الري تحت السطحي Subsurface irrigation

في العديد من المناطق تكون ظروف التربة والتضاريس مواتية للري باستخدام المياه تحت سطح الارض. هذه الظروف المواتية هي: وجود باطن كتيمي على عمق اكبر من 1.8، طبقة قابلة للاختراق، تضاريس موحدة ومنحدرات معتدلة. يبقى منسوب المياه الجوفية على عمق محدد سلفاً، عادةً من 30 – 40 سم، اعتماداً على خصائص الجذر للمحصول.

تسمح الانابيب المثقبة تحت السطح بالغيض عبر التربة، ويمكن وضع الانابيب على مسافة 45 سم وعلى عمق 50 سم، يحتمل ان تتضرر هذه الانابيب المدفونة عن طريق الحراثة العميقة، وتعمل هذه الطريقة اذا كانت التربة ذات نفاذية افقية عالية ونفاذية راسية منخفضة.

ربما يتم استخدام المبازل المفتوحة على نطاق اكبر، ويتم حفر مبزل التغذية على طول محيط الحقل او قطعة الارض المزروعة. يجب ان تكون المسافات بين المبازل كافية للحفاظ على مستوى الماء ونسقه، وهي متصلة بقناة لبزل الماء الى اسفل، على اساس الميل السائد في الارض.

القدرة على التكيف

الري تحت السطحي مناسب للتربة ذات البناء المتنظم والنفاذية الجيدة بحيث يتم تعبئة المياه بسرعة، في اتجاه افقي وراسي والى العمق الموصى به تحت المنطقة الجذرية، يجب ان تكون الطوبوغرافيا منتظمة او شبه مستوية او ناعمة جداً مع منحدر موحد. يتم تكييف الري التحتي لمحاصيل الخضروات ومحاصيل الاعلاف والحدائق.

الخصائص المهمة

تستخدم هذه الطريقة في التربة ذات السعة المنخفضة وذلك عندما لا يمكن استخدام الري السطحي وتكون تكلفة الري الضغطي مفرطة اي مكلفة. يمكن الحفاظ على مستوى المياه في العمق الامثل وفقاً لمتطلبات المحاصيل في مراحل النمو المختلفة. يتم بهذه الطريقة تقليل خسائر التبخر الى الحد الأدنى، لا يسمح بزراعة بذور الحشائش تحت الري التحت سطحي.

طبيعة الري تحت السطحي

عندما تكون الظروف الجيولوجية والطبوغرافية مناسبة للري الطبيعي تحت السطحي، ومثال على ذلك الاراضي ذات الطبوغرافيا المستوية تقريباً مع طبقة سطحية عميقة ونفاذية جانبية عالية. بعمق 2 م – 7 م من سطح التربة، عادةً ما يكون هناك طبقة صخرية غير نفاذة. ويجب الحفاظ على منسوب مياه ثابت على عمق معين، ويمكن ذلك بترتيب مجموعة من المبازل المتوازية تحت سطح التربة في الظروف التالية:

للري التكميلي في الربيع والصيف في المناطق الرطبة؛ هناك حاجة لتصريف جيد في فصل الشتاء، التربة رملية ونفاذة للغاية، اثناء هطول الامطار الغزيرة وتتم ازالة الماء عن طريق الجاذبية او الضخ.

الري بالتنقيط السطحي (SDI)

في هذا النظام يتم دفن الاجزاء الجانبية مع المنقط على عمق حوالي 45 سم، الهدف الاساسي هو تجنب تكاليف النقل والتركيب وتفكيك النظام في نهاية المحصول. عندما تكون موجودة بشكل دائم، فانها لا تضر المحاصيل وتحل مشكلة التثبيت والحركة الجانبية السنوية او الدورية. ويمكن ان يستمر نظام مثبت بعناية لمدة 10 سنوات.

مكونات نظام الري بالتنقيط:

1. صمامات الملف اللولبي اليدوي.
2. اداة التحكم بالضغط.
3. مقاييس الضغط.
4. خزان السماد.
5. مرشحات الاعاصير المائية، مرشحات الرمل وفلاتر الشبكة.

يمكن التحكم بالنظام عن طريق اجهزة الاستشعار الالكترونية على اساس رطوبة التربة، اذ يتم تثبيت الجوانب على عمق 45 سم، والنظام متصل بمحطة تحكم الحاسوب المركزية. يمكن اضافة الاسمدة الكيميائية من خلال النظام فقط اذا كانت قابلة للذوبان بشكل كبير.

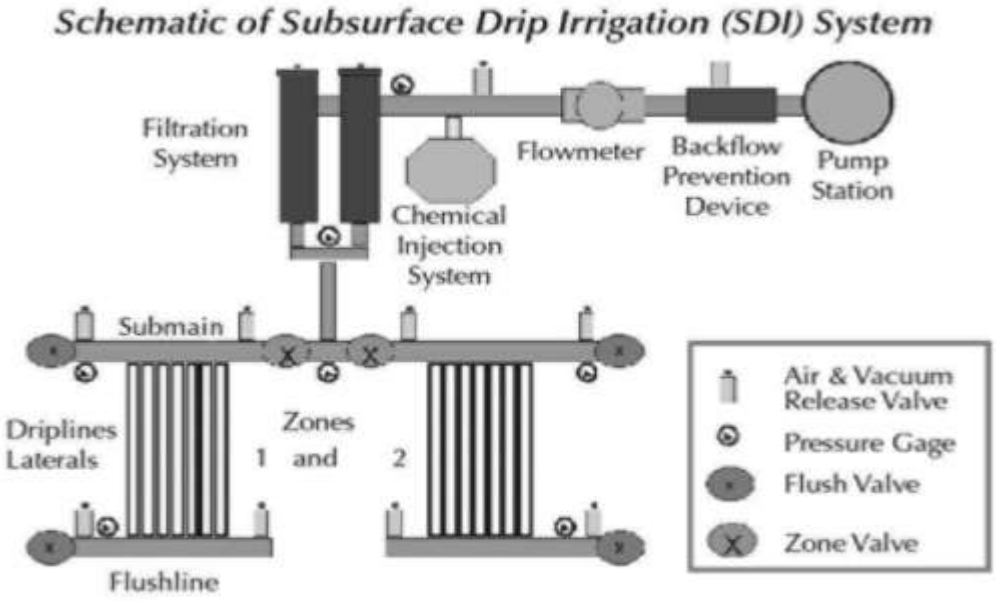
الايجابيات:

1. غلة عالية من الحاصل.
2. الحفاظ على المياه والطاقة.
3. عمل يدوي اقل.
4. ضرر اقل للخطوط والنظام اثناء عملية التركيب والتفكيك.
5. زيادة عمر خطوط الري واجزائه، لان الانابيب البلاستيكية لا تتعرض للضوء الشمسي.

نظام الري بالتنقيط تحت السطحي (SDI)

الري بالتنقيط تحت السطحي (SDI) يختلف عن الري بالتنقيط التقليدي حيث يتم دفن الانابيب والمنقطات تحت سطح التربة، بدلا من وضعها على الارض او تعليقها بالاسلاك. SDI هو وضع شريط تنقيط دائم (قطري) تحت سطح التربة ، عادةً على عمق يتراوح بين 20 – 40 سم. تاتي المنتجات المستخدمة اليوم في SDI من ثلاثة تكوينات اساسية:

1. انبوب صلب.
2. شريط تنقيط
3. انابيب مسامية (انظر الشكل ادناه).



يعرف "SDI " بانه اضافة المياه تحت سطح التربة من خلال اجهزة تنقيط، مع معدلات تصريف عامة في نفس نطاق الري بالتنقيط تتطلب المحددات الاخرى لـ SDI وضع التنقيط الجانبي اسفل الاعماق المحددة، مثل اعماق الحراثة العادية او العمق الذي يضمن استخدامه لعدة سنوات.

مع تحسن المواد البلاستيكية وعمليات التصنيع وتصميم المنقطات، اصبحت SDI اكثر شيوعاً ولكن انسداد المنقط الناجم عن اختراق الجذر ظل يمثل مشكلة. في البداية، تم استخدام SDI بشكل اساسي للمحاصيل ذات القيمة العالية مثل الفواكه والخضروات والمكسرات وقصب السكر. مع تحسن موثوقية النظام وطول عمر النظام، فاستخدام SDI للمحاصيل الزراعية ذات القيمة المنخفضة، وذلك لانه في الاساس يمكن استخدام النظام لعدة سنوات، مما يقلل التكلفة السنوية. وقد تطورت المبادئ التوجيهية للتصميم ايضاً لتشمل عناصر التصميم الفريدة لـ SDI، بما في ذلك منافذ دخول الهواء لتخفيف الفراغ ومشعبات التنظيف. كما تم تطوير معدات وارشادات التثبيت المحددة، مما ادى الى تثبيت نظام اكثر تناسقاً، وتحسين الاداء، وعمر اطول. اما غلة المحاصيل مع SDI تساوي او افضل من غلة طرق الري الاخرى، بما في ذلك انظمة التنقيط السطحي، وان متطلبات المياه تساوي او تقل عن التنقيط السطحي. تكون متطلبات الاسمدة احياناً اقل من طرق الري الاخرى. ازداد الاهتمام باستخدام المياه العادمة، وخاصة في المناطق التي يكون فيها الحفاظ على المياه مهماً او ان جودة المياه رديئة. SDI هي طريقة ري دقيقة للغاية ، سواء في توصيل المياه والمغذيات الى المواقع المرغوبة وتوقيت وتواتر تطبيقات النمو الامثل للنبات.

عموماً يبلغ سمك جدار الانابيب الصلبة 0.75 –1.25 مم، وقطر الانبوب من الداخل 13–16 مم. يتم تصنيع المنقط كجزء لا يتجزأ من الانبوب او يتم ادراجه لاحقًا. مزايا منتجات الانابيب الصلبة هي: القوة ومقاومة الانحناء، والثقوب، والتلف بسبب القوارض. كما يمكن دمج منقطات تعويض الضغط في الانابيب الصلبة.

اما اشرطة التنقيط بسماكة جدار 0.1–0.5 مم. يتم استخدام المواد الاقل سمكاً في موسم واحد وبعدها يتم التخلص منها، وهو نموذجي لانتاج الفراولة. اما سمك الجدار القوي يتراوح من 0.35 – 0.50 مم والذي يستخدم لسنوات متعددة او عندما تكون

القوة الاضافية مطلوبة بسبب الاحجار او المشاكل الاخرى المحددة في الموقع الميداني. عادةً ما تكون منافذ الانبعاث اي المنقطات متباعدة على طول الانبوب بين 0.2 – 0.6 م، اذ كل ما كانت المسافة بين المنقطات اوسع على طول المسار تكون المنقطات ذات تدفق اكبر.

مميزات الـ SDI:

1. **الري:** هناك درجة عالية من التحكم في استخدام المياه مع امكانية التوحيد العالي للاضافة. بالنسبة للانظمة الجديدة، يمكن ان تكون DU 93٪ او اعلى مقارنة بـ 60–80٪ للرش و50–60٪ للري التقليدي، اذ يسمح التردد العالي للري باستخدام SDI بالحفاظ على رطوبة التربة المثلى في منطقة الجذور، وهذا امر مهم حيث يتم استخدام المياه المالحة مع المحاصيل ذات الجذور الضحلة، وهي ميزة على الري السطحي والرش حيث يكون التقلب في امكانات مياه التربة اكبر. بالمقارنة مع الري بالرش: من الممكن الري بغض النظر عن ظروف الرياح، وهناك حاجة عامة الى ضغوط اقل وتدفق اقل لكل وحدة مساحة، الامر الذي يتطلب انابيب ذات قطر اصغر. بالنسبة الى SDI يلزم تسوية الارض لتمكين التصريف، يمكن تثبيت SDI على مجموعة من الاحجام والاشكال، يحافظ الـ SDI على بناء سطح التربة بشكل اكثر فعالية من انواع الري الاخرى. يتطلب نظام SDI الذي يتم صيانته جيداً عمالة اقل للعمل من الانظمة البديلة.
2. **الممارسات الزراعية:** ترطيب التربة الجزئي الذي يوفره SDI له فوائد عديدة:
   - تحسين كفاءة امتصاص المغذيات على هامش حجم التربة المبللة.
   - قلة المياه المفقودة من تبخر سطح التربة.
   - انبات ونمو اقل للاعشاب الضارة.
   - غير مقيد للعمليات الحقلية مثل الرش والحصاد.
   - يحافظ على اوراق الاشجار جافة: تشمل الفوائد انخفاض معدل الاصابة بامراض اوراق الاشجار وتقليل فقدان المبيدات الحشرية المضافة، والتبخر مباشرةً من مظلة المحاصيل، وحرق اوراق اقل حيث يتم استخدام المياه المالحة للري.

- يمكن استخدام التسميد مع SDI وتشمل الفوائد المحتملة: توفير في العمالة، واستخدام اكثر كفاءة للمغذيات وتقليل خطر تسرب المغذيات، والتوقيت المناسب لاضافة المغذيات لمطابقة متطلبات المحاصيل وفقاً لمرحلة التطور وحالة المحاصيل.

3. **مشاكل الملوحة:** سيكون لمياه الري المالحة المضافة تاثيراً اقل على المحاصيل وهذا بسبب عدم امتصاص اوراق الاشجار، ايضا الري المتكرر يبعد تركيز الاملاح عن منطقة الجذور.
4. **كفاءة استعمال المياه (WUE):** تتراوح كفاءة استعمال المياه من 0 الى 50٪ عند مقارنتها بأنظمة الري التقليدية.
5. **تحسين الغلة:** تحسنت الغلة عند استخدام الـ SDI.

المحددات:

1. **انسداد الباعث:** عادةً ما تكون اقطار الفوهات صغيرة جداً وهي عرضة للانسداد عن طريق اختراق الجذور والرمل والصدا والكائنات الدقيقة وشوائب الماء والرواسب الكيميائية. عادةً ما يكون الانسداد ناتجاً عن عدم كفاية ترشيح المياه او التنظيف الجانبي او الحقن الكيميائي. وقد لوحظ اختراق الجذور بشكل عام فقط في المحاصيل المعمرة.
2. **اغلاق النظام:** سوف يتدفق الماء الى ادنى نقطة في الحقل، اذا لم يُسمح للهواء بدخول النظام عن طريق صمام اطلاق هواء / فراغ، فسيتم انشاء فراغ ويتم شفط التربة مرة اخرى الى المرسل في الحقول المتموجة، من الممكن ان يحدث هذا في جميع انحاء الحقل مما يؤدي الى انسداد المرسل، اذ تجف التربة حول هذه البواعث والجذور تخترق الباعث بحثاً عن الماء وتزيد من انسداد الباعث. يمكن تجنب هذه المشكلة بتصميم مناسب (بما في ذلك الموقع الاستراتيجي لصمامات اطلاق الهواء / التفريغ)، والاعداد الميداني (التسوية الى التصريف)، والري بصورة متعاقبة والذي ينتج منطقة تربة مشبعة بشكل دائم حول الباعث.

3. **العلاجات الكيميائية:** لا توجد مبيدات مسجلة لمنع تسلل الجذور، اذ يمكن حرق الشعيرات الجذرية التي تخترق الباعث بحمض الهيدروكلوريك، وتتم ازالة الرمل بسهولة من الماء باستخدام اجهزة الفصل بالطرد المركزي. يمكن فصل المواد العضوية المعلقة وجزيئات الطين باستخدام مرشحات الحصى والقرص ومرشحات الشاشة. اذا كان مصدر الماء يحتوي على اكثر من 200 ملغم / لتر من المواد الصلبة العالقة يوصى بخزان ترسيب قبل دخول الماء الى وحدة الترشيح – اعلى من هذا المستوى سيتم تحميل نظام المرشح بشكل زائد، ويمكن ان تتحد الطحالب البكتيرية ويجب معالجتها بالكلور. يمكن للعوامل الكيميائية ان تتسبب في انسداد الباعث وهذه العوامل هي:
   - اوكسيد الحديد بسبب تركيز الحديد اكبر من 0.1 ملغم لتر$^{-1}$.
   - تزيد بكتيريا الحديد من تفاقم المشكلة.
   - اوكسيد المنغنيز بسبب تركيز المنغنيز اكبر من 0.1 ملغم لتر$^{-1}$.
   - كبريتيد الحديد بسبب تراكيز الحديد والكبريتيد اكبر من 0.1 ملغم لتر$^{-1}$.
   - الكربونات الناتجة عن مستويات البيكربونات التي تزيد عن 2 مايكرو غرام لتر$^{-1}$ في الماء بدرجة حموضة 7.5 او اعلى، والكالسيوم بمستويات مماثلة او سماد يحتوي على الكالسيوم.
4. **تراكم الملح:** عند استخدام المياه المالحة، تتراكم الاملاح عند جبهة الترطيب. في SDI ينتج عن هذا تراكم الملح فوق منتصف المسافة بين الاطراف.
5. **التلف الميكانيكي:** يجب تركيب الاجزاء الجانبية SDI بالعمق المطلوب تحت سطح الارض بطول المجال بالكامل وبنفس المستوى.
6. **يمكن ان يكون تلف الفئران** كبيراً في تكسير التربة المستخدمة لزراعة محاصيل الحبوب.
7. **التلف بسبب الحشرات** مشكلة كبيرة في بعض مواقع الهياكل، هناك عدد من الحشرات المحتملة التي تمضغ شريط SDI.
8. **نوع المحاصيل:** سيحدد نوع التربة وعمق وضع الاجزاء الجانبية لـ SDI قدرة النظام على ابتلال سطح التربة لمساعدة نمو المحصول. في معظم الحالات،

لا يمكن انبات المحاصيل باستخدام SDI وحدها، اذ يتم تركيبه في المزارع مع انظمة الري بالرش او المروز الموجودة، فقد تم استخدامها لإنبات المحصول. في بعض الحالات، تم استخدام نظام SDI للري المسبق للمحصول لملء التربة، مع الزراعة بعد هطول الامطار. يؤدي استخدام SDI لملء مقد التربة قبل انبات المحصول الى خطر التسرب العميق حيث يتم اضافة المياه تحت سطح التربة –وهذا يمكن ان يقلل الفوائد المحتملة للنظام في تحسين WUE للمحصول.

9. **تاثير بناء التربة:** في بعض انواع التربة، ادى استخدام المياه عالية الجودة من خلال SDI الى زيادة محتوى الطين ونسبة الصوديوم القابلة للتبادل ونسبة الكالسيوم والمغنيسيوم بعيداً عن الباعث. والنتيجة هي انخفاض في الانتشار الجانبي للمياه من الباعث اثناء الري وحجم اصغر وفعال للجذر.

الري بالتنقيط تحت سطحي ومنه ايضاً:

1. الري بمنقطة واحدة.
2. الري بمنقطتين.
3. اسلوب التجفيف الجزئي للمنطقة الجذرية Partial Root Zoon (PRD) Drying

ان مبدا هذا الاسلوب يكون بتقسيم المنطقة الجذرية الى قسمين وتروى بالتناوب فيروى نصف المنطقة الجذرية ويترك النصف الاخر جافاً للرية القادمة فيعطى 50% من عمق الماء الواجب اضافته ثم يضاف للجزء الثاني في منتصف مدة الري. ان وجود المنقطات بخطين على جانبي المنقطة الجذرية سيبقى مقدار الشد الهيكلي مرتفعاً على حساب جهد الجاذبية مما يزيد من حركة الماء نحو الجوانب وبذلك يقل مقدار التسرب العميق.

4. نظام السكوب Oscop

وهو مصمم لسقي الاشجار بالقوارير، اذ ان نسبة توفير المياه في هذا النظام 90% مقارنة مع الري السطحي التقليدي وتتميز هذه القوارير البلاستيكية بنوعين من التصريف:

أ- تصريف متغير من خلال صمام التحكم.

ب- تصريف ثابت 24 لتر. ساعة$^{-1}$ و48 لتر. ساعة$^{-1}$ ضغط تشغيلي مقداره 2 بار.

الري بالنضح Exudation Irrigation

وهي من طرائق الري القديمة وطورت حديثاً ومن اهم مميزات هذا النظام من الري هي انه لا مواعيد للري، اذ ان النضح مستر من بداية الموسم الى نهايته وتعمل منظومة الري بالنضح بضغوط تشغيل منخفضة بين 0.1 – 0.2 بار وتمتاز كذلك بالري الذاتي عند الجفاف وانعدام التسرب العميق وخفض معدلات التبخر بشكل كبير.

يضم هذا النظام عددا من الاساليب:

1. الري بالناضحات (القوارير): المصنعة من الفخار او السمنت.
2. الري بالوصلات المسامية المصنعة من الفخار او السمنت او السيراميك او اية مادة مسامية اخرى.
3. الري بالانابيب الراشحة ومنها تقنية النانو.

اما عمل هذه الانظمة فتكون على اساس انتشار الماء بطريقة النضح من الاجسام المسامية التي تكون داخل التربة وكون جذور النبات تنتشر اينما وجدت الرطوبة اللازمة عندها سيتم تزويد الجذور بصورة مباشرة لذلك تكون طبيعة توزيع الجذور حول هذه الاجسام الناضحة بشكل مباشر مشكلة حولها شبكة ليفية من الجذور.

مميزات الري بالنضح:

يمكن ايجاز اهم الميزات بالاتي:

1- انخفاض معدلات فقد الماء بالتبخر، مع انعدام التسرب العميق.

2- قلة نمو بذور الادغال مما يخفض من كلفة مكافحتها.

3- لا يحتاج تنظيف او استبدال الناضحة طيلة الموسم وقد تكفي لخمس مواسم.

4- انخفاض تاثير املاح التربة وذلك لاستمرار نمو الجذور في المنطقة المبتلة.

5- تصلح لري الأشجار ومحاصيل الخضار.

6- انخفاض درجة الذبول المؤقت عند ارتفاع درجة الحرارة ظهراً.

7- الضغط التشغيلي منخفض (0.1 – 0.2 بار).
8- تمتاز بأبسط مكونات منظومات الري الحديثة وارخصها تكلفة.
9- تغاير كمية النضح وفقاً للرطوبة النسبية للهواء.
10- تغاير كمية النضح وفقاً للشد الهيكلي للتربة (matric section) رغم ثبات ضغط الماء المسلط على شبكة الري.
11- تمتاز باعلى كفاءة استعمال للماء.
12- لاتحتاج لمواعيد ري، وذلك لاستمرار تدفق الماء طيلة الموسم.

اما السلبية الرئيسية فهي عدم تجانس التصريف لهذه الناضحات والناجم عن الاختلاف في درجة حرارة الفخر التي تتعرض لها هذه النضحات، وقد تم تجاوز هذه السلبية من خلال تصنيع ناضحات اسمنتية متساوية النضح (ذات تصريف موحد).

التصريف:

التصريف في الناضحات يكون متغاير بسبب تغير انواع المسامات من ناضحة الى اخرى وبعد تطور تصنيع الانابيب النانوية والتي تكون اقطارها بين 10–900 نانوميتر، اما عدد الثقوب فيصل الى 100.000 ثقب. سم$^{-2}$ في الانابيب.

ان التصريف مرتبط بمقدار الضغط التشغيلي المسلط، اذ كلما زاد هذا الضغط زاد معدل التصريف وان الضغوط المنخفضة بين 2–3 م كافية لنضح كمية الماء المطلوبة والتي تعادل معدل الاستهلاك المائي للنبات.

معايرة التصريف:

ويتم ذلك برفع وخفض الخزان وحسب الاستهلاك المائي للنبات ومراحل نمو النبات.

تغاير التصاريف ذاتيا:

ان التغاير يحدث بصورة ذاتية نتيجة الجفاف مما يؤدي الى زيادة الشد الهيكلي للتربة وبالنتيجة الى نضح الماء للتربة، وقد ادى استخدام الانابيب الراشحة الى توفير حوالي 50% من مياه الري مقارنة مع الري بالتنقيط السطحي في المناطق الصحراوية من 12 م^{3}هـ$^{-1}$يوم$^{-1}$ الى حوالي 5 م^3 هـ$^{-1}$يوم$^{-1}$.

وصنعت هذه الانابيب النانوية في امريكا في 2003 وفي مصر عام 2000 مصنعة من تدوير الاطارات القديمة، ويكون التدفق حسب الاعماق الاتية:

للاعشاب 5-7 سم، وللمحاصيل 15-20 سم، وللاشجار 20-25 سم

الحسابات:

يتم حساب متوسط تصريف الماء وتجانس توزيعه من منقطات الـ T–tape عند كل ضغط ولكل وحدة تجريبية باستعمال اسطوانة مدرجة سعة1 لتر لقياس تصريف ما خلال مدة زمنية معينة ووفق المعادلة التالية:

$$q=v/t$$

حيث ان: q = تصريف المنقط (لتر ساعة$^{-1}$)، وt = زمن التشغيل (ساعة)، وv = حجم الماء المستلم في العلبة(لتر).

وتحسب كمية مياه الري في كل رية اعتماداً على قياسات المحتوى الرطوبي في التربة ومن خلال قانون حساب عمق الماء المضاف وكالاتي:

$$d= (\Theta_{FC} - \Theta_W) D$$

حيث ان: d: عمق الماء المضاف (سم)، وΘ_F: الرطوبة الحجمية عند السعة الحقلية (سم^{3}سم$^{-3}$)، Θ_W: الرطوبة الحجمية قبل استنزاف 50–60% من الماء الجاهز (سم^{3}سم$^{-3}$)، D: عمق المنطقة الجذرية المروية (سم).

1. Goyal, M. R .2015. Management of drip_trickle or micro irrigation.
2. عبد الرزاق، محمد مبارك واخرون. 2017. تاثير الري بالتنقيط السطحي ونظام الري تحت السطحي في حاصل الذرة الصفراء ومكوناته.