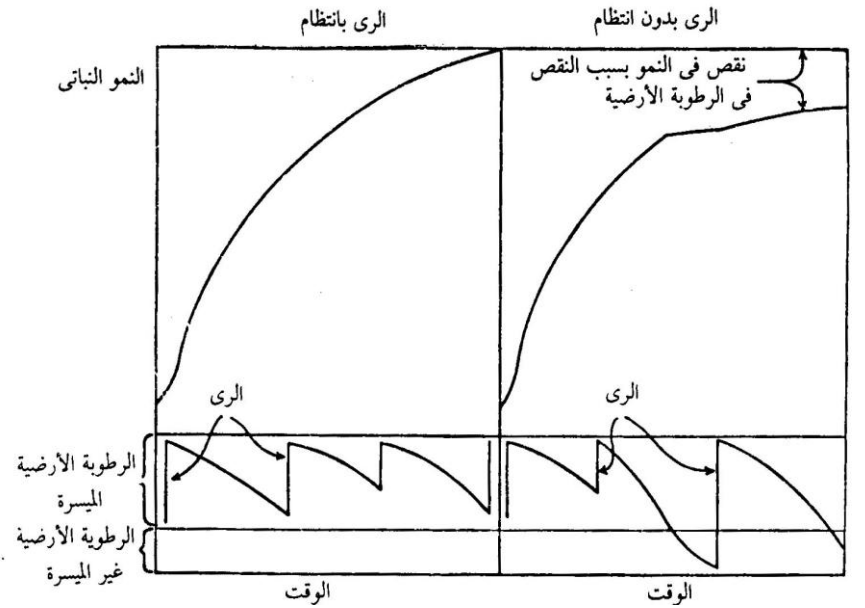
بالمقارنة بالرى غير المنتظم، حيث يترك الحقل دون رى لحين انخفاض الرطوبة الأرضية إلى ما دون المستوى الميسر لاستعمال النبات (الرسم الأيمن).



شكل (١٦-٤): مقارنة بين النمو النباتى فى حالتى الرى المنتظم (الرسم الأيسر)، والرى غير المنتظم (الرسم الأيمن). فى حالة الرى المنتظم تروى الأرض كلما انخفضت الرطوبة الأرضية إلى نحو ٥٠٪ من السعة الحقلية، وفى حالة الرى غير المنتظم يترك الحقل أحيانًا دون رى لحين انخفاض الرطوبة الأرضية إلى ما دون المستوى الميسر لاستعمال النبات (عن Matkin وآخرين ١٩٥٧).

طرق الرى

تتعدد الطرق المستخدمة فى رى محاصيل الخضر، ويتوقف اختيار الطريقة المثلى للرى على المحصول المزروع، ومدى توفر ماء الرى، والظروف الجوية، ونوع التربة وخصائصها. كما تتدخل عوامل أخرى كثيرة فى اختيار الطريقة المثلى للرى؛ مثل: مستوى الملوحة فى التربة وفى ماء الرى، والغرض من الزراعة، وتركيب طبقة تحت التربة وغيرها من العوامل. وستتضح أهمية ذلك عند مناقشة طرق الرى المختلفة ومزاياها وعيوبها.

الرى السطحى

يتم الرى السطحى Surface Irrigation بواسطة قنوات الرى الرئيسية والفرعية. ويجب أن يكون مستوى القنوات الرئيسية أعلى من مستوى الحقل قليلاً؛ حتى يصل الماء بسهولة للقنوات الفرعية، كما يجب أن يكون قاع القنوات الفرعية فى مستوى سطح الأرض؛ حتى يمكن صرف الماء الزائد بسهولة من الأحواض عقب الرى إذا لزم الأمر. أما حجم القنوات الرئيسية والفرعية، فيتوقف على التصرف المائى اللازم مروره فيها.

وقد يبدأ الرى السطحى من نهاية قناة الرى، وينتهى الرى عند منبع القناة، ويتبع ذلك النظام فى الأراضى المستوية أو المنحدرة قليلاً لتجنب انطلاق الماء إلى الأرض المروية بسبب بطء تيار الماء فى القناة أو بالرشح من قناة الرى. ويسمى هذا النظام بـ "الرىّ على الطالع". وقد يبدأ الرى السطحى من بداية قناة الرى، وينتهى مع نهايتها، ويتبع هذا النظام فى الأراضى الشديدة الانحدار لتجنب غرق الأرض التى تكون قد رويت بالفعل. ويسمى هذا النظام بـ "الرىّ على النازل".

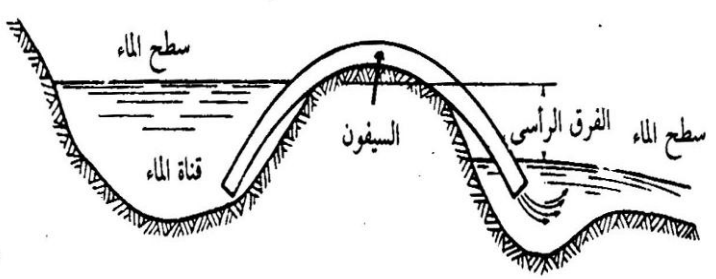
وقد تستخدم السيفونات لنقل الماء من القناة الرئيسية إلى قنوات الخطوط، دون الحاجة إلى عمل فتحة بينهما (شكل ١٦-٥). وتصنع أنابيب السيفونات من المعدن أو البلاستيك أو المطاط.

ويتحدد مقدار تصرف الماء من السيفون بكل من قُطْره الداخلى والمسافة الرأسية بين مستوى سطح الماء عند مصدر الماء وعند قناة الخط (الفارق head). وعندما لا يكون طرف السيفون مغمورًا فى مياه قناة الخط يعتبر الفارق head هو المسافة بين وسط فتحة السيفون ومستوى سطح الماء فى المصدر (شكل ١٦-٦).

وتزود بعض السيفونات بنهايات يمكن تحريكها adjustable slide gate، وبذلك يمكن التحكم فى الفارق الرأسى؛ ومن ثم فى معدل تصرف الماء.

هذا .. ويجرى الرى السطحى عبر الخطوط (الخبوب) والمصاطب، أو بطريقة غمر الأحواض، ويتوقف ذلك على طريقة الزراعة.

شكل (١٦–٥): استخدام السيفونات فى الرى السطحى.



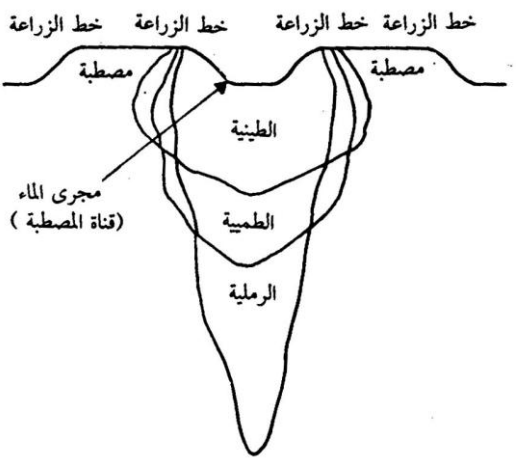
شكل (١٦–٦): الفارق الرأسى (head) فى نظام الرى بالسيفونات.

١– الرى عبر الخطوط (الخبوب) والمصاطب:

يتم فى هذه الطريقة توصيل مياه الرى عبر قنوات الخطوط أو المصاطب (Furrow Irrigation) مع بل كل الأرض – أو معظمها – بين القنوات. ويمكن اتباع هذه

الطريقة حتى فى رى التلال المنحدرة بجعل قنوات الرى تتبع الكنتور، شريطة أن تكون الأرض مائلة قليلاً فى اتجاه تيار ماء الرى؛ للسماح بتدفق الماء ببطء.

هذا .. ولا يكون توزيع الماء فى الحقل متساويًا عند الرى بهذه الطريقة. ويوضح شكل (١٦-٧) المقطع الذى تصل إليه مياه الرى فى الأراضى المختلفة القوام. يتضح من الشكل أن المقطع يكون فى الأراضى الطينية أعرض وأقل عمقًا منه فى الأراضى الرملية، وتكون الأراضى الطميية وسطًا بينهما. ويتضح من الشكل أيضًا أن ماء الرى لا يبل وسط المصاطب، خاصة فى الأراضى الخفيفة، أو عندما يزيد عرض المصطبة على ٩٠ سم. ويعنى ذلك أن التربة تجف تدريجيًّا وسط المصاطب، ولا تستفيد منها جذور النباتات (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).



شكل (١٦-٧): مقطع التربة الذى تصل إليه مياه الرى السطحى فى الأراضى المختلفة القوام.

٢- الرى بطريقة غمر الأحواض:

يتطلب الرى بطريقة غمر الأحواض flooding أن تكون الأرض تامة الانبساط. تجهز المنطقة التى يلزم ريها بتقسيمها إلى أحواض بواسطة "البتون". وتتوقف مساحة الحوض على درجة انحدار الأرض؛ حيث تقل مساحته مع زيادة درجة الانحدار.

هذا .. ويعطى Booher (١٩٧٤) كافة التفاصيل الفنية المتعلقة بالرى السطحى.

ويلزم لنجاح الرى السطحى أن تتحقق الشروط التالية:

أ- أن تتوفر كميات كبيرة من ماء الرى.

ب- أن تكون التربة منحدرة قليلاً وبانتظام.

جـ- أن يكون الماء فى مستوى أعلى قليلاً من مستوى سطح التربة، ولا يلزم مجهود خاص لرفعه.

د- أن يكون معدل تسرب الماء فى التربة منخفضًا إلى متوسطًا.

هـ- أن تكون التربة جيدة الصرف.

مزايا وعيوب الرى السطحى

يعتبر الرى السطحى أسهل وأرخص طريقة للرى عندما تتحقق الشروط السابقة الذكر، لكن يعيبه ما يلى:

١- يحتاج إلى توفر الأيدى العاملة المدربة للقيام بعملية الرى.

٢- تتزهر الأملاح على سطح التربة فى الأراضى الملحية، خاصة عندما لا تتوفر المصارف الملائمة.

٣- يُفقد الكثير من ماء الرى فى الأراضى المسامية الخفيفة.

٤- لا يكون توزيع الماء متجانسًا فى الحقل.

٥- لا يمكن إجراء الرى السطحى فى الأراضى غير المستوية.

الرى بالفقاعات

إن الرى بالفقاعات Bubblers هو فى حقيقته رى سطحى؛ حيث يخرج الماء من أنابيب الرى على صورة فقاعة كبيرة؛ لينتشر سريعًا فى المساحة التى يُراد ريها. ويكون معدل تصريف المياه فى هذا النظام أقل بكثير مما فى حالة الرى السطحى بالغمر؛ وبذا .. يقل الفاقد فى مياه الرى. كما أنه يشجع على تعمق الجذور وانتشارها أفقيًّا بصورة متجانسة.

يصل الماء إلى الفقاعات من خلال شبكة رى بالخراطيم. ويمكن تغيير مكان الفقاعة

بتحريك الذراع التى تتصل بشبكة الرى، والتى تثبت فى التربة من قاعدتها، بينما تخرج مياه الرى من قمتها.

يناسب هذا النظام رى أشجار الفاكهة، كما يمكن استخدامه فى رى الخضر المزروعة فى أحواض كبديل لكل من طريقتى الرى بالغمر والرى بالرش.

الرى بالرش

يتم فى حالة الرى بالرش Sprinkler Irrigation توصيل المياه إلى الحقل من خلال رشاشات أو ثقوب دقيقة كثيرة فى أنابيب خاصة للرى؛ بحيث يغطى الماء كل المساحة المزروعة. هذا .. إلا أن توزيع الماء لا يكون متساويًا فى كل المنطقة التى يغطيها الرشاش، كما يتضح من شكل (١٦-٨)، ويتوقف ذلك على طبيعة التربة.

وبمقارنة الأراضى المختلفة القوام نجد أن التربة تبل تحت كل رشاش إلى عمق يصل إلى ٣٠ سم فى الأراضى الرملية، وحوالى ٦٠ سم فى الأراضى الطميية، ونحو ٩٠ سم فى الأراضى الطينية، ولكن العمق الذى يصل إليه ماء الرى يقل بالاتجاه نحو أطراف دائرة الرش، حتى يصل إلى حوالى ٢,٥، و ٧,٥، و ١٥ سم تقريبًا عند محيط دائرة الرش فى الأنواع الثلاثة من الأراضى على التوالى؛ وعليه .. فإنه يجب أن تتداخل المساحات التى تغطيها الرشاشات المتجاورة بمقدار ٤٠٪ من المدى الذى يصل إليه ماء الرش بواقع ٢٠٪ من المدى من كل جانب، كما هو مبين فى شكل (١٦-٨).

شكل (١٦-٨): مقطع التربة المبتل بالماء من رشاش واحد فى الأنواع المختلفة من الأراضى.

ويتراوح الضغط المستخدم فى النظم المختلفة للرى بالرش بين ٢,٥ كجم و ٤,٢ كجم/سم^{٢} (بالمقارنة بنحو ١ كجم/سم^{٢} أو أقل فى حالة الرى بالتنقيط).

ويتوقف اتخاذ القرار بشأن اتباع طريقة الرى بالرش من عدمه على العوامل التالية:

١- مدى توفر ماء الرى، ومدى الحاجة إلى الرى، واحتمالات التوسع مستقبلاً.

٢- تكاليف التشغيل التى تعتمد على:

أ- نوع الطاقة المستخدمة.

ب- المسافة من مصدر الماء إلى الحقل.

جـ- طوبوغرافية الأرض، ومستوى ارتفاعها عن سطح الماء المستخدم فى الرى.

٣- العوامل الجوية، مثل سرعة الرياح واتجاهها.

٤- طبيعة الأرض، ومعدل نفاذيتها للماء، ومقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة.

ونستعرض – فيما يلى – كافة النظم الهامة التى تُعَدُّ ريًّا بالرش.

الرشاشات الدوارة Rotary Sprinker System

تعتبر الرشاشات الدوارة من أكثر نظم الرى بالرش شيوعًا، ويمكن أن يستخدم معها نظام الأنابيب المتحركة أو نصف المتحركة. وفى الحالة الأولى تنقل المضخة والأنابيب الرئيسية والفرعية من حقل إلى آخر. وتصنع الأنابيب من الصلب أو الألومنيوم، وتثبت بها الرشاشات على مسافات محدودة (شكل ١٦-٩؛ يوجد فى آخر الكتاب).

تثبت الرشاشات غالبًا على بعد نحو ٦ أمتار من بعضها البعض على امتداد خطوط الأنابيب التى تبعد عن بعضها بحوالى ١٢م، مع استخدام ضغط حوالى ٦ كجم/سم^{٢} (٢٠ رطلاً/بوصة^{٢}). وقد تثبت الرشاشات الأكبر على مسافة ١٢م من بعضها البعض، والأنابيب على مسافة ٢٠-٢٥م، مع استخدام ضغط حوالى ١٤ كجم/سم^{٢} (٤٥ رطلاً/بوصة^{٢})، وبذلك يمكن – عند استخدام خط أنابيب طوله ١٣٠م – رى مساحة ٣ أفدنة بمقدار ٢,٥ سم من الماء (عمقًا) خلال فترة ١٠ ساعات. وقد تستخدم رشاشات أكبر تغطى مساحة قطرها ١٠٠-١٣٠م، وتتطلب ضغطًا مقداره ٣٢ كجم/سم^{٢} (١٠٠ رطلاً/بوصة^{٢})

ويتوقف الضغط المستعملة على حجم الرشاشات والمسافة بين كل منها والأخرى، وكذلك المسافة بين خطوط أنابيب الرى. وكلما كبرت الرشاشات، ازداد الضغط اللازم لتحريكها، وازدادت المساحة التى يتم ربها.

هذا .. وتدور الرشاشات بفعل ضغط الماء عليها من خلال تأثير تيار الماء على تحريك ذراع lever arm بسرعة إلى خارج تأثير الماء المندفع. وبمجرد حدوث ذلك ترجع الذراع إلى مكانها بفعل زنبرك؛ حيث يدفعه تيار الماء مرة أخرى، وهكذا. ومع حركة الذراع السريعة هذه تدور الرشاشات ببطء. ويوضح شكل (١٦-١٠) عددًا من الرشاشات المختلفة الأحجام.

شكل (١٦-١٠): رشاشات دوارة مختلفة الأنواع والأحجام.

من أهم مزايا هذا النظام للرى ما يلى:

١- يتطلب وقتًا أقل للرى، عما هو فى النظم السابقة.

٢- لا يحتاج إلى دعائم لتثبيت الأنابيب؛ حيث تستقر الأنابيب فوق سطح الأرض. أما الأنابيب الرأسية التى تحمل الرشاشات، فإنها تثبت فى خط أنابيب الرى بقلاوظ.

٣- يخرج ماء الرى من فتحة أكبر مما هى فى النظم السابقة؛ وبذلك تقل فرصة انسداد الرشاشات بما قد يوجد فى ماء الرى من شوائب.

لكن هذا النظام يعيبه صعوبة المرور فى الحقل لنقل الأنابيب بعد انتهاء الرى؛ لذا يفضل استعمال خطين بالتبادل.

تصميم شبكة الرى بالرشاشات الدوارة

يجب تصميم شبكة الرى بالرشاشات الدوارة؛ بحيث يكون توزيع مياه الرى متجانسًا إلى أكبر درجة ممكنة. كما يجب أن تكون معدلات الرى أقل من قدرة التربة على تسريب الماء ونفاذه من خلالها. وتُحقق معدلات الرى المنخفضة المزايا التالية:

١- تقلل من فرصة تعجن التربة السطحية؛ الأمر الذى يعد السبب الرئيسى فى تكوين القشرة السطحية التى تعوق إنبات البذور.

٢- تؤدى إلى غسيل كميات أكبر من الأملاح – لكل كمية من مياه الرى المضافة – مقارنة بمعدلات الرى العالية.

٣- يمكن مع معدلات الرى المنخفضة استعمال عدد أكبر من التفرعات الجانبية لشبكة الرى فى وقت واحد. وبالرغم من أن الرى بهذا النظام يستغرق وقتًا أطول لإكمال رى الشريط الذى تغطيه الرشاشات، إلاّ أن المساحة التى يتم ريها فى وقت واحد تكون أكبر، كما تقل الحاجة إلى إعادة فك وتركيب شبكة الرى.

وتتوقف مساحة الدائرة التى يرويها كل رشاش على تصرفه وضغط التشغيل المناسب له. ولا يكون انتشار الماء متجانسًا فى تلك الدائرة، ولكن يمكن تحقيق قدر كبير من التجانس فى الرى عند ترتيب الرشاشات بحيث تتداخل الدوائر التى تغطيها.

وبسبب الفقد فى الضغط – الذى يحدث نتيجة لاحتكاك الماء بجدر أنبوب الرى المثبت عليه الرشاشات – فإن تصرّف الماء من الرشاشات ينخفض تدريجيًّا مع الابتعاد عن بداية أنبوب الرى. ولذا .. فإن عدد الرشاشات – ومن ثم طول خط أنابيب الرى –

يتحدد بالنقص المسموح به فى تصريف الماء بين أول وآخر رشاش، وهو ما يجب ألا يتجاوز ١٠٪ من تصرف الرشاش الأول.

وتقل كمية الماء التى تصل إلى منطقة نمو الجذور فى التربة عن تصريف الرشاشات؛ بسبب الفقد بالبخر والرياح قبل وصول الماء إلى سطح التربة، وبالتبخر من النموات الخضرية المبتلة ومن سطح التربة بعد وصول الماء إليها، وبالتسرب العميق لمياه الرى فى الأراضى ذات النفاذية العالية.

وتعرف نسبة المياه الفعّالة (التى تصل إلى منطقة نمو الجذور) إلى المياه التى تتم تصريفها من الرشاشات باسم "كفاءة الرى" Irrigation Efficiency، وهى تتراوح عادة بين ٧٠٪ و ٨٠٪.

وتختلف الأراضى من حيث مدى قابليتها لتلقى مياه الرى – حسب طبيعتها – كما يلى:

نوع التربة	معدل الرى المناسب (مم/ساعة)
الطينية	١–٥
الطينية الطميية	٦–٨
السلتية الطميية	٧–١٠
الرملية الطميية	٨–١٢
الرملية	١٠–٢٥

ويتم تشغيل الرشاشات الدوارة تحت مدى واسع من الضغط، ويتوفر لكل ضغط الرشاشات التى تناسبه (من حيث اتساع فتحة الرشاش "البشبورى أو البزباز")؛ لتعطى أفضل انتشار لمياه الرى. وتقسم الرشاشات – عمومًا – إلى ثلاث مجموعات حسب الضغط الذى يناسب تشغيلها، كما فى جدول (١٦–٧).

وتعنى زيادة الضغط المستعمل زيادة كبيرة فى تكاليف التشغيل؛ ولذا .. فإن الرشاشات التى يناسب تشغيلها ضَغْط منخفض أو متوسط تكون هى الأفضل عندما لا تكون الحقول المطلوب ريها كبيرة.

جدول (١٦-٧): المواصفات العامة للرشاشات مقسمة إلى ثلاث مجموعات حسب الضغط الذى يناسب تشكيلها.

المواصفات	الضغط المناسب		
	منخفض	متوسط	عالى
ضغط التشغيل المناسب (ضغط جوى)	١-٢	٢-٥	٥-١٠
قطر البشبورى "البزباز" (مم)	١,٥-٦	٦-٢٠	٢٠-٤٠
التصريف (لتر/ثانية)	٠,٠٦-١,٠	٠,٢٥-١٠	١٠-٥٠
قطر المساحة التى يتم ريها (متر)	٦-٣٥	٢٥-٨٠	٨٠-١٤٠
المسافة بين الرشاشات (متر)	٩-١٨	١٨-٥٤	٥٤-١٠٠

وتستخدم الرشاشات ذات الضغط المنخفض فى رى البساتين والأشجار تحت مستوى النموات الخضرية، وكذلك فى الأراضى الشديدة النفاذية للماء، ولرى المساحات الصغيرة.

وتستخدم الرشاشات ذات الضغط المتوسط لرى المساحات الأكبر، وخاصة فى المحاصيل الحقلية ومحاصيل الخضر.

أما الرشاشات ذات الضغط العالى فإنها تستعمل لرى المحاصيل الحقلية التى تزرع فى مساحات شاسعة؛ مثل: بنجر السكر. وتستعمل لذلك رشاشات عملاقة تحت ضغط يصل إلى ١٠ ضغط جوى؛ لتغطى دائرة يصل قطرها إلى ١٠٠م فى رى حقول بنجر السكر والأشجار فوق مستوى نموها الخضرى.

تثبت الرشاشات — عادة — على أنابيب قائمة سُمْكُها ٢٥ مم، وارتفاعها يتراوح بين متر واحد ومترين على مسافات منتظمة على امتداد الأنبوبة الرئيسية الموصلة للماء؛ وبذا يَرْوى خط الأنابيب والرشاشات المثبتة عليه شريحة مستطيلة من الحقل. وعندما تحصل تلك الشريحة على كمية مياه الرى اللازمة لها، يتم نقل خط الأنابيب وما عليه من رشاشات إلى موقع مجاور لرى شريحة أخرى .. وهكذا. وبهذه الطريقة يمكن رى الحقل كله بخط واحد أو خطين.

يتكون خط الأنابيب المثبت عليه الرشاشات (يعرف باسم lateral) من عدة أنابيب مزودة فى نهاياتها بالوسائل لوصلها بعضها ببعض وفكها بسهولة تامة.

وإذا أردنا التخطيط لرى حقل تبلغ أبعاده ١٢٠ × ١٦٠م، مع استعمال رشاشات يناسبها ضغط متوسط، ومع الحاجة إلى الرى بمعدل ٦٠ مم من الماء كل ١٠ أيام (علمًا بأن أقصى قدرة للتربة لتقبل الماء هى ٨,٥ مم/ساعة، وأن كفاءة الرى هى ٨٠٪) فإن كمية الماء التى يتعين رشها تكون ٧٥ مم، وأقصى معدل لذلك يكون ١٠,٦ مم/ساعة.

نظام الأنابيب المتحركة على عجل

يناسب نظام الرى بالأنابيب المتحركة على عجل Sideroll Move Wheel System الحقول المستطيلة الشكل المستوية، والتى تكون خالية من أية إعاقات لحركة شبكة الرى.

يتوزع ماء الرى فى هذا النظام من خلال رشاشات مثبتة على أنابيب من الألومنيوم أو الصلب المجلفن التى تُوصَّلُ مع بعضُها ببعض بإحكام. يشكل خط أنابيب الرى محورًا للعجلات التى تتحرك عليها الشبكة. يصل طول الأنابيب إلى ٤٠٠م. ويتم تحريك الشبكة — على العجل — بآلة تُثَبَّتُ عند منتصف خط الأنابيب، أو بآلة خارجية تُوجد عند أحد طرفى الخط.

يتكون نظام الرى — غالبًا — من أنابيب بطول ١٢,٢م لكل منها، يتراوح قطرها بين ١٠٠مم–١٢٥مم، وسمكها ١,٨ مم. وتتوزع الرشاشات كل ١٢,٢م بامتداد خط الأنابيب، كما تتوزع العجلات كل ١٢,٢م أيضًا، وتكون فى منتصف كل أنبوبة؛ وبذا .. يتكون الخط الذى يبلغ طوله ٤٠٠م من ٣٢ أنبوبة، و ٣٢ عجلة لحمل الشبكة، بالإضافة إلى ٤ عجلات إضافية عند وحدة القيادة (عن Shankar ١٩٨٨).

أما خط أنابيب الرى الرئيسى، فإنه إما أن يكون من أنابيب غير ثابتة يمكن تحريكها، وإما من خط أنابيب ثابت، مع عمل توصيلات لخط الرى المثبت على عجل على الأبعاد المناسبة.

ويتم تحريك جهاز الرى كله إلى كل موقع جديد بماكينة تعمل بالسولار فى مركز خط الرى. وقد تثبت أحيانًا فى أحد طرفى الخط مع ذراع لنقل الحركة متصل بالمركز؛ حيث توجد عجلة القيادة.

هذا .. ويبلغ طول ذراع الرى نحو ٤٠٠م كما أسلفنا، وقد يكون أطول من ذلك أحيانًا، ويوجد على ارتفاع ١٢م من سطح الأرض.

نظام الرى المحورى Center–Pivot System

يتم فى هذا النظام تثبيت أنبوب الرى (المصنوع من الصلب غالبًا) والرشاشات على هياكل أو أبراج بشكل حرف A مرتكزة على عجل، ويدور الخط كله حول نقطة مركزية هى طرفه الداخلى؛ حيث توجد — غالبًا — بئر مياه الرى، وتسمح الوصلات بين أجزاء هذا الجهاز بالمرور فوق الأجزاء المرتفعة أو المنخفضة من الحقل دون أية مشاكل (شكل ١٦–١١؛ يوجد فى آخر الكتاب).

يقوم كل جهاز محورى pivot بريٍّ دائرة تتراوح مساحتها بين ١٩ و ١٩٠ فدانًا أو أكثر، ويتوقف ذلك على طول خط الأنابيب الذى يتراوح غالبًا بين ١٥٠ و ٤٥٠م طولاً.

تتوزع الأبراج كل حوالى ٣٠ مترًا، وتتصل بعضها ببعض بوصلات خاصة. ونظرًا لأن كل برج منها يجب أن يتحرك بسرعة مختلفة لإبقاء خط الأنابيب مستقيمًا؛ لذا .. فإن لكل برج نظام قيادة خاصًّا به يمكن تعديله.

ومع زيادة المسافة من مركز الدائرة تزداد المساحة التى يجب ريها لكل جزء من خط الأنابيب؛ ولهذا فإن معدل تصريف الرشاشات تجب زيادته، أو يتم تضيق المسافة بين الرشاشات؛ حتى يمكن الحصول على رى متجانس فى كل حقل. أما معدلات الرى، فيتم التحكم فيها من خلال حجم الرشاشات (معدل تصريفها)، وضغط التشغيل، وسرعة دوران جهاز الرش كله.

ويمكن — فى بعض أنواع الرى المحورى — تحريك الجهاز كله من حقل إلى آخر بواسطة جرار. ولكى يتم ذلك .. يُدار العجل بزاوية ٩٠° (أو قائمة) ليصبح موازيًا لخط الرى نفسه. ولكن يندر تحريك أجهزة الرى المحورى من مكانها، وإذا حدث ذلك فإنه يقتصر على الأجهزة الصغيرة.

ويتميز هذا النظام للرى بأن ارتفاع خط الأنابيب يصل إلى ٢,٥–٣ أمتار، وبذلك يمكن إجراء العمليات الزراعية بسهولة.

وأكبر عيوب هذا النظام هى زيادة التكلفة الإنشائية، وأن الحقل يكون دائمًا دائريًّا؛ نظرًا لأنه لا يمكن رى أركان الحقول المربعة. ويمكن علاج هذه المشكلة بتركيب رشاشات كبيرة فى طرفى خط أنابيب الرى، مع تشغيلها فقط عندما تكون الأطراف فى الأركان (Halfacre & Barden ١٩٧٩).

الرى بالرذاذ أو بـ "التضبيب" Mist Irrigation

يندفع الماء فى هذا النظام للرى تحت ضغط مرتفع؛ فيخرج فى صورة ضباب كثيف يحيط بالنباتات، وسرعان ما يتساقط على سطح التربة. ويستخدم هذا النظام بصفة خاصة فى البيوت المحمية؛ لأنه يتأثر بشدة بالرياح فى الحقول المكشوفة. ويؤدى ارتفاع الرطوبة النسبية داخل البيوت المحمية إلى التقليل كثيرًا من فقدان الماء بالتبخر.

يوصى بأن يكون الرى بالرذاذ بمعدل ١–١,٥مم/ساعة فى الأوقات الحارة؛ لأن ذلك يؤدى إلى زيادة النمو والتطور الطبيعيين، وإلى زيادة المحصول وتحسن نوعيته فى بعض المحاصيل؛ كالطماطم (عن Bible وآخرين ١٩٦٨).

وأكثر استخدامات الرى بالرذاذ هى فى الإكثار؛ خاصة الإكثار بالعقل (Welch ١٩٧٠).

ومن مزايا الرى بالرذاذ ما يلى:

١– تلطيف درجة الحرارة فى الجو الحار:

فمثلاً .. أدى الرى بالرذاذ بمعدل ٦–٩ مم/يوم أثناء فترة ارتفاع الحرارة (٣٠–٣٣°م) إلى خفض الحرارة نهارًا لأكثر من ٩ درجات مئوية، واستمر ذلك التأثير لعدة ساعات.

٢– زيادة المحصول:

ففى الطماطم ازداد المحصول الصالح للتسويق بمقدار ٣٠٪–٥٠٪ فى الأصناف

المختلفة، وفى القاوون ازداد المحصول بمقدار ٣٣٪، وفى الخيار بمقدار ٧٠٪. وقد أرجعت الزيادة فى المحصول إلى تقليل الشدّ الرطوبى داخل النبات، وبقاء الثغور مفتوحة (Bible وآخرون ١٩٦٨).

ويعتبر فقد الماء بالتبخر – فى الجو الحار الجاف – هو أكبر عيوب الرى بالرذاذ.

وإلى جانب طرق الرى بالرش الشائعة التى أسلفنا بيانها .. توجد طرق أخرى قديمة وأوشكت على الاندثار، وطرق أخرى حديثة آخذة فى الانتشار.

ومن الطرق القديمة الآخذة فى الاندثار ما يلى:

١- نظام الأنابيب العديدة البشابير أو الأنابيب المتأرجحة Nozzle line or oscillating pipe line

يوجد بكل أنبوب من أنابيب الرى خط واحد من الثقوب الرفيعة nozzles على مسافات ثابتة من ٦٠-١٥٠ سم. ويمكن إدارة الأنابيب بزاوية مقدارها ١٨٠° إما يدويًّا أو آليًّا بواسطة جهاز خاص يسمى Oscollator. وبذلك يمكن رى شريط من الأرض على كل من جانبى خط أنبوب الرى. ويتراوح معدل الرى غالبًا بين ٠,٠٠٨ و ٠,٠٢ لترًا/ثانية من الثقب الواحد.

٢- نظام الأنابيب المثقبة Perforated-Pipe System

يستخدم فى هذا النظام أنابيب من الصلب أو الألومنيوم مثقبة بثقوب دقيقة جدًّا. ويروى كل خط مساحة مستطيلة من الأرض، يتراوح عرضها بين ٦-١٥م، ويتوقف طولها على طول خط أنابيب الرى. يندفع الماء تحت ضغط من ¼-٢ كجم/سم٢. ويتراوح معدل الرى بهذه الطريقة من ١٦-٥٠ مم/ساعة. ويؤثر الضغط المستعمل على عرض المساحة المروية.

ويتحدد قطر الأنابيب المستخدمة بطول خط الرى، فيجب زيادة القطر مع زيادة طول خط أنابيب الرى. وعمومًا .. يتراوح قطر الأنابيب المستخدمة فى هذا النظام بين ٥ سم و ٢٥ سم.

ومن الطرق الأحدث للرى بالرش، ما يلى:

١- نظام الرى بالمدفع Gun System

يوجد فى هذا النظام للرى رشاش واحد كبير يقوم برى مساحة ١-٥,٥ فدانًا حسب حجم الرشاش، ومقدار ضغط الماء المستعمل. يندفع الماء من الرشاش بقوة كبيرة لمسافات طويلة. وأثناء الرى يتحرك الرشاش جانبيًّا، وبذلك تكون المساحة المروية على شكل نصف دائرة، كما يتحرك الرشاش نحو الخلف (أى نحو مصدر الماء). وتتم هذه الحركة يدويًّا، أو بالجرار، أو بحركة ذاتية (شكل ١٦-١٣؛ يوجد فى آخر الكتاب).

وفى حالة النقل اليدوى أو بالجرار، فإن الرشاش ينقل إلى موضعه الجديد لرى مساحة جديدة. أما فى حالة الحركة الذاتية، فإن الرشاش ينقل من أحد طرفى الحقل إلى الطرف الآخر أثناء عملية الرى. وقد تتم هذه الحركة بقوة دفع الماء أو آليًّا. ويتم فى هذه الحالة توصيل الماء إلى الرشاش بخرطوم؛ حيث يفرد الخرطوم؛ بحيث يصبح الرشاش فى طرف الحقل. وأثناء الرى يتم لف الخرطوم تدريجيًّا إلى أن ينتقل الرشاش إلى الطرف الآخر للحقل عند مصدر الماء، ثم يعاد نقله إلى موضع آخر، وهكذا.

٢- نظام الرى فى خط مستقيم

يستخدم نظام الرى فى خط مستقيم Linear System فى رى الحقول الكبيرة (١٠٠-٢٠٠ هكتار) المستطيلة أو المربعة الشكل. تتكون الشبكة من ذراعين طويلتين (حتى ٩٠٠م طولاً) عاليتين ومحملتين على عجل، وتتحركان بامتداد الحقل الذى يمكن أن يصل طوله إلى ٢٥٠٠م. تحصل الذراعان على ماء الرى من قناة توجد فى منتصف الحقل. ويخدم الجهاز طريق واحد يوجد على أحد جانبى الجهاز، حيث يتم التحكم فى تشغيل شبكة الرى. ويسمح هذا النظام للرى بمعدلات تتراوح بين ٥ مم، و ١٠٠ مم من الماء (عمقًا مثل حساب كمية الأمطار) يوميًّا.

مزايا الرى بالرش

من مزايا الرى بالرش ما يلى:

١- التوفير فى ماء الرى.

٢- لا تلزم إقامة مساقٍ أو بتون للتحكم فى الرى، وتتوفر تلك المساحة للزراعة.

٣- يمكن تنظيم شبكة الرى بالرش؛ بحيث لا تتعارض مع العمليات الزراعية المختلفة.

٤- يجرى بسهولة عند عدم توفر العمال المدربين اللازمين لإجراء عملية الرى السطحى.

٥- يمكن إجراء الرى بالرش بسهولة فى الأراضى غير المستوية أو غير العميقة، والتى تؤدى تسويتها إلى ظهور مساحات غير صالحة للزراعة. كما أن هذا النوع من الرى يوفر فى تكاليف تسوية الأرض التى تلزم فى حالة الرى السطحى.

٦- يمكن إجراء الرى بالرش فى الأراضى الشديدة المسامية، والتى يصعب ريها بالطرق الأخرى.

٧- يمكن بواسطة الرى بالرش التحكم فى معدل الرى؛ بحيث لا تحدث أية تعرية للأرض.

٨- يمكن التحكم فى كمية المياه اللازمة للرى وحسابها بدقة أكثر مما فى طرق الرى الأخرى.

٩- يوزع ماء الرى بصورة أكثر تجانسًا مما فى طرق الرى الأخرى.

١٠- يكون الرى بالرش اقتصاديًّا وعمليًّا فى الحالات التى تتطلب الرى الخفيف على فترات متقاربة، كما هى الحال فى الظروف الآتية:

أ- عند إنبات البذور.

ب- عند رى النباتات ذات الجذور السطحية.

جـ- التحكم فى درجة حرارة التربة لبعض الخضرات، مثل الخس.

د- فى الأراضى المسامية أو غير العميقة.

١١- يمكن إضافة الأسمدة مع ماء الرى بالرش.

١٢- يمكن حماية النباتات من الصقيع بالرش الخفيف طوال فترة انخفاض درجة الحرارة عن الصفر المئوى.

١٣- لا تتزهر الأملاح على سطح التربة عند اتباع طريقة الرى بالرش.

١٤- يؤدى ماء الرى بالرش إلى إزالة الأتربة من على سطح الأوراق؛ فتزداد كفاءتها فى البناء الضوئى.

١٥- يفيد الرى بالرش عند الرغبة فى استزراع الأراضى الجديدة، دون انتظار لعمليات التسوية الباهظة التكاليف.

١٦- يتطلب الماء طلمبات لرفعه فى حالة الرى السطحى، ولكن التكاليف الإضافية للطاقة اللازمة لدفعه فى أنابيب الرش تكون قليلة نسبيًّا.

١٧- إذا كان مصدر ماء الرى مرتفعًا عن مستوى الحقل، فإن الرى بالرش يتم بفعل قوة الجاذبية.

١٨- إذا كان مصدر ماء الرى هو نفس مصدر ماء الشرب، فإنه يمكن استخدام نفس الأنابيب (عن Pillsbury ١٩٦٨).

١٩- يؤدى الرى بالرش إلى خفض معدلات الإصابة بأمراض البياض الدقيقى التى لا يناسب جراثيمها وجود رطوبة حرة على سطح الأوراق.

٢٠- يعمل الرى بالرش – كذلك – على زيادة الرطوبة النسبية وخفض درجة الحرارة فى جو الحقل (عن Dixon ١٩٨١).

عيوب الرى بالرش

من عيوب الرى بالرش ما يلى:

١- زيادة تكاليف الرى نتيجة للعوامل التالية:

أ- زيادة التكاليف الإنشائية المستثمرة فى نظام الرى.

ب- الحاجة إلى طاقة لضخ الماء فى أنابيب الرى.

جـ- الحاجة إلى الأيدى العاملة عند استعمال أنابيب متنقلة للرى.

٢- قد تتعارض الرياح القوية مع الرى عندما يتطلب الأمر إجراء الرى فى الأوقات الحرجة. وإذا أُجرى الرى تحت هذه الظروف، فإن توزيع الماء لا يكون متجانسًا، كما يُفْقد جزء كبير منه بالتبخر؛ ولذا .. فإنه لا ينصح بالرى بالرش عندما تزيد سرعة الهواء على ٦كم/ساعة.

٣- توجد مشاكل تتعلق بعملية الرى بالرش؛ منها المشاكل الميكانيكية التى تعود إلى عدم دوران الرشاشات أو انسدادها، ومشاكل تحريك الأنابيب فى الأراضى وهى مبتلة.

٤- يحدث فقد فى الماء بالتبخر قبل أن يصل إلى سطح التربة، ويزداد مقدار الفقد مع زيادة سرعة الهواء، وارتفاع درجة الحرارة، ونقص الرطوبة النسبية، وصغر حجم قطرات الماء، كما يتبخر جزء آخر من الماء من على الأسطح النباتية.

٥- يؤدى الرى بالرش – بمياه تحتوى على تركيزات مرتفعة من أيونات الكلور أو الصوديوم – إلى الإضرار بالنموات الخضرية، خاصة فى الجو الحار، حيث يتبخر جزء من الماء من على سطح الأوراق قبل أن تكمل الرشاشات دورة أخرى. ولتفادى ذلك ينصح بعدم استعمال مثل هذه المياه فى الرى بالرش، أو بزيادة سرعة الرشاشات، أو بالرى ليلاً حيث يقل التبخر.

٦- لا يصلح الرى بالرش فى حقول إنتاج بذور الخضر.

٧- تؤدى قطرات الماء الكبيرة – عند الرى بالرش – إلى تحطيم تجمعات التربة وتكوين القشور على السطح. ولتلافى ذلك يراعى زيادة الضغط لتصغير حجم القطرات (Israelsen & Hansen ١٩٦٢، و Pillsbury ١٩٦٨).

٨- تنتشر عديد من المسببات المرضية عن طريق الرى بالرش، إما من خلال انتشار المسبب المرضى من على الأجزاء النباتية المصابة، وإما من خلال انتقاله مع التربة التى تتناثر بفعل مياه الرى، ومن هذه الأمراض ما يلى (عن Palti ١٩٨١):

أ- الجرب والأنثراكنوز والعفن الأسود فى القاوون.

ب- تبقع الأوراق الزاوى (*Pseudomonas lachrymans*) فى الخيار.

جـ- اللفحة الهالية (*Pseudomonas phaseolicola*)، واللفحة البكتيرية (*Xanthomonas phaseoli*)، والعفن الرمادى (*Botrytis cinerea*) فى الفاصوليا.

د- اللفحة البكتيرية فى الفراولة.

هـ- الأنثراكنوز (*Colletotrichum phomoides*)، واللفحة البكتيرية (*Xanthomonas vesicatoria*)، واللفحة البكتيرية bacterial speck، وتبقع الأوراق الرمادى (*Stemphyllium botryosum* f. sp. *lycopersici*) فى الطماطم .

و- الندوة المتأخرة (*Phytophthora infestans*) فى البطاطس.

ز- الندوة المبكرة، والعفن الأسود (*Xanthomonas campestris*)، والجذر الصولجانى (*Plasmodiophora brassicae*) فى الصليبيات.

ويتفاعل تواجد الندى والرطوبة النسبية العالية مع الرى بالرش فى التأثير على تطور الإصابة بمختلف الأمراض، ويظهر هذا التفاعل بالنسبة لمرضَىَّ الندوة المبكرة والندوة المتأخرة — فى الطماطم — فى جدول (١٦-٨).

جدول (١٦-٨): تأثير كل من الندى والرى بالرش على الإصابة بكل من الندوة المبكرة (***Allernaria solani***) والندوة المتأخرة (***Phytophthora infestans***) فى الطماطم والبطاطس (عن **Palti ١٩٨١**).

الظروف البيئية	تطور الإصابة بـ	
	الندوة المبكرة	الندوة المتأخرة
جفاف تام مع غياب الندى	محدود عند الرى بالرش	لا تحدث إصابة
الحد الأدنى للرطوبة النسبية لا يزيد على ٣٥٪ - كثرة الندى ليلاً — انعدام الأمطار	يكفى الندى لحدوث الإصابة وتطور الوباء. ليس للرى بالرش أى تأثير	يلزم الرى بالرش لحدوث الإصابة وتطور الوباء
الحد الأدنى للرطوبة النسبية أعلى من ٦٠٪ - كثرة الندى ليلاً — انعدام المطر	يكفى الندى لحدوث الإصابة وتطور الوباء. ليس للرى بالرش أى تأثير	قد يكفى الندى لحدوث الإصابة، ولكن الرى بالرش يُسرع كثيرًا من حدوثها
الرطوبة النسبية دائمًا عالية — الندى غزير — انعدام المطر	يكفى الندى لحدوث الإصابة وتطور الوباء. ليس للرى أى تأثير	قد يكفى الندى وحده لحدوث الإصابة. ليس للرى بالرش أية أهمية

الرى بالتنقيط

يعتبر الهدف الرئيسى للرى بالتنقيط trickle, drip, or dribble irrigation هو توصيل الرطوبة الأرضية إلى السعة الحقلية فى منطقة محدودة حول النبات بغرض التوفير فى ماء الرى، وذلك بتقليل الفقد بالرشح، وتقليل التبخر السطحى بدرجة كبيرة. ويتراوح

معدل تصرف المياه من النقاط عادة من لتر إلى ١٠ لترات/ساعة، (لتر إلى ٤ لترات/ساعة فى الخضر، و ٤–١٠ لترات/ساعة فى الفاكهة).

شبكة الرى

يتكون نظام الرى بالتنقيط من أجزاء رئيسية؛ هى: ماكينة ضخ الماء، وصمام التحكم فى الضغط، ومرشح للماء، وخط أنابيب بلاستيكى (PVC) رئيسى header، وخطوط فرعية laterals، ومنقطات emitters. وقد تضاف أجهزة أخرى للتسميد الآلى، ولقياس كمية المياه flow meter، ولقياس الضغط فى النقاط المختلفة، وللتوقيت الإليكترونى للرى electronic timers، ولقياس رطوبة التربة Soil moisture sensors.

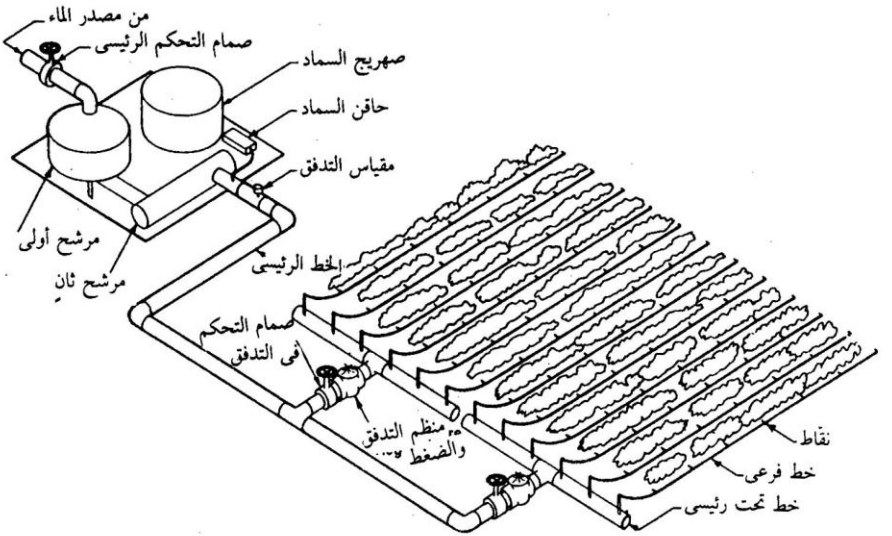
بالنسبة لماكينة ضخ الماء (الطلمبة)، فمضخة واحدة ذات قدرة محدودة تكفى؛ نظرًا لأن الرى يتم بمعدلات صغيرة جدًّا فى وحدة الزمن، ويتحقق ذلك بضغط منخفض. أما مرشح الماء فهو جزء ضرورى من نظام الرى بالتنقيط تجنبًا لانسداد المنقطات، وتستخدم لذلك غالبًا مرشحات من الرمل يلزم غسلها جيدًا كل ١–٤ ساعات حسب نوعية الماء المستخدم فى الرى. ويجرى غسيل المرشحات بإرجاع الماء فى المرشحات خلال الرمل بصورة عكسية.

وتتكون شبكة الرى بالتنقيط من أنابيب بلاستيكية (PVC) رئيسية كبيرة قطرها ٥ سم تغذى أنابيب فرعية متعامدة عليها قطرها ١,٢٥ سم تثبت عليها المنقطات، وهى أنابيب بلاستيكية رفيعة قطرها الداخلى يبلغ ٠,٩مم. وفى حقول الخضر التى تزرع على مسافات ضيقة تستخدم أنابيب مثقبة perforated lines بدلاً من المنقطات، أو تستخدم خراطيم ذاتية التنقيط.

فى حالة استخدام المنقطات، فإنها توزع على أنبوب الرى الفرعى على امتداد خط الزراعة على مسافة ٣٠–٦٠ سم حسب مسافة الزراعة، ومعدلات تدفق الماء، ودرجة نفاذية التربة (شكل ١٦–١٤).

هذا .. ويضخ الماء فى أنابيب الرى تحت ضغط منخفض يبلغ حوالى ١,٥

كجم/سم٢. ويلاحظ أن الضغط يقل تدريجيًّا على امتداد خط أنابيب الرى؛ نتيجة للاحتكاك بين الماء وجدار الأنابيب. ويعالج ذلك بتسوية الأرض؛ بحيث تكون منحدرة قليلاً نحو الطرف البعيد للأنابيب؛ إذ يؤدى ذلك إلى معادلة النقص فى ضغط الماء.



شكل (١٦-١٤): شبكة الرى بالتنقيط.

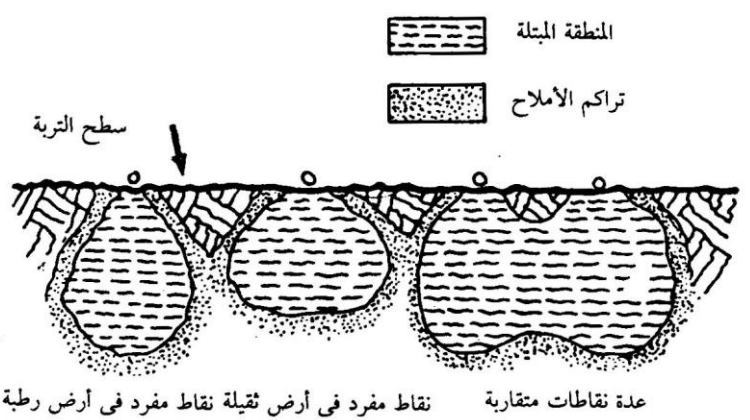
ومن بين الأمور الهامة التى يتعين مراعاتها عند تركيب شبكة رى بالتنقيط ألا يقل تجانس توزيع مياه الرى فى الحقل distribution uniformity عن ٨٠٪. ويقاس تجانس التوزيع بقسمة معدل التدفق المائى فى ٢٥٪ من مساحة الحقل التى تصلها أقل مياه على معدل التدفق المائى فى كل الحقل. ومن أهم أسباب ضعف التجانس الطول الزائد لخراطيم الرى، وضيق الأنابيب تحت الرئيسية submains، وعدم تجانس طبوغرافية الأرض. وإذا ما انخفض تجانس توزيع مياه الرى عن ٨٠٪ فإن الأمر يتطلب زيادة معدلات الرى ليمكن رى أكثر أجزاء الحقل جفافًا؛ الأمر الذى يعنى تبديد الماء، والأسمدة، والطاقة، مع كل المشاكل المرضية ومشاكل تدهور الجودة التى تصاحب الرى الزائد.

وتعد أفضل طريقة للتأكد من كمية مياه الرى الفعلية التى تصل الحقل هى تركيب عداد مياه فى الشبكة، علمًا بأن العداد يفيد – كذلك – فى جذب الانتباه مبكرًا إلى أى مشاكل يمكن أن تتواجد فى الشبكة كانسداد النقاطات (الإنترنت: T. Hartz & B. Hanson. 2005. Drip irrigation and fertigation management of processing tomato).

وللتفاصيل العملية الفنية المتعلقة بالرى بالتنقيط يراجع . Bucks وآخرون (١٩٨٢).

معدلات الرى وتوزيع الماء فى التربة

عند الرى بالتنقيط يكون مقطع التربة المبتل بالماء بالونيا؛ أى إن قطر الجزء المبلل بالماء يكون عند سطح التربة أقل منه فى منطقة نمو الجذور، ثم يقل القطر مع التعمق فى التربة بعد ذلك، إلاّ أن الشكل العام للمقطع المبتل يكون عموديًّا ومطاولاً فى الأراضى الرملية، بينما تحدث حركة أفقية للماء بدرجة أكبر فى الأراضى الطميية والطينية (شكل ١٦–١٥).



شكل (١٦–١٥): مقطع التربة المبتل بالماء، وأماكن تراكم الأملاح عند الرى بالتنقيط (عن Arab World Agribusiness – المجلد الثالث – العدد التاسع).

وتتوقف الفترة بين الريات على طبيعة التربة، فتتراوح بين يوم ويومين فى الأراضى الرملية، وكل ٢–٣ أيام فى الطميية، وكل ٣–٤ أيام فى الأراضى الثقيلة.

ويتراوح معدل الرى عادة من ٢٠–٢٥م^{٣} للفدان يوميًّا فى الجو الحار، ونحو نصف هذه المعدلات فى الجو البارد. ويُعطى الحد الأدنى فى حالة الرى تحت أغطية بلاستيكية للتربة (Halfacre & Barden ١٩٧٩).

يفضل توزيع مياه الرى بين ريتى الصباح والمساء – إن وجدتا – بنسبة ٢ : ١ على التوالى، على ألا تزيد رية الصباح على ساعة ونصف الساعة؛ حتى لا تغسل الأسمدة المضافة بعيدًا عن منطقة نمو الجذور.

ويفضل أن يستعمل مع محاصيل الخضر خراطيم الرى التى تَرْشَح منها المياه بامتداد طولها، أو أن تستعمل الخراطيم الذاتية التنقيط التى تقل المسافة بين منقطاتها إلى ٣٠ سم؛ بحيث تعطى منطقة مبتلة بامتداد الخرطوم. وتتوفر بالأسواق من النوعية الأخيرة خراطيم مزودة بمرشحات داخلية تمنع مرور الرواسب إلى داخل مسار المياه بالمنقط. ويكون تصريف هذه الخراطيم – عادة – ٤ لترات/ساعة لكل متر طولى من الخط، ويتم تشغيلها تحت ٤–٦ ضغط جوى.

تأثير الرى بالتقيط على النمو الجذرى

يتركز معظم النمو الجذرى – عند اتباع طريقة الرى بالتنقيط – فى المنطقة المبتلة من التربة تحت النقاطات، وهى المنطقة التى يتركز فيها – كذلك – امتصاص العناصر. وإذا كان ماء الرى ملحيًا، فإن نمو الجذور يكون أكثر كثافة فى جزء التربة الذى يكون أكثر تعرضًا للغسيل مما يكون عليه الحال فى حوافّ المنطقة المبتلة التى تتراكم فيها الأملاح. أما إذا كان ماء الرى عذبًا فإن نمو الجذور يمتد حتى حواف المنطقة المبتلة (Ben-Asher & Silberbush ١٩٩٢).

تأثير تراكم الأملاح على النمو النباتى

يلاحظ عند اتباع طريقة الرى بالتنقيط أن تركيز الأملاح يتباين كثيرًا فى المنطقة المبتلة التى يكون مركزها عند النقاط؛ الأمر الذى يُعَرِّض جذور النباتات لمستويات مختلفة من الأملاح، سواء أحَدَثَ ذلك بالنسبة للأجزاء المختلفة من المجموع الجذرى

للنبات الواحد فى الوقت الواحد، أم بالنسبة للمجموع الجذرى كله فى أوقات مختلفة من اليوم، أم فى أيام مختلفة من موسم النمو.

ويستدل من بعض الدراسات – التى أجريت فى هذا الصدد – على أن النباتات تستجيب لمتوسط الملوحة فى منطقة النمو الجذرى، وأن متوسط الملوحة هو العامل الذى يجب أخذه فى الحسبان، بينما يُستدل من دراسات أخرى على أن أقل المناطق – التى ينتشر فيها النمو الجذرى – ملوحة هى التى تتحكم فى النمو النباتى الكلى والمحصول.

وفى دراسة على الطماطم نُمَيت فيها النباتات فى مستويات مختلفة من الملوحة، ووزع فى بعضها النمو الجذرى للنبات الواحد على أربع حجرات تحتوى كل منها على تركيز مختلف من الأملاح. وجد أن النباتات التى تَلَقَّت أجزاء منفصلة من نمواتها الجذرية مستويات مختلفة من الأملاح كانت أقل تأثرًا بمعاملة الملوحة. كما وجد أن أى نقص فى النمو الجذرى فى الحجرات – التى احتوت على تركيزات عالية من الأملاح – تَمَّ تعويضه بزيادة مقابلة فى النمو الجذرى بالحجرات التى كان تركيز الأملاح فيها منخفضًا (عن Papadopulos & Rendig ١٩٨٣).

صيانة وإدامة شبكة الرى بالتنقيط

يتعين فحص المناخل ورمل المرشحات فى شبكات الرى بالتنقيط أثناء كل فترة تشغيل وبعدها وتنظيفها عند الضرورة. ويمكن تنظيف المناخل باستعمال فرشاة صلبة أو بالنقع فى الماء. أما المرشح الرملى فيحب تنظيفه بالغسيل الرجعى بالماء back flushing إذا وجد فرقًا قدره ٥ رطل/بوصة مربعة (٠,٣٥ كجم/سم^{٢}) فى الضغط عند مدخل الماء فى المرشح ومحرجة. تُفحص كذلك خطوط الرى بالتنقيط لأى تسرب زائد وذلك بمراقبة وجود أى مساحات كبيرة مبتلة والتى تكون دليلاً على التسرب أو على وجود عطب بالنقاطات. كذلك يفيد السماح بتدفق الماء من الخطوط تحت الرئيسية والخطوط الفرعية على فترات للتخلص من الرواسب التى يمكن أن تُحدث انسدادًا فى النقاطات. ويمكن تجهيز الشبكة بأجهزة آلية للغسيل الرجعى وأجهزة غسيل آلية لنهايات الخطوط، لكنها تحتاج كذلك لفحص يدوى.

وتتطلب صيانة شبكة الرى بالتنقيط مراعاة ما يلى:

١- تنظيف المرشحات (الفلاتر) على فترات متقاربة.

٢- التأكد من عدم انسداد المنقطات وتسليكها بالطُّرق على خراطيم الرى برفق عند النقاط المسدود.

٣- إمرار حامض مخفف (مثل حامض النيتريك أو حامض الفوسفوريك) كل فترة لإذابة الأملاح التى قد تترسب داخل خراطيم الرى وتقلل من تصريف النقاطات.

ومن الضرورى استخدام الكيماويات للتخلص من كل من الطحالب والحديد وبكتيريا الكبريت ومسببات الأمراض؛ فيمكن للكيماويات أن تُرسِّب بعض المواد الموجودة فى الماء فيسهل التخلص منها، وقد تحافظ على ذوبانها وبقائها ذائبة فى الماء.

ويُعد الكلورين هو المركب الأساسى المستخدم فى قتل الكائنات الدقيقة ووقف نشاطها، وكذلك فى تحلل المادة العضوية، وفى أكسدة المعادن الذائبة؛ مما يجعلها تترسب ويسهل التخلص منها.

وتجرى المعاملة بالأحماض (النيتريك والفوسفوريك) لخفض pH الماء؛ مما يحافظ على ذوبان المنجنيز والحديد والكالسيوم أو يعمل على ذوبانها ومنعها من الترسب.

وتستخدم برمنجنات البوتاسيوم لأكسدة الحديد فى بعض الظروف.

ويتعين وضع نظام الترشيح بعد المعاملة الكيميائية لأجل التخلص من أى رواسب قد تتكون جراء المعاملة (Clark وآخرون ١٩٩٦).

مشكلة انسداد المنقطات ووسائل علاجها

يعد انسداد المنقطات من أهم المشاكل التى تصاحب نظام الرى بالتنقيط.

وتوجد ثلاثة أسباب محتملة لانسداد المنقطات، لكل منها وسائل العلاج الخاصة بها، كما يلى:

١- انسداد المنقطات بفعل حبيبات التربة أو المواد العضوية التى تتسرب مع الماء إلى شبكات الرى. ويتخذ لأجل ذلك الاحتياطات الضرورية بالترشيح مع استخدام مصدر

جيد لمياه الرى، لكن يصعب التخلص من هذه الشوائب – بعد دخولها – إلا بفتح نهايات خطوط التنقيط، مع استمرار ضخ الماء.

٢- انسداد المنقطات بفعل الترسيب الكيميائى للمواد التى تدخل فى أنابيب الرى، فمثلاً .. تتفاعل الأسمدة الفوسفاتية مع ما قد يوجد من كالسيوم فى مياه الرى، لتكوِّن أملاحًا غير ذائبة (جداول ١٦-٩، و ١٦-١٠، و ١٦-١١).

جدول (١٦-٩): العوامل الخاصة بمياه الرى التى تسهم فى انسداد النقاطات عند الرى بالتنقيط (عن Balba ١٩٩٥).

العوامل الفيزيائية (المواد الصلبة العالقة)	العوامل الكيميائية (الترسيب الكيميائى)	العوامل البيولوجية (الكائنات الدقيقة)
– الرمل	– كربونات الكالسيوم	– الفطريات
– السلت	– كربونات المغنيسيوم	– الغرويات
– الطين	– كبريتات الكالسيوم	– الترسبات الميكروبية:
– المادة العضوية	– إيدروكسيدات وأكاسيد	الحديد
	وكربونات وسيليكات	الكبريت
	وكبريتات العناصر الثقيلة	المنجنيز
	– الأسمدة	– البكتيريا
	الفوسفاتية	– الكائنات الدقيقة المائية
	الأمونيا السائلة	بيض القواقع
	الحديد والزنك والنحاس	اليرقات

جدول (١٦-١٠): الحدود الحرجة للعوامل الفيزيائية والكيميائية التى يمكن أن تسبب انسدادًا للنقاطات (بالجزء فى المليون)، عدا الـ pH والعوامل المميزة بوحدات قياس).

العامل	مدى خطورة الانسداد		
	قليلة	متوسطة	شديدة
فيزيائى			
العوالق الصلبة	< ٥٠	٥٠-١٠٠	> ١٠٠

تابع جدول (١٦–١٠).

العامل	مدى خطورة الانسداد		
	قليلة	متوسطة	شديدة
كيميائى			
EC (ديسى سيمنز/م)	< ٠,٧	٣,٠–٠,٧	> ٣,٠
pH	< ٧,٠	٧,٥–٧,٠	> ٧,٥
المنجنيز	< ٠,١	١,٥–٠,١	> ١,٥
الحديد	< ٠,١	١,٥–٠,١	> ١,٥
عسر الماء	< ١٥٠	٣٠٠–١٥٠	> ٣٠٠
كبريتات الإيدروجين	< ٠,٥	٢,٠–٠,٥	> ٢,٠
الأملاح الذائبة	< ٥٠٠	٢٠٠٠–٥٠٠	> ٢٠٠٠
النيتروجين النتراتى	< ٥	٣٠–٥	> ٣٠
البيكربونات (HCO_3)	< ١,٥	٨,٥–١,٥	> ٨,٥
للرى بالرش فقط (مللى مكافئ/لتر)			
بكتيرى			
الأعداد البكتيرية	< ١٠٠٠٠	٥٠٠٠٠–١٠٠٠٠	> ٥٠٠٠٠

جدول (١٦–١١): الحد الأقصى الموصى به للعناصر الدقيقة فى ماء الرى (مجم/لتر).

العنصر	مياه الرى تستخدم بصورة دائمة فى كل أنواع الأراضى	مياه رى تستخدم لمدة ٢٠ عامًا فى أرض دقيقة القوام ذات pH ٦,٠–٨,٥
الألومنيوم	٥,٠	٢٠,٠
الزرنيخ	٠,١	٢,٠
البيريليم	٠,١	٠,٥
البورون	١,٠	٢,٠
الكادميم	٠,٠١	٠,٠٥
الكروم	٠,١	١,٠
الكوبالت	٠,٠٥	٥,٠
النحاس	٠,٢	٥,٠

تابع جدول (١٦-١١).

العنصر	مياه الرى تستخدم بصورة دائمة فى كل أنواع الأراضى	مياه رى تستخدم لمدة ٢٠ عامًا فى أرضٍ دقيقة القوام ذات pH ٦,٠-٨,٥
الفلور	١,٠	١٥,٠
الحديد	٥,٠	٢٠,٠
الرصاص	٥,٠	١٠,٠
الليثيم	٢,٥	٢,٥
المنجنيز	٠,٢	١٠,٠
الموليبدنم	٠,٠١	٠,٠٥
النيكل	٠,٢	٢,٠
السيلينيم	٠,٠٢	٠,٠٢
الفاناديم	٠,١	١,٠
الزنك	٢,٠	١٠,٠

ويؤدى تواجد الكالسيوم مع أى من البيكربونات أو الكبريتات فى مياه الرى إلى ترسب الجير (الكلس) والجبس داخل شبكة الرى بالتنقيط؛ الأمر الذى يؤدى إلى انسداد النقاطات جزئيًّا أو كليًّا. وتزداد فرصة تكون الترسبات عند حقن أسمدة تحتوى على كالسيوم مع أخرى تحتوى على أيون الفوسفات.

ويتم التخلص من الترسبات الكيميائية التى تؤدى إلى انسداد النقاطات بحقن شبكة الرى بحامض النيتريك التجارى (تركيز ٣٧٪) بتركيز ٠,١٪ فى الصوبات، و ٠,١-٠,٥٪ فى الزراعات الحقلية. ويمكن اتباع هذا الإجراء مرة أو مرتين فى كل موسم نمو. ويتم حقن الحامض لمدة ١٥-٣٠ دقيقة حسب كمية الرواسب التى توجد فى داخل الشبكة. ويتم بعد الحقن بالحامض – غسيل الشبكة بالماء مدةً مساوية للمدة التى استغرقها حقن الحامض.

ويمكن – كذلك – التغلب على مشكلة ترسبات كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم فى شبكة الرى بحقن حامض مخفف؛ مثل حامض الكبريتيك، أو حامض الفوسفوريك، أو النيتريك بصفة دائمة أو على فترات؛ بهدف خفض pH الماء.

كما تمكن Meyer وآخرون (١٩٩١) من التخلص من مشكلة ترسب كربونات الكالسيوم (الجير) بحقن أنهيدريد الماليك Maleic Anhydride (وهو homopolymer) فى شبكة الرى بمعدل ٢ مجم/لتر؛ حيث أدى ذلك إلى استمرار تدفق المياه من النقاطات بنفس المعدل طوال الموسم، بينما نقص تصرف المياه – بسبب الترسبات – فى الكنترول.

يكون ترسب أملاح الكالسيوم – وخاصة كربونات الكالسيوم – كغشاء أبيض فى شبكة الرى. وهذه الأملاح تكون ذائبة فى الـ pH المنخفض. ويمكن – كما أسلفنا – استعمال الأحماض – خاصة حامض الأيدروكلوريك – لخفض الـ pH إلى ٤,٠ لمدة ٣٠–٦٠ دقيقة؛ مما يؤدى إلى إذابة ترسبات الكالسيوم وتنظيف النقاطات وخراطيم الرى. وقد يستعمل – كذلك – حامضى الكبريتيك والفوسفوريك لهذا الغرض. هذا .. مع العلم بأن ذوبان الكالسيوم يتأثر بكل من درجة الحرارة والـ pH وتركيز الكالسيوم. يتعين – دائمًا – إضافة الحامض إلى الماء وليس العكس.

وإذا كان ماء الرى شديد العُسر فإنه يمكن التخلص من ذلك العُسر بإزالة الكالسيوم والمغنيسيوم بأجهزة تعتمد على خاصية إزالة الكالسيوم والمغنيسيوم الذائبين بالتبادل الأيونى فى خزانات خاصة تعرف باسم Zealite water conditioners (الـ zeolite هى مجموعة السيليكات) (Clark وآخرون ١٩٩٦).

وعندما يزيد تركيز الحديد فى ماء الرى عن ٠,١ جزء فى المليون فإنه يمكن أن يتسبب فى مشاكل فى شبكة الرى؛ الأمر الذى يتعين ضرورة التخلص منه بأى من الوسائل التالية:

أ– التهوية والترسيب:

من العوامل التى يعول عليها ضخ ماء الرى من البئر ثم رشه فى الهواء فوق بركة أو خزان الماء من ارتفاع عدة أمتار، حيث يؤدى تلامس الهواء مع الماء إلى أكسدة الحديدوز إلى حديديك وترسبه؛ حيث يمكن التخلص منه. ويعيب هذه الطريقة احتياجها إلى مضخة ثابتة لضخ الماء فى شبكة الرى.

ب– الترسيب بالكلورة:

يعمل الكلورين الحر على أكسدة الحديدوز فورًا إلى حديديك وترسيبه. ويتعين لذلك

تحديد تركيز الحديد مع ضرورة ضخ الكلورين بمعدل جزء واحد فى المليون لكل ٠,٧ جزء فى المليون من الحديد. وقد يحتاج الأمر إلى حقن مزيد من الكلورين للتخلص من الملوثات الأخرى، مثل بكتيريا الحديد والكتل البكتيرية الغروية. ويتعين إجراء خلط كامل للكلورين مع ماء الرى؛ الأمر الذى يتحقق بتوفير وسيلة لرج الماء قبل الفلتر.

يراعى أن المنجنيز – إن وجد فى ماء الرى – قد يتسبب فى مشاكل؛ لأن أكسدته بالكلورين تكون بطيئة، ويتعين ترسيبه قبل الفلتر؛ ليمكن التخلص منه.

جـ- التحكم فى الـ pH:

يمكن ترسيب الحديد الذائب برفع الـ pH باستخدام أيدروكسيد الصوديوم التى يتم حقنها فى شبكة الرى، والتى يمكن خلطها بمحاليل الكلورين.

د- ترسيب كبريتات الحديد:

يصعب التخلص من أملاح الكبريتات فى ماء الرى، وهى التى يمكن ان تستخدمها بعض الأنواع البكتيرية كغذاء، لتنتج غاز سلفيد الأيدروجين. وإذا وجد قدر كافٍ من الحديد فى ظروف اختزالية معتدلة، فإن سلفيد الحديد يمكن ترسيبه والتخلص منه بالفلترة.

هـ- التخلص من الحديد ببرمنجنات البوتاسيوم:

يمكن التخلص من الحديد الموجود فى ماء الرى باستعمال مرشح مؤكسد يحتوى على رمل معامل بالمنجنيز. يحتفظ المرشح بالأكسجين عند معاملته ببرمنجنات البوتاسيوم. ومع تدفق الماء من خلال المرشح يتحد الحديد مع الأكسجين، ليتغير إلى صدأ أو أكسيد الحديد، ويحتفظ الرمل بأكسيد الحديد إلى أن يغسل بالماء رجعيًّا ويعاد شحنه ببرمنجنات البوتاسيوم. ويعمل المرشح عندما يكون pH الماء بين ٧، و ٨، ولا يجب أن يزيد تركيز الحديد عن ٢٠ جزءًا فى المليون. وإذا زاد تركيز الحديد عن ذلك يكون من الأفضل معاملته بالكلورة. هذا إلاّ أن اتحاد الحديد مع المركبات العضوية مثل حامض الهيوميك يزيد من صعوبة عملية الأكسدة.

٣- انسداد المنقطات من جراء النمو البكتيرى والفطرى والطحلبى داخل النظام مع ما تفرزه من مواد غروية أو مخاطية، ويمكن الوقاية من هذه الحالة بحقن الكلور – بتركيز – جزء واحد فى المليون – فى ماء الرى. أما إذا حدث الانسداد بالفعل .. فإنه يلزم حقن

الكلور بتركيز ٢٠–٤٠ جزءًا فى المليون لمدة ٣٠ دقيقة على الأقل، مع إدخال الماء المحتوى على الكلور قبل المرشحات. ويستخدم — عادة — هيبوكلوريت الصوديوم، أو هيبوكلوريت الكالسيوم كمصدر للكلور، علمًا بأن الكلوراكس التجارى يحتوى على هيبوكلوريت صوديوم بنسبة ٥,٢٪، كما يستعمل غاز الكلور.

يمكن للبكتيريا أن تنمو فى غياب الضوء داخل شبكة الرى أو فى بئر ملوثة. ويمكن لبعض أنواع البكتيريا أن تعيش على الحديد أو الكبريت، لتنتج كتل غروية لزجة، سرعان ما تؤدى إلى انسدد النقاطات والفلاتر. ويمكن لتلك الكتل الغروية أن تعمل — كذلك — على لصق مواد أخرى بها؛ مما يزيد من مشكلة انسداد النقاطات. كذلك تعمل هذه الكتل الغروية على ترسيب الحديد والكبريت من الماء.

يمكن للبكتيريا أن ترسب الحديد بأكسدة أكاسيد الحديدوز الذائبة إلى أكاسيد الحديدك غير الذائبة. ويمكن لتركيزات من الحديد يصل انخفاضها إلى ٠,١ جزءًا فى المليون أن تسبب مشاكل، بينما يمكن أن تصبح المشاكل عند تركيز ٠,٤ جزءًا فى المليون كبيرة. ويظهر راسب الحديد كوحل خيطى أحمر يمكن أن يعلق بخراطيم الـ PVC والبوليثيلين ويسد النقاطات تمامًا.

وإذا زادت الكبريتات الكلية عن ٠,١ جزءًا فى المليون فإنها يمكن أن تتسبب فى مشاكل؛ حيث يمكن للبكتيريا التى تعيش على الكبريت أن تنتج كتل بيضاء غروية خيطية، يمكن أن تحدث انسدادًا كاملاً بالنقاطات.

ويمكن أن يؤدى التفاعل بين الحديد الذائب والكبريت إلى تكوين سلفات حديد غير ذاتية. ويمكن أن يحدث التفاعل ذاته بين الكبريت ومرشحات الصلب غير القابل للصدأ.

وتعد الكلورة هى المعاملة المعتادة لقتل البكتيريا أو تثبيط نشاطها. ويفيد فى هذا الشأن استمرار المعاملة بتركيز منخفض يصل فى نهايات شبكة الرى إلى ١–٢ جزء فى المليون من الكلورين الحر الميسر، والمعاملة بتركيز ١٠–٢٠ جزء فى المليون لمدة ٣٠–٦٠ دقيقة على فترات. ويحتاج الأمر إلى زيادة معدل الحقن للوصول بالتركيز إلى المستوى المطلوب فى كل

شبكة الرى. وقد يحتاج الأمر أحيانًا إلى حقن الكلورين فى بئر الماء بتركيز ٢٠٠–٢٥٠ جزء فى المليون مع تقدير حجم الماء المعامل من معرفة قطر وعمق البئر.

كذلك يمكن للطحالب والنباتات المائية أن تتكاثر بشدة فى الماء السطحى، وتتسبب فى مشاكل كبيرة فى المناخل والفلاتر الرملية عند استخدام المياه السطحية (من قنوات الرى) فى الرى. يحتاج الأمر فى تلك الحالات إلى الغسيل الرجعى المتكرر للفلاتر بالماء. كما يمكن مكافحة الطحالب فى الماء السطحى باستعمال كبريتات النحاس مع ملاحظة عدم الأضرار بالأسماك التى تعيش فى تلك المياه. ولا تنمو الطحالب الخضراء إلاّ فى وجود الضوء، ولذا فهى لا تشكل مشاكل فى أنابيب الرى المدفونة فى التربة أو فى البوليثيلين الأسود. لكن يمكن للطحالب أن تعيش فى أنابيب الـ PVC البيضاء وفى توصيلاتها التى توجد فوق سطح التربة؛ مما قد يؤدى إلى اندفاعها فى خراطيم الرى والنقاطات مما قد يؤدى إلى انسدادها.

ويستخدم الكلورين فى قتل الطحالب فى شبكة الرى، ويلزم لذلك المعاملة بتركيز ١٠–٢٠ جزءًا فى المليون من الكلورين الحر لمدة ٣٠–٦٠ دقيقة. ولزيادة كفاءة المعاملة يفضل تعقيم الشبكة جزءًا بعد جزء ثم غسيل الطحالب الميتة خارج الأنابيب بالغسيل بعد التعقيم مباشرة. وقد يلزم استخدام تركيزات أعلى من الكلورين لتحليل المادة العضوية التى قد توجد بالنقاطات (Clark وآخرون ١٩٩٦).

تعد المعاملة بالكلور (الكلورة) chlorination طريقة فعالة لتنظيف شبكة الرى من النمو الميكروبى، إلا إنه يتعين أخذ عددًا من الأمور فى الاعتبار، كما يلى:

أ– المادة المستخدمة فى الكلورة:

يعد الكلور هو الأرخص والأكثر فاعلية عن المواد الأخرى، بينما يُعد هيبوكلوريت الصوديوم – وهو سائل – أكثر أمانًا فى الاستعمال، إلاّ إنه يتحلل مع الوقت – أما هيبوكلوريت الكالسيوم فيتوفر على صورة أقراص، وهو أكثر ثباتًا عن هيبوكلوريت الصوديوم، ويحضر منه محلول قياسى يحقن فى شبكة الرى مثل هيبوكلوريت الصوديوم لكنه لا يذوب فى الماء.

ب– طريقة الكلورة وتركيز الكلورين فى ماء الرى:

يمكن أن تستمر الكلورة مع كل رية إذا كانت الأعداد الميكروبية فى مياه الرى عالية كما فى مياه الترع. ويراعى فى هذه الحالة أن يكون تركيز الكلورين الفعال (وليس الكلى) فى نهايات خراطيم الرى فى حدود ١–٢ جزء فى المليون. وقد تتبع طريقة المعاملات المركزة فى الحالات التى يحدث فيها انسداد بخراطيم الرى والنقاطات جراء النمو الميكروبى الغزير. وتتطلب هذه المعاملة — التى تتكرر حسب الضرورة — استخدام تركيز ١٠–٣٠ جزء فى المليون من الكلورين الحر لمدة ٣٠–٦٠ دقيقة.

جـ– pH ماء الرى:

يُشجع الـ pH العالى لمياه الرى (٧,٨ فأعلى) ترسيب كربونات الكالسيوم وأكاسيد الحديد، وكلاهما يحدث انسدادات خطيرة بالنقاطات، كذلك يؤثر pH ماء الرى تأثيرًا بالغًا على مدى فاعلية استخدام غاز الكلورين فى التعقيم.

فعند حقن غاز الكلور فى الماء يحدث التفاعل التالى:

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HOCl_2 + HCl$$

أى يتحلل الكلور إلى حامض هيبوكلوريس وحامض أيدروكلوريك. وتبلغ قدرة القتل التى يحدثها حامض الهيبوكلوريس ٦٠–١٢٠ ضعف قدرة حامض الأيدروكلوريك. لكن المشكلة تحدث فى التفاعل الذى يعقب ذلك، والذى يتحلل فيه حامض الهيبوكلوريس إلى أيدروجين غازى و OCl. وهذا التفاعل يعتمد على الـ pH؛ فعند تركيز جزء واحد فى المليون من غاز الكلور، مع pH ٦,٥ نحصل على ٩٢٪ HOCl و ٨٪ OCl، بينما نحصل عند نفس تركيز الغاز مع pH ٩,٠ على ٤٪ HOCl و ٩٦٪ OCl.

وعند الأرقام الوسطية للـ pH الأكثر شيوعًا، ومع نفس التركيز (جزء واحد فى المليون) نحصل:

– عند pH ٧,٠ على ٧٩٪ HOCl و ٢١٪ OCl
– وعند pH ٧,٥ على ٥٥٪ HOCl و ٤٥٪ OCl
– عند pH ٨,٠ على ٢٧٪ HOCl و ٨٩٪ OCl

ويعنى ذلك أن لـ pH التربة دور عالى الجوهرية فى التأثير على عملية التعقيم باستخدام غاز الكلور.

ولذا .. يتعين – فى الحالات التى يكون فيها ماء الرى قلويًّا – باستخدام كلاً من حامض النيتريك وحامض الفوسفوريك فى التسميد بجزء من النيتروجين والفوسفور، على التوالى، لكن الكلورة وحقن الأحماض يجب أن يتمّا على بعد متر واحد من بعضهما البعض، وألا يتم خلطهما معًا أبدًا فى نفس الصهريج.

وتُستخدم المعادلة التالية فى حساب كمية الكلورين التى يجب حقنها فى الماء فى صورة سائلة (هيبوكلوريت الصوديوم NaOC):

$$IR = Q \times C \times 0.006/S$$

حيث إن:

IR = معدل ضخ الكلورين (لتر/ساعة).

Q = معدل تدفق الماء فى شبكة الرى (لتر/دقيقة)

C = التركيز المرغوب فيه من الكلورين (جزء فى المليون)

S = تركيز محلول الـ NaOC المستخدم(٪)

مثال:

لو استخدم محلول تبييض الغسيل التجارى، مثل الكلوراكس وغيره (وهى التى تحتوى على NaOCl بنسبة ٥,٢٥٪ كلورين نشط) للحصول على تركيز ٣ أجزاء فى المليون من الكلورين فى الماء عند نقطة الحقن، وكان معدل تدفق الماء فى شبكة الرى ١٨٠ لتر فى الدقيقة، فإن معدل ضخ الكلورين (IR) يحسب كما يلى:

$$IR = 180 \text{ l/min.} \times 3 \text{ ppm} \times 0.006/5.25$$

$$= 0.62 \text{ l/min.}$$

أى يكون معدل حقن محلول تبييض الغسيل ٠,٦٢ لترًا/دقيقة أو حوالى ٠,٦٢ × ٦٠ = ٣٧,٢ لترًا فى كل ساعة من تدفق مياه الرى. ويتعين إضافة تلك الكمية إلى كمية

مناسبة من الماء حسب نسبة الحقن (١:٣٠٠ مثلاً) التى يعمل عليها الحاقن (Clark وآخرون ١٩٩٦).

وتستخدم كذلك – للتبسيط – المعادلة التالية لحساب معدل إضافة المصدر لتجارى المكلور:

عدد لترات المركب التجارى اللازمة لكل متر مكعب من مياه الرى =

٠,٠١ × عدد الأجزاء فى المليون المرغوبة من الكلور (Cl_2) فى ماء الرى

النسبة المئوية للكلور (Cl_2) فى المركب لتجارى المستخدم

فمثلاً .. إذا رغبنا فى زيادة نسبة Cl_2 فى ماء الرى إلى ٣٠ جزءًا فى المليون، واستخدمت لذلك مادة بها ٥٪ Cl_2، فإنه يلزم منها:

٠,٠١ × ٣٠ جزءًا فى المليون = **٠,٠٦ لترًا/متر مكعب من ماء الرى.**

٥

ومن أهم مصادر الكلور، ما يلى:

المركب	الصورة	النسبة (٪)
هيبوكلوريت الكالسيوم	جاف	٧٠-٦٥
هيبو كلوريت الصوديوم	سائل	١٥-٥,٢٦
غاز الكلور	غاز	١٠٠

وكما أسلفنا .. تزداد فاعلية الكلورة فى pH ٦,٥ أو أقل، وتقل فاعليتها بشدة كلما ازداد pH الماء عن ٧,٥؛ حيث يؤدى الـ pH المرتفع إلى إحداث خفض شديد فى نسبة الكلورين الحر الميسر.

مزايا الرى بالتنقيط

يعد الرى بالتنقيط – بالرغم من ارتفاع تكلفته الإنشائية – أفضل النظم لرى الخضر فى الأراضى الرملية. وفى أحيان كثيرة يكون هو الطريقة الوحيدة التى يمكن تطبيقها، ويتحكم فى ذلك عاملان رئيسيان؛ هما:

١- الجانب الاقتصادى لارتفاع تكلفة مياه الرى، وارتفاع تكلفة الإنتاج – عمومًا – فى الأراضى الصحراوية، بينما يوفر الرى بالتنقيط كثيرًا فى مياه الرى، وتصاحبه زيادة مؤكدة فى المحصول.

٢- انتشار الأمراض – فى بعض الخضروات – عند اتباع طريقة الرى بالرش.

ومن مزايا الرى بالتنقيط ما يلى:

١- التوفير الكبير فى المياه؛ نظرًا لأنه لا يُحْدِث فقدًا يذكر فى ماء الرى. وقد يصل التوفير إلى ٥٠٪.

٢- عدم فقد الأسمدة بالرشح، مع التحكم فى كميات الأسمدة التى يُرغب فى توصيلها إلى النباتات.

٣- غسل الأملاح بعيدًا عن النباتات؛ حيث تتجمع الأملاح فى أطراف المنطقة المبتلة، وتكون بذلك بعيدة عن الجذور.

٤- تبقى الرطوبة الأرضية فى منطقة نمو الجذور فى السعة الحقلية، أو أقل من ذلك بقليل.

٥- التوفير فى الأيدى العاملة لإمكان التحكم الآلى فى الرى.

٦- يمكن بهذه الطريقة زراعة المناطق الشحيحة فى مياه الرى؛ فمثلاً أمكن زراعة الخس فى المناطق الصحراوية، مع استعمال ٢٥٪ من كمية مياه الرى التى تستعمل – عادة – بطريقة الرى السطحى.

٧- زيادة المحصول بمقدار ٢٥٪-١٠٠٪، نتيجة تجانس الرطوبة الأرضية طوال الموسم.

٨- إمكان زراعة محصول أو ثلاثة بالتتابع فى نقس الحقل، دون الحاجة إلى تجهيز الأرض من جديد.

٩- التوفير فى نفقات مكافحة الحشائش؛ بسبب عدم إثارة الأرض لعدم إجراء الحرث.

١٠- عدم الحاجة إلى آبار ذات تصريف عالٍ؛ نظرًا لأن كمية الماء اللازمة تكون بمعدلات منخفضة.

١١- عدم الحاجة إلى تسوية الأرض الشديدة الانحدار لأجل زراعتها؛ حيث يمكن ريها بسهولة بطريقة التنقيط.

١٢- إتاحة الفرصة أمام ماء الرى – الذى يتصرف ببطء شديد – كى يتخلل التربة فى الأراضى القليلة النفاذية.

١٣- سهولة إجراء العمليات الزراعية؛ لأن معظم سطح التربة يبقى جافًا طوال الوقت.

عيوب الرى بالتنقيط

١- ارتفاع التكلفة الإنشائية.

٢- احتياج نظام الرى إلى إدارة جيدة.

٣- احتمال انسداد المنقطات.

٤- تعرض أنابيب الرى للتلف بواسطة القارضات، أو سير الحيوانات الزراعية عليها.

٥- إذا تأخرت الفترة بين الريات، فإن امتصاص الجذور للماء يؤدى إلى تحريك الأملاح من أماكن تجمعها عند أطراف المنطقة المبتلة – عند سطح التربة وتحت السطح – فى اتجاه الجذور؛ لذا .. يجب تنظيم الرى؛ بحيث تتوفر الرطوبة دائمًا فى منطقة نمو الجذور.

كما أن الأمطار قد تعمل على غسل الأملاح نحو منطقة نمو الجذور؛ لذا .. يجب استمرار الرى بالتنقيط حتى أثناء المطر؛ ليتسنى تخفيف الأملاح إلى الحد المأمون طوال الوقت (عن Marsh وآخرين ١٩٧٩).

وعمومًا .. فإنه يمكن غسل الأملاح المتراكمة بزيادة ماء الرى ٢-٣ مرات فى نهاية كل موسم؛ ليمكن إذابة الأملاح وصرفها مع الماء الزائد. والأفضل غسل الأملاح بالرى بالغمر أو بالرش – إن أمكن – فى نهاية كل موسم زراعى.

مراجع إضافية فى الرى بالتنقيط

لمزيد من التفاصيل حول تصميم شبكات الرى بالتنقيط وإدارتها فى الرى، يمكن مراجعة Clark & Smajstrla (١٩٩٦)، و Hartz (١٩٩٩)، و Haman & Smajstrla (٢٠٠٣).

الرى تحت السطحى بالتنقيط

يُعّرف الرى تحت السطحى بالتنقيط Subsurface Drip Irrigation بأنه الإضافة المتجانسة لكميات قليلة من الماء على فترات متقاربة تحت مستوى سطح التربة (على عمق حوالى ٤٥ سم) من مواقع منفصلة ومحددة أو بامتداد خطوط الرى، التى تمد تحت سطح التربة فى مستوى نمو الجذور (حوالى ٢٥–٣٠ سم تحت السطح).

وفى الماضى وقفت بعض المشاكل عائقًا أما تطبيق هذا النظام فى الرى؛ مثل: دخول جذور النباتات فى النقاطات، وترسب الأملاح، وصعوبة فحص وإصلاح شبكة الرى. أما الآن .. ومع التقدم فى تقنيات شبكات الرى، وتصميمها، وإدارتها، فقد بات من الضرورى إعادة النظر فى هذا النظام للرى.

ومن أهم مزايا الرى تحت السطحى بالتنقيط ما يلى:

١– تثبيت الشبكة تحت سطح التربة مرة واحدة فقط، والاستغناء عن تكلفة إعادة وضعها سنويًا.

٢– زيادة فترة تشغيل الشبكة عما فى حالة الرى السطحى بالتنقيط؛ لعدم تعرض الخراطيم لأشعة الشمس والسخونة الزائدة.

٣– بقاء سطح التربة جافًا ولعمق حوالى ١٥–٢٠ سم، الأمر الذى يقلل من احتمالات الإصابة بأمراض التاج الفطرية وأعفان الثمار، ويساعد كثيرًا على مكافحة الحشائش.

٤– يساعد بقاء سطح التربة جافًا على تسهيل مرور الآلات الزراعية عليها دون تعرضها للانضغاط. كما يمكن مرور الآلات أثناء تشغيل شبكة الرى.

٥– استفادة النباتات من مياه الرى والأسمدة المضافة بكفاءة أكبر (Thompson & Doerge ١٩٩٥)، وخاصة الفوسفور الذى لا يتعمق ولا يتحرك كثيرًا عن موضع إضافته عند النقاطات.

٦– زيادة المحصول وتحسّن نوعيته؛ بسبب جفاف سطح التربة وعدم تعرض الثمار للأعفان، وعدم زيادة الرطوبة الجوية (على خلاف ما يحدث فى طرق الرى الأخرى)،

الأمر الذى يقلل من الإصابة بالأمراض؛ مثل مرض البياض الزغبى فى الخس (Scherm & van Bruggen ١٩٩٥).

٧- كذلك يساعد بقاء سطح التربة جافًا على منع فقد الماء بالتبخر السطحى، كما يقل تزهر الأملاح على سطح التربة، وتقل الحاجة إلى عملية غسيل الأملاح مع كل رية.

٨- تنعدم مشكلة تكَوُّن القشور crusts على سطح التربة.

٩- تزداد كفاءة عملية تبخير التربة بالمبيدات عند إضافتها عن طريق الشبكة تحت السطحية مع الرى السطحى فى آن واحد؛ ليكوّن الماء السطحى عازلاً أمام انطلاق الأبخرة فى الهواء الجوى (عن Phene وآخرين ١٩٨٧).

١٠- يحتاج النظام إلى ضغط أقل — وبالتالى إلى طاقة أقل — لتشغيله مقارنة بنظام الرى السطحى بالتنقيط.

وفى دراسة على الطماطم وجد Bogle وآخرون (١٩٨٩) أن الرى تحت السطحى بالتنقيط أدى إلى زيادة المحصول الصالح للتسويق بنسبة ٢٢٪ مقارنة بالرى السطحى.

ومن أهم مشاكل استعمال هذا النظام فى الرى ما يلى:

١- ضرورة تسوية التربة قبل إقامة شبكة الرى.

٢- ضرورة استعمال مرشحات للماء عالية الكفاءة مع صيانتها يوميًّا.

٣- صعوبة إنبات بذور الخضر عندما تكون خراطيم الرى عميقة؛ الأمر الذى يعنى إما الزراعة بالشتل، وإما وضع الخراطيم على عمق ٥ سم فقط، ثم الترديم عليها بنحو ٢٠-٢٥ سم أخرى بعد الإنبات. ويمكن أن يجرى الترديم على مرتين أثناء العزيق.

الرى تحت السطحى

فى طريقة الرى تحت السطحى Subsurface Irrigation يتم توصيل الماء إلى الطبقات السفلى من التربة بواسطة أنابيب خاصة، كتلك المستخدمة فى الصرف المغطى. وتكون

أنابيب الرى الفرعية على عمق ٤٥ سم، وبسمك ٧,٥ سم، وعلى بعد ٧م من بعضها البعض، وبانحدار ٣ سم كل ٤٠م.

وعندما يكون مستوى الماء الأرضى قريبًا من سطح التربة يكون من الممكن إجراء الرى تحت السطحى بإقامة مصارف مكشوفة رئيسية وفرعية يمكن بواسطتها تصريف الماء الزائد، أو إمداد الحقل بالماء؛ بحيث يظل مستوى الماء الأرضى على مسافة ٣٠–٦٠ سم من جذور النباتات التى تصل إليها الرطوبة بالخاصية الشعرية. كما يمكن أيضًا تصريف الماء الأرضى الزائد، والرى بأنابيب واحدة تثبت فى التربة على المستوى المرغوب؛ بحيث يظل الماء الأرضى على بعد ٣٠–٦٠ سم من جذور النباتات.

ويوفر الرى تحت السطحى حوالى ٨٦٪ من مياه الرى التى يمكن أن تستعمل مع الرى بالرش، ويقلل كثيرًا من فقد الأسمدة مع مياه الرى؛ حيث يقل كثيرًا فقد الماء بالرشح فى حالة الرى تحت السطحى. وقد أحدث الرى تحت السطحى زيادة كبيرة فى نمو بادرات الطماطم والخس مقارنة بالرى بالرش (Ahmed وآخرون ٢٠٠٠).

الشروط اللازمة توافرها لنجاح الرى تحت السطحى

١– أن تكون الأرض منبسطة تمامًا؛ أو يوجد بها انحدار بسيط منتظم.

٢– ألا تكون طبقة تحت التربة شديدة المسامية، وألاّ توجد طبقة صَمَّاء قريبة من سطح التربة.

٣– أن تتوفر طبقة صَمَّاء من الطين أو الصخر على عمق ٩٠–١٥٠ سم تحت سطح التربة.

٤– أن تتوفر طبقة من الرمل الخشن بعمق ٣٠ سم أو أكثر أعلى هذه الطبقة الصماء.

٥– أن تكون التربة السطحية رملية طميية، فلا تكون عالية المسامية، ولا شديدة الاندماج؛ وبالتالى تسمح بنفاذ الماء اللازم للرى بالخاصية الشعرية.

مزايا وعيوب الرى تحت السطحى

من أهم مزايا الرى تحت السطحى ما يلى:

١– تجانس توزيع الماء فى أنحاء الحقل.

٢– بقاء الطبقة السطحية للتربة جافة، وتوقف فقد الماء بالتبخر السطحى.

٣- عدم تعجن التربة، وعدم تكَوُّن قشور صلبة crusts على سطحها.

لكن يعيب طريقة الرى تحت السطحى ما يلى:

تتجمع الأملاح على سطح التربة؛ الأمر الذى يستدعى التخلص منها من آن لآخر بالرى السطحى.

٢- تحتاج إلى كمية كبيرة من ماء الرى.

٣- لا تنجح هذه الطريقة عندما تكون طبقة تحت التربة عالية المسامية، أو عند وجود طبقة صماء hard pan قريبة من سطح التربة (عن Thompson & Kelly ١٩٥٧).

مقارنة عامة بين مختلف طرق الرى

تتباين مختلف طرق الرى فى مزاياها وعيوبها، ونقدم فى جدول (١٦-١٢) مقارنة عامة بين طرق الرى بالغمر (غمر أحواض الزراعة)، والرى السطحى عبر قنوات الخطوط، والرى بالرش، والرى بالتنقيط فى عدد من الأمور الهامة.

جدول (١٦-١٢): مقارنة بين مختلف طرق الرى (عن Palti ١٩٨١).

وجه المقارنة	الرى بالغمر	الرى عبر قنوات الخطوط	الرى بالرش	الرى بالتنقيط
سطح التربة المبتل (٪)	٨٠-٩٠	٣٠-٥٠	١٠٠	٢٠-٣٠(أ)
تكلفة شبكة الرى	منخفضة	منخفضة	عالية نسبيًا	عالية جدًا
تكلفة العَمالة	منخفضة إلى متوسطة	عالية	منخفضة	منخفضة
استهلاك المياه	متوسط إلى عالى	متوسط إلى عالى	متوسط	منخفض
الصلاحية للأراضى غير المستوية	غير صالحة	صعب	ممكن مع بعض الصعوبة	لا توجد مشاكل
تأثير الرياح على تجانس الرى	معدوم	معدوم	شديد	معدوم
إمكانية استخدام المياه الملحية	ممكنة	محدودة	محدودة (احتراقات) ممكنة	ممكنة
ابتلال النمو الخضرى عند الرى	قليل	قليل أو معدوم	شديد	معدوم
ابتلال تاج النبات (الجذع عند سطح التربة)	يحدث	لا يحدث	يحدث	يحدث
الانتشار السطحى لمسببات الأمراض مع الماء	يمتد فى كل الحقل	على امتداد الخطوط	محدود	معدوم
الانتشار السطحى لمسببات الأمراض مع الرذاذ	قليل أو معدوم	معدوم	كثير	معدوم
غسيل جراثيم الأمراض من على النمو النباتى	معدوم	معدوم	شائع	معدوم
التأثير على مرور الآلات الزراعية	لابد من جفاف التربة قبل مرور أية آلات عليها	معدوم		
غسيل مياه الرى للمبيدات المرشوشة	معدوم	معدوم	يحدث بدرجات مختلفة	معدوم

(أ) تنطبق هذه النسبة عندما تكون الزراعة فى خطوط تبعد عن بعضها بمقدار ١٠٠-١٥٠ سم.

هذا .. ويمكن من خلال شبكات الرى بالتنقيط والرش بكافة أنواعها تنفيذ عدد من معاملات الخدمة الزراعية دون عناء يذكر؛ وأبرزها معاملة التسميد، والتى يطلق عليها — حينئذٍ — اسم فرتجة. وتعرف جميع معاملات إضافة المركبات الكيميائية مع ماء الرى باسم chemigation.

وتتضمن هذه المعاملات، ما يلى:

المعاملة	الاسم الإنجليزى للمعاملة
إضافة الأسمدة	**Fertigation**
إضافة مبيدات الحشائش	**Herbigation**
إضافة المبيدات الفطرية	**Fumigation**
إضافة المبيدات الحشرية	**Insectigation**
إضافة المبيدات النيماتودية	**Nemagation**

هذا .. ويفضِّل Burt وآخرون (١٩٩٥) مزايا وعيوب ومحاذير كل من تلك المعاملات وأكثر طرق الرى مناسبة لها.

ولمزيد من التفاصيل العملية المتعلقة بطرق الرى .. يراجع Southorn (١٩٩٧).

المقننات المائية

المقنن المائى Consumptive Use لمحصول ما هو كمية الماء الكلية التى يحتاج إليها المحصول من وقت زراعة البذرة إلى الحصاد، وتشمل الماء المفقود بالنتح وبالتبخير، وكذلك الجزء الذى يستخدم فى بناء أنسجة النبات، الذى لا يتعدى ١٪ من الاحتياجات المائية الكلية.

هذا .. ويطلق على الماء المفقود بالنتح اسم "ماء النتح" transpiration، وعلى الجزء المفقود بالتبخر من سطح التربة "ماء التبخر" evaporation.

ويتخذ التبخر السطحى Pan Evaporation (أو Ep) أساسًا لقياس النتح والتبخر معًا (النتح التبخرى) Evapotranspiration (ET) لكل محصول على حدة؛ نظرًا لأن قيمة