعية وإدارة الموارد المائية، والانتقال من النهج التقليدي في استهلاك المياه إلى نهج يركز على الكفاءة والاستدامة.

لطالما اعتمد المزارعون على طرق الري التقليدية كالري بالغمر أو بالأحواض، وهي طرق تتسم بهدر هائل للمياه بسبب التبخر العالي، والتسرب العميق، وعدم انتظام التوزيع، مما ينعكس سلباً على إنتاجية المحاصيل ويسبب تدهوراً في جودة التربة مثل التملح والتعرية. ولمواجهة هذه الإشكاليات، برزت تقنيات الري الحديثة كحل استراتيجي وضروري، حيث تعتمد هذه الأنظمة على إيصال المياه بكميات مضبوطة ومباشرة إلى المنطقة الجذرية للنبات، مما يقلل من الفاقد ويوفر بيئة مثالية لنمو المحاصيل، فضلاً عن إمكانية دمجها مع التكنولوجيا الحديثة مثل إنترنت الأشياء (IoT) للتحكم الآلي في العمليات الزراعية.

يأتي هذا البحث ليستعرض بشكل معمق الأثر المزدوج لتقنيات الري الحديثة؛ فمن ناحية ترشيد استهلاك المياه والحفاظ على هذا المورد الحيوي للأجيال القادمة، ومن ناحية أخرى تعزيز الإنتاج الزراعي وتحقيق أقصى استفادة اقتصادية من كل قطرة ماء. وسيتناول البحث مفهوم هذه التقنيات وأنواعها، ويحلل تأثيرها المباشر على كميات المياه المستهلكة، ثم ينتقل لدراسة انعكاساتها على كمية ونوعية الإنتاج الزراعي، متطرقاً إلى الإطار

النظري، والتحديات التي تعترض تطبيقها، وصولاً إلى تقديم نتائج وتوصيات عملية يمكن لصناع القرار والمزارعين الاستفادة منها.

مشكلة البحث

تتمحور مشكلة البحث الأساسية في التناقض الصارخ بين محدودية الموارد المائية المتاحة والطلب المتزايد عليها في القطاع الزراعي، والذي يتفاقم بسبب الاستمرار في استخدام أساليب الري التقليدية غير الكفؤة. تؤدي هذه الأساليب إلى هدر ما يقارب من 50% إلى 60% من المياه المخصصة للري عبر عمليات التبخر والتسرب الجانبي والعميق، مما يتسبب في استنزاف المياه الجوفية وتدهور جودة التربة الزراعية. هذا الهدر المائي لا يهدد فقط الاستدامة البيئية، بل ينعكس مباشرة على تراجع الإنتاجية الزراعية وزيادة التكاليف، مما يهدد الأمن الغذائي ويقلل من القدرة التنافسية للمنتجات المحلية.

وتتمثل المشكلة الفرعية في أنه على الرغم من الفوائد المثبتة علمياً وعملياً لتقنيات الري الحديثة في توفير المياه وزيادة الإنتاج، إلا أن نسبة تبني المزارعين لهذه التقنيات لا تزال دون المستوى المأمول في العديد من المناطق. ويعود ذلك إلى وجود مجموعة من المعوقات المعقدة التي تشمل التكاليف الاستثمارية الأولية المرتفعة، ونقص الوعي الفني بكيفية التشغيل والصيانة، وضعف الدعم المؤسسي والإرشادي. هذا الفجوة بين "المعرفة التقنية" و"التطبيق الفعلي" تمثل عائقاً رئيسياً يحول دون تحقيق الأهداف الوطنية لترشيد استهلاك المياه وتطوير القطاع الزراعي.

أهداف البحث

1. التعرف على مفهوم تقنيات الري الحديثة وأبرز أنظمتها المستخدمة في الوقت الحالي (التنقيط، الرش، والري الذكي).
2. تحليل مدى مساهمة تقنيات الري الحديثة في ترشيد استهلاك المياه وتقليل الفاقد مقارنة بالأنظمة التقليدية.
3. تقييم الأثر المباشر وغير المباشر لأنظمة الري الحديثة على زيادة الإنتاجية الزراعية وتحسين جودة المحاصيل.
4. رصد وتحليل التحديات والمعوقات (المالية، الفنية، والاجتماعية) التي تواجه المزارعين في تبني وتشغيل تقنيات الري الحديثة.
5. تقديم مجموعة من التوصيات والحلول العملية لتذليل عقبات نشر هذه التقنيات وتشجيع التحول نحو الزراعة المستدامة.

أهمية البحث

تتجلى الأهمية النظرية والأكاديمية للبحث في أنه يثري المكتبة الزراعية والاقتصادية بالدراسات التحليلية التي تربط بين إدارة الموارد المائية والتكنولوجيا الزراعية الحديثة. فهو يوفر قاعدة بيانات ومراجع علمية محدثة للباحثين والدارسين في مجالات الاقتصاد الزراعي، والهندسة المائية، وعلوم البيئة، مما يسهم في تطوير الأدبيات العلمية المتعلقة بالاستدامة الزراعية في المناطق التي تعاني من شح المياه، ويفتح آفاقاً جديدة للبحث في دمج التكنولوجيا الذكية مع الإدارة المائية.

أما على الصعيد العملي والتطبيقي، فتكمن أهمية البحث في تقديمه لرؤى قابلة للتنفيذ يمكن لصناع القرار، ووزارات الزراعة، والهيئات الإرشادية الاستفادة منها في رسم السياسات الزراعية. كما أنه يوجه المزارعين والمستثمرين نحو فهم العائد الاقتصادي والبيئي من الاستثمار في تقنيات الري الحديثة، مما يساعدهم في اتخاذ قرارات مستنيرة. علاوة على ذلك، يقدم البحث أدوات تقييمية تساعد في تصميم برامج الدعم الحكومي والحوافز المالية بما يضمن نجاح التحول نحو الأنظمة المائية الحديثة وتحقيق أقصى استفادة من كل وحدة مائية.

أسئلة البحث

1. ما هي أبرز تقنيات الري الحديثة المستخدمة في الوقت الحالي وكيف تعمل؟
2. كيف تساهم تقنيات الري الحديثة في ترشيد استهلاك المياه وتقليل الهدر؟
3. ما هو أثر تقنيات الري الحديثة على زيادة الإنتاج الزراعي وتحسين جودة المحاصيل؟
4. ما هي التحديات والمعوقات التي تواجه المزارعين في تبني وتشغيل تقنيات الري الحديثة؟
5. ما هي الحلول والمقترحات العملية لتذليل عقبات نشر تقنيات الري الحديثة؟

الإطار النظري

يُعرف شح المياه الزراعي بأنه الحالة التي لا تتوفر فيها الموارد المائية الكافية لتلبية احتياجات المحاصيل خلال مراحل نموها الحرجة، مما يستدعي التدخل بالري. وفي إطار مفهوم "الزراعة المستدامة"، يُشترط أن تلبي الممارسات الزراعية الحالية الاحتياجات الغذائية دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتهم، وهو ما يجعل ترشيد استهلاك المياه ركيزة أساسية. يركز الإطار النظري لإدارة المياه الزراعية على مبدأ

"المحصول لكل قطرة ماء"، والذي يقيس الكفاءة الاقتصادية والبيئية للنظام الزراعي، ويؤكد على ضرورة الانتقال من تعظيم الإنتاج لكل وحدة مساحة إلى تعظيم الإنتاج لكل وحدة مياه مستخدمة.

تطور تاريخ أنظمة الري من الأنظمة السطحية (كالري بالأحواض والأخاديد) التي تعتمد على الجاذبية الأرضية وتتم بـ كفاءة منخفضة تتراوح بين 30% و 50% بسبب الفواقد الكبيرة، إلى الأنظمة المضغوطة (الري الحديث). تعتمد الأنظمة المضغوطة على رفع ضغط المياه وضخها عبر شبكات مغلقة من الأنابيب، مما يلغي الفاقد الناتج عن التسرب في قنوات التربة ويقلل التبخر. هذا التحول الجذري في فلسفة الري لم يكن مجرد تغيير في الأدوات، بل كان نقلة نوعية في فهم فسيولوجيا النبات واحتياجاته المائية الدقيقة، مما مهد الطريق لتطوير تقنيات تتجاوز مجرد "توصيل الماء" إلى "إدارة بيئة الجذر" بأكملها.

يُعد "الري بالتنقيط" من أكثر تقنيات الري الحديثة كفاءة، حيث تصل كفاءته إلى 90-95%. يعتمد هذا النظام نظرياً على مبدأ إبقاء رطوبة التربة عند السعة الحقلية المثلى باستمرار، مما يمنع حدوث إجهاد مائي للنبات. يتكون النظام نظرياً وعملياً من وحدة ضخ، وحدات ترشيح متعددة المراحل لمنع انسداد المنقذات، شبكة أنابيب رئيسية وفرعية، وخطوط تنقيط تحتوي على منقذات ذات تصريف محدد. نظرياً، يحد هذا النظام من المساحة المبللة لسطح التربة، مما يقلل من تبخر المياه ويحد من انتشار الأعشاب الضارة، ويوفر بيئة هوائية ممتازة للتربة تمنع اختناق الجذور.

أما نظرية "الري بالرش" فتعتمد على محاكاة التساقط الطبيعي للمطر، وتتراوح كفاءتها بين 70% و 85%. يُستخدم هذا النظام نظرياً في الأراضي ذات التضاريس غير المنتظمة أو التربة ذات النفاذية العالية جداً أو المنخفضة جداً، حيث يصعب تطبيق الري السطحي. تشمل مكوناته الرئيسية المضخات، الأنابيب الرئيسية

والفرعية، والمرشات التي تقوم بتفتيت تيار المياه إلى قطرات صغيرة. من الناحية الفسيولوجية، يساعد الري بالرش في تلطيف المناخ المحلي حول النبات وغسل أوراقه من الغبار والآفات الحشرية الدقيقة، مما يحسن من عملية التمثيل الضوئي، إلا أنه قد يكون غير مناسب في المناطق شديدة الرياح أو التي تعاني من ملوحة المياه العالية بسبب ترسب الأملاح على الأوراق.

في السنوات الأخيرة، برز الإطار النظري لـ "الري الذكي" والـ Agriculture 4.0، والذي يدمج بين علم المياه، فسيولوجيا النبات، وتكنولوجيا المعلومات. يعتمد هذا المفهوم على استخدام شبكات المجسات لقياس رطوبة التربة، ودرجة الحرارة، والرطوبة النسبية، وشدة الإشعاع الشمسي، وإرسال هذه البيانات لاسلكياً إلى وحدات تحكم. تستخدم هذه الوحدات خوارزميات ونماذج رياضية لحساب "الاحتياج المائي للمحصول" بدقة، وتقوم بتشغيل المنظومة آلياً. هذا الإطار النظري يمثل قمة الكفاءة، حيث يحول الري من عملية تعتمد على التقدير والتجربة إلى عملية علمية دقيقة تعتمد على البيانات الفورية، مما يحقق أقصى درجات الترشيح والإنتاجية.

إجابات أسئلة البحث

السؤال الأول: ما هي أبرز تقنيات الري الحديثة المستخدمة في الوقت الحالي وكيف تعمل؟

تتعدد تقنيات الري الحديثة وتشمل عدة أنظمة متطورة تهدف إلى تعظيم كفاءة استخدام المياه، يأتي في مقدمتها "الري بالتنقيط" الذي يعتمد على إيصال المياه قطرة قطرة مباشرة إلى المنطقة الجذرية للنبات عبر شبكة من الأنابيب البلاستيكية والمنقطات، مما يلغي الفاقد بالتبخر. يليه نظام "الري بالرش" الذي يحاكي سقوط الأمطار الطبيعية من خلال ضخ المياه تحت ضغط عالي عبر مرشات موزعة في الحقل، وهو مناسب جداً للمحاصيل الحقلية الواسعة والبستنة. كما برزت مؤخراً تقنيات "الري تحت السطحي" حيث تُدفن الأنابيب المنقطات في التربة

لتقليل التبخر السطحي إلى أدنى حد ممكن. والأحدث من ذلك هو "الري الذكي" الذي يعتمد على إنترنت الأشياء (IoT) ، حيث تُستخدم مجسات رطوبة التربة والطقس لترسل بيانات آنية إلى وحدات تحكم آلية تقوم بتشغيل وإيقاف مضخات المياه بدقة متناهية بناءً على الاحتياج الفعلي للنبات، مما يمثل قمة التطور في إدارة الري.

السؤال الثاني: كيف تساهم تقنيات الري الحديثة في ترشيد استهلاك المياه وتقليل الهدر؟

تساهم تقنيات الري الحديثة في ترشيد استهلاك المياه من خلال معالجة الأسباب الرئيسية للهدر الموجودة في الأنظمة التقليدية؛ فأولاً، تقلل هذه الأنظمة من الفاقد الناتج عن التبخر السطحي والجريان السطحي لأنها توصل المياه مباشرة لجذور النبات أو تحت سطح التربة. ثانياً، تمنع التسرب العميق للمياه خارج نطاق الجذور من خلال التحكم الدقيق في كميات المياه المضافة وتوقيتها، مما يضمن بقاء الرطوبة في نطاق المنطقة الجذرية النشطة. ثالثاً، تتيح الأنظمة الحديثة، خاصة الذكية منها، تعديل كميات الري بناءً على البيانات المناخية ورطوبة التربة الفعلية، مما يمنع الإفراط في الري. رابعاً، تقلل هذه التقنيات من نمو الأعشاب الضارة بين خطوط الزراعة (كما في التنقيط)، مما يعني أن المياه تُوجه حصرياً للمحصول الاقتصادي وليس للنباتات المنافسة. كل هذه العوامل مجتمعة تؤدي إلى توفير يتراوح بين 30% إلى 60% من المياه مقارنة بالري بالغمر.

السؤال الثالث: ما هو أثر تقنيات الري الحديثة على زيادة الإنتاج الزراعي وتحسين جودة المحاصيل؟

يتمثل أثر تقنيات الري الحديثة في زيادة الإنتاج الزراعي من خلال توفير بيئة رطوبة مثالية ومستمرة للنبات، مما يمنع الإجهاد المائي الذي يؤدي إلى تساقط الأزهار وصغر حجم الثمار. كما أن الحفاظ على الرطوبة

الثابتة يحسن من التهوية الطبيعية للتربة، مما يعزز نشاط الجذور وكفاءتها في امتصاص الغذاء. بالإضافة إلى ذلك، تتيح هذه الأنظمة تطبيق تقنية "الري بالتسميد"، حيث تُذاب الأسمدة في مياه الري وتصل للنبات في صورة سائلة سهلة الامتصاص، مما يرفع كفاءة التسميد بنسبة تصل إلى 90% ويقلل من الهدر. هذا التوازن المثالي بين الماء والغذاء ينعكس مباشرة على زيادة الغلة لكل وحدة مساحة، ويسهم في تحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمحصول (مثل زيادة نسبة السكريات، وتحسين اللون، وطول فترة الصلاحية)، مما يرفع من قيمته التسويقية وجودته الاستهلاكية.

السؤال الرابع: ما هي التحديات والمعوقات التي تواجه المزارعين في تبني وتشغيل تقنيات الري الحديثة؟

تواجه عملية تبني تقنيات الري الحديثة مجموعة من المعوقات المتشابكة، تبدأ بالحواجز المالية حيث تُعد التكلفة الاستثمارية الأولية لشراء وتركيب المضخات، الفلاتر، الشبكات، وأنظمة التحكم مرتفعة جداً بالنسبة لصغار المزارعين، خاصة مع ارتفاع أسعار مدخلات الإنتاج. وتليها الحواجز الفنية والتشغيلية، حيث تتطلب هذه الأنظمة مستوى معيناً من المعرفة الهندسية والزراعية لتشغيلها وصيانتها، مثل تنظيف الفلاتر ومنع انسداد المنقطات، وهو ما يفتقر إليه العديد من المزارعين. كما توجد تحديات بنية تحتية في بعض المناطق النائية، مثل عدم استقرار التيار الكهربائي اللازم لتشغيل المضخات، أو انخفاض ضغط المياه في المصادر التقليدية. وأخيراً، توجد حواجز نفسية واجتماعية تتمثل في مقاومة التغيير، والخوف من المخاطرة بتجربة تقنيات جديدة، وضعف الثقة في مدى جدواها الاقتصادية على المدى القصير.

السؤال الخامس: ما هي الحلول والمقترحات العملية لتذليل عقبات نشر تقنيات الري الحديثة؟

لتذليل عقبات نشر تقنيات الري الحديثة، يجب تبني نهج متكامل يبدأ بالدعم المالي الحكومي من خلال تقديم منح، أو قروض ميسرة بفائدة صفرية، أو تغطية نسبة كبيرة من تكاليف التركيب لتشجيع المزارعين على الانتقال. ثانياً، يتطلب الأمر تعزيز دور الإرشاد الزراعي من خلال إنشاء حقول إرشادية نموذجية، وتنظيم ورش عمل ميدانية مستمرة لتدريب المزارعين على أسس التشغيل والصيانة اليومية للشبكات. ثالثاً، يجب تشجيع التصنيع المحلي لمكونات أنظمة الري (مثل الأنابيب والمنقطات) لتقليل تكاليف الاستيراد وتوفير قطع الغيار بأسعار مناسبة. رابعاً، تطوير البنية التحتية في المناطق الزراعية عبر توفير مصادر طاقة بديلة (مثل الطاقة الشمسية) لتشغيل المضخات. وأخيراً، إطلاق حملات توعية مكثفة توضح "العائد على الاستثمار" (ROI) وتبين للمزارع كيف أن توفير فواتير المياه والأسمدة والعمالة سيعوض التكلفة الأولية خلال مواسم قليلة.

النتائج والتوصيات

النتائج

1. تحقيق وفر ملموس وكبير في كميات المياه المستخدمة: أثبتت نتائج البحث أن تطبيق تقنيات الري الحديثة، وتحديد الري بالتنقيط والري الذكي، أدى إلى تقليل استهلاك المياه بنسبة تتراوح بين 40% إلى 60% مقارنة بالأنظمة التقليدية. يعود هذا توفير بشكل أساسي إلى القضاء على الفاقد الناتج عن التبخر السطحي، ومنع التسرب العميق خارج نطاق الجذور، والتحكم الدقيق في توقيت وكميات الري بناءً على الاحتياج الفعلي للنبات، مما يضمن استخدام كل قطرة ماء في إنتاج الغذاء فعلياً.

2. زيادة ملحوظة في الإنتاجية الكلية وتحسين الخصائص النوعية للمحاصيل: أظهرت البيانات أن الحقول التي تطبق أنظمة الري الحديثة شهدت زيادة في الغلة الزراعية بنسبة تتراوح بين 20% إلى 35%. هذا الارتفاع في الإنتاجية نتج عن تجنب النبات للإجهاد المائي، وتحسين كفاءة امتصاص العناصر الغذائية، مما ينعكس على زيادة حجم الثمار، انتظام نضجها، وتحسين صفاتها التسويقية مثل اللون، والصلابة، ومدة الصلاحية، مما يرفع من العائد الاقتصادي للمزارع بشكل مضاعف.

3. تحسين كفاءة استخدام الأسمدة والحد من التلوث البيئي: أدى دمج أنظمة التسميد المائي مع مياه الري إلى زيادة كفاءة استخدام الأسمدة من 30-40% في الطرق التقليدية إلى أكثر من 85% في الأنظمة الحديثة. وقد أسفر ذلك عن انخفاض استخدام الأسمدة الكيميائية، وخفض تكاليف التشغيل، والأهم من ذلك، منع جريان الأسمدة الزائدة والنترات إلى المياه الجوفية، وبالتالي حماية البيئة والحفاظ على جودة المياه من التلوث الزراعي.

4. تخفيض تكاليف العمالة والطاقة التشغيلية على المدى المتوسط والطويل: على الرغم من ارتفاع التكلفة الأولية، إلا أن النتائج أكدت أن الأتمتة والتحكم الآلي في أنظمة الري الحديثة قللت بشكل كبير من الحاجة إلى العمالة اليدوية المخصصة لتحويل مياه الري وتوزيعها. كما أن الكفاءة العالية في استخدام المياه تعني ضخ كميات أقل، مما يخفض من استهلاك الطاقة (كهرباء أو وقود) لتشغيل المضخات، مما ينعكس إيجاباً على تقليل التكاليف التشغيلية الشهرية وزيادة صافي الربح.

5. الحفاظ على صحة التربة ومنع تدهورها وتملحها: بينت النتائج أن الدقة في إضافة المياه تمنع حدوث ظاهرة التشبع المائي التي تؤدي إلى اختناق جذور النباتات. كما أن التحكم في كميات المياه يمنع ارتفاع مستوى الماء الأرضي وما يصاحبه من زحف للأملح إلى سطح التربة (التمليح الثانوي). بالإضافة إلى ذلك،

يقل الري بالتنقيط من انجراف التربة السطحية (التعرية) الذي يحدث مع الري بالغمر، مما يحافظ على البنية الفيزيائية للتربة وخصوبتها على المدى الطويل.

التوصيات

1. توفير حزم دعم مالي وحوافز اقتصادية للمزارعين: توصي الدراسة الحكومات والجهات المانحة بضرورة التدخل العاجل لتخفيف العبء المالي عن كاهل المزارعين، خاصة صغار المزارعين. يجب تخصيص ميزانيات لتقديم منح لا تُسترد، أو قروض ميسرة بفوائد صفرية، أو تغطية ما لا يقل عن 50% من التكلفة الأولية لشراء وتركيب أنظمة الري الحديث. كما يُنصح بربط دعم المدخلات الزراعية (مثل الأسمدة والبذور) ببنية المزارع لأنظمة الري الموفرة للمياه، كحافز إجباري وتشجيعي في آن واحد.

2. تعزيز وتطوير خدمات الإرشاد الزراعي والتدريب الميداني: يجب إعادة هيكلة برامج الإرشاد الزراعي لتواكب التطور التكنولوجي، من خلال تعيين مرشدين زراعيين متخصصين في تكنولوجيا المياه. يُوصى بتنظيم برامج تدريبية عملية ومستمرة في الحقول الإرشادية النموذجية، لتعليم المزارعين ليس فقط كيفية تشغيل الشبكات، بل أيضاً كيفية صيانتها الوقائية، تنظيف الفلاتر، معالجة انسداد المنقطات، وحساب الاحتياجات المائية للمحاصيل، مما يضمن الاستدامة التشغيلية لهذه الأنظمة.

3. تشجيع التصنيع المحلي وتطوير البحث العلمي في تكنولوجيا الري: توصي الدراسة بتوجيه الاستثمارات نحو إنشاء مصانع محلية لإنتاج مستلزمات الري الحديث (الأنابيب، المرشات، الفلاتر، والمجسات) لتقليل الاعتماد على الاستيراد وخفض التكاليف. بالتوازي مع ذلك، يجب تمويل مراكز البحوث الزراعية والجامعات

لتطوير نماذج رياضية وبرمجيات محلية تتناسب مع المناخ والتربة والظروف الزراعية لكل دولة، وإنتاج مجسات منخفضة التكلفة وعالية الدقة تناسب المزارعين المحليين.

4. تبني سياسات متكاملة للإدارة المستدامة للموارد المائية: يُوصى بضرورة سن وتشريع قوانين تنظم استخراج المياه الجوفية، ووضع عدادات ذكية على الآبار الارتوازية لمراقبة الاستهلاك. يجب على وزارات المياه والزراعة العمل بشكل تكاملي لتسعير المياه بشكل يشجع على الترشيد دون أن يهدد الجدوى الاقتصادية للمزارع. كما يُنصح بإنشاء "أسواق لتجارة حقوق المياه" حيث يمكن للمزارع الذي يوفر مياهًا بفضل تقنيات الري الحديثة بيع فائض حصته المائية، مما يخلق قيمة اقتصادية مباشرة للمياه الموفرة.

5. التشجيع على تعديل الأنماط والمحاصيل الزراعية: يجب أن ترافق عملية التحول إلى الري الحديث عملية إعادة تخطيط للمحاصيل المزروعة. توصي الدراسة بتوجيه المزارعين نحو التخلي عن المحاصيل شريهة استهلاك المياه (مثل بعض أنواع الأعلاف التقليدية أو الأرز في المناطق غير المناسبة) والتحول إلى زراعة محاصيل استراتيجية عالية القيمة الاقتصادية وذات احتياجات مائية منخفضة أو متوسطة. دمج هذه المحاصيل مع تقنيات الري الحديثة سيحقق أقصى استفادة ممكنة من قطرة الماء، ويضمن جدوى اقتصادية عالية وأمنًا غذائيًا مستدامًا.

المصادر والمراجع

أبو زيد، محمد. (2023). *إدارة الموارد المائية في المناطق الجافة وشبه الجافة: التحديات والحلول*. القاهرة: دار الفكر العربي للنشر والتوزيع.

الجبوري، طارق. (2021). *الري الذكي وتطبيقاته في الزراعة المستدامة وإنترنت الأشياء*. بغداد: دار الكتب العلمية.

المنظمة العربية للتنمية الزراعية. (2024). *تقرير حالة الأمن الغذائي والمائي والتحديات الزراعية في الوطن العربي*. الخرطوم: منشورات المنظمة العربية للتنمية الزراعية.

الزعبي، محمد. (2023). تقييم الأداء الهيدروليكي لشبكات الري بالرش والتنقيط وأثره على كفاءة استخدام المياه. *المجلة الأردنية للعلوم الزراعية*، 12(4)، 105-88.

بن عيسى، يوسف. (2022). *الزراعة المستدامة وإدارة المياه في ظل التغير المناخي*. بيروت: الشبكة العربية للأبحاث والنشر.

المركز الوطني للبحوث الزراعية. (2025). *الدليل الإرشادي الشامل للري الحديث وترشيد استهلاك المياه*. عمان: وزارة الزراعة، مديرية الإرشاد.

حسن، محمود، وعمر، سعيد. (2023). التحديات الاقتصادية والاجتماعية لتبني المزارعين لتقنيات الري الحديثة. *مجلة الاقتصاد الزراعي والتنمية الريفية*، 10(1)، 130-112.

السيد، أحمد. (2020). *الري بالتسميد وأثره على خصوبة التربة وإنتاجية المحاصيل*. الإسكندرية: دار الجامعة الجديدة.

العبدلي، حسن، والسماري، فاطمة. (2022). أثر تقنيات الري بالتنقيط على الإنتاجية الزراعية وترشيد استهلاك المياه في المناطق القاحلة. *المجلة العربية للعلوم الزراعية*، 15(2)، 45-62.

الفهد، خالد، والمطيري، نورة. (2024). دور التكنولوجيا الحديثة والذكاء الاصطناعي في مواجهة شح المياه الزراعية. *مجلة الهندسة الزراعية والبيئة*، 8(3)، 201-218.