



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة ديالى – كلية الزراعة

قسم علوم التربة والموارد المائية

تقانات انظمة ري

إعداد

أ.د. محمد علي عبود

للعام الدراسي (2021- 2022)

الفصل الدراسي الأول

مقدمة عن الري

من أجل أن تنمو النباتات وتزدهر لا بد من إضافة الماء لها فهو يساهم في العمليات الفسلجية للنبات فضلاً عن انه مذيب للعناصر الغذائية وواسطة نقلها، لذا وفي المناطق الجافة وشبه الجافة وحتى شبه الرطبة، وكذا الحال في الزراعة المغطاة والتسميد بالمحاليل يُلتجأ الى عملية الري، فمفهوم الري يعني إضافة الماء للتربة بقصد إمدادها بالرطوبة اللازمة لنمو النبات. أو أن مفهوم الري هو إضافة الماء حصراً للتربة لغرض زراعي، ويظروف مثالية فأن النبات يستفيد من الرطوبة الموجودة في التربة من الشدود الواقعة بين 0.3 بار والمسماة بالسعة الحقلية و15 بار والمسماة بنقطة الذبول الدائم.

أما أغراضه فقد عرف **Israelsen and Hansen** الري بأنه إضافة الماء للتربة لتحقيق أي من الأغراض التالية:

- ١- تجهيز التربة بالرطوبة اللازمة لنمو النبات.
- ٢- تأمين المحصول ضد فترات الجفاف القصيرة المدى.
- ٣- ترطيب التربة والجو المحيط بها وتهيئة ظروف مناخية أكثر ملائمة لنمو النبات.
- ٤- غسل أو تخفيف تراكيز الأملاح في المنطقة الجذرية.
- ٥- تقليل خطورة تصلب القشرة السطحية للتربة.
- ٦- تسهيل العمليات الزراعية المختلفة لخدمة المحصول.

كما ان للري فوائد أخرى يمكن ان تُجمل في

- ١- تبريد التربة والنبات.
- ٢- السيطرة على تعرية التربة أو التقليل منها.
- ٣- إمكانية استخدام الري لإضافة الأسمدة والمبيدات.
- ٤- حماية النبات من الإجماد.

مصادر المياه في الطبيعة تنأتى من:

- ١- ماء السقيط .precipitation.
- ٢- المياه السطحية Surface water.
- ٣- المياه الجوفية Under ground water.

يمكن توضيح دورة الماء في الطبيعة Hydrological cycle بالمعادلة التالية

$$P + I = ET + R + \Delta W + Dp + In \dots\dots\dots I$$

When P = precipitation, ET = Evapotranspiration, R = Rain off, ΔW = Storage water in soil, Dp = Deep percolation, In = Infiltration

أما مصادر المياه في العراق فهي:

- ١- مياه الأمطار.
- ٢- الثلوج.
- ٣- مياه دجلة والفرات وروافدهما.
- ٤- مياه البحيرات والأهوار.
- ٥- المياه الأرضية والجوفية.

مفاهيم تهتم نظم الري:

- ١- الري التكميلي: هو دعم مياه الأمطار التي لا تكفي لاستكمال الموسم أو التي يتعرض فيها النبات لفترة جفاف بين مطرتين. أفضل نظام للري التكميلي هو نظام الري بالرش للمحاصيل ونظام الري بالتنقيط لمحاصيل الأشجار والخضر.
- ٢- الاستهلاك المائي **Consumptive use**: كمية المياه التي يستهلكها نظام النبات (النبات والتربة والبيئة المحيطة)، وتشمل هذه كمية ما يستهلكه النبات بالنتج وكمية المياه المفقودة بالتبخر والمستعملة في بناء أنسجة النبات، ولما كانت كمية المياه المستعملة في بناء خلايا النبات تقدر 1% فيمكن القول إن الاستهلاك المائي يساوي التبخر-نتج. وللاستهلاك المائي أهمية لمعرفة التصميم المناسب لنظام توصيل الماء وجدولة الري في المشاريع الزراعية . $CU \approx ET$
- ٣- الاستهلاك المائي الموسمي **Consumptive Seasonal use**: مجموع كمية الماء المستهلك بالتبخر نتج في المساحة المزروعة خلال الموسم الزراعي ويعبر عنه كعمق ماء.
- ٤- أقصى استهلاك مائي: هي المدة التي يكون فيها الاستهلاك المائي اليومي عند حدوده القصوى.
- ٥- ذروة الاستهلاك المائي أو الاستهلاك المائي التصميمي: هو أعلى استهلاك مائي خلال مدة أسبوع إلى أسبوعين ضمن الموسم الزراعي لمحصول معين أو مجموعة محاصيل مزروعة في موسم واحد ضمن الحقل الواحد.
- ٦- الاحتياج المائي **Water Requirement**: هو كمية الماء اللازمة لنمو المحصول نمواً طبيعياً لمدة معينة وتحت ظروف الحقل. بعبارة أخرى هو الاستهلاك المائي مضافاً لها الضائعات المائية.
- ٧- مدة الري أو فاصلة الري: وهي عدد الأيام بين ريتين وتحسب من
مدة الري بالأيام = (الرطوبة عند السعة الحقلية - الرطوبة عند الري) \ أعلى استنزاف للماء
- ٨- زمن الري: هو الزمن اللازم لإضافة كمية محددة من الماء خلال رية واحدة.
- ٩- كفاءة الري: النسبة المئوية لكمية الماء الممسوكة في المنطقة الجذرية إلى الكمية الكلية الواصلة للحقل.
- ١٠- كفاية الري: مقياس يعبر عن مدى كفاية الريّة المعطاة لحاجة النبات.
- ١١- تناسق الإرواء: العامل المحدد الذي يحدد كفاءة الإرواء عند أي كفاية إرواء.
- ١٢- الغيض: دخول الماء في التربة من سطحها ويحدث في كافة الاتجاهات إلا أن الغيض العمودي هو الشائع في أكثر دول العالم. أو هو عملية دخول الماء بشكل أحادي البعد نحو الأسفل بفعل الجاذبية الأرضية.

١٣- **التشرب:** دخول الماء إلى التربة من خلال المحيط المبتل ويحدث في أكثر من اتجاه وهذه العملية أكثر تعقيداً من الغيظ وهي عملية ثنائية البعد نحو الأسفل بفعل الجاذبية الأرضية وأفقياً بفعل الشد الهيكلي.

١٤- **معدل الغيظ الأساس:** تلك القيمة على منحني معدل الغيظ التي يكون فيها التغيير في معدل الغيظ خلال ساعة واحدة لا يزيد عن 10%.

١٥- **زمن فرصة الغيظ:** هو زمن وجود الماء عند أي نقطة على امتداد مضمار الري السطحي ويسمى أيضاً بزمن فرصة التشرب.

١٦- **البزل Drainage:** هو تخليص التربة من المياه الزائدة الناتجة من الأمطار أو الري أو غسل الأملاح طبيعياً أو صناعياً من سطح الأرض وكذلك المياه الأرضية ذات المستوى العالي بوسائل مختلفة لجعلها صالحة للاستعمالات الزراعية وغير الزراعية.

ان **التوسع الأفقي للري** يعني زيادة مساحة الأراضي المروية وأطوال قنوات الري بينما **التوسع العمودي للري** يعني زيادة إنتاجية وحدة المساحة. ان هذا التوسع يحتاج الى حسابات لتصميم شبكات ونظم الري والتي ستكون محور اهتمام الفصل الدراسي الحالي.

شبكات الري Irrigation Net work

عادة ما يكون للماء المستخدم في الري من مصادر سطحية كالأنهر والبحيرات أو من مصادر جوفية كالأبار والعيون لذا فهي بحاجة الى نوعين من شبكات التوزيع هما:

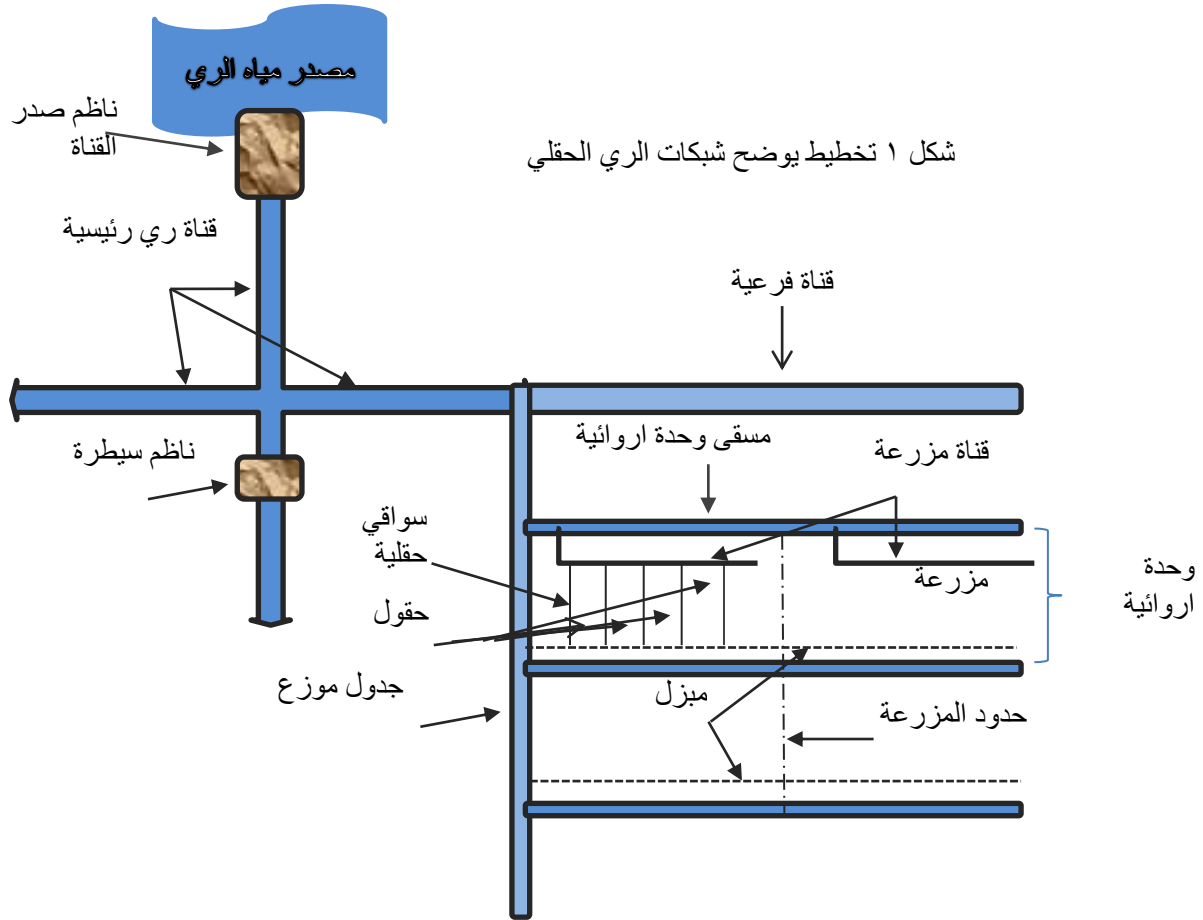
شبكة التوزيع الرئيسية Major Distribution Network

وهذه الشبكة تعمل على **تحويل ونقل** المياه من المصدر بواسطة القنوات أو الأنابيب الرئيسية الى القنوات أو الأنابيب الثانوية كما موضحة في الشكل أدناه

شبكة التوزيع الثانوية Minor Distribution Network

يكون معظم شبكات التوزيع الثانوية على مستوى الوحدات الاروائية والتي تشمل المزارع والحقول، وتعمل على تحويل ونقل الماء مكن الجداول الموزعة إلى مساقى الوحدات الاروائية التي تنتهي بالسواقي الحقلية،

ان كلا الشبكتين يجب ان تحتوي على وسائل قياس الجريان والسيطرة عليه، وعندما يكون المشروع صغيراً قد تنتقي الحاجة الى شبكة التوزيع الرئيسية، ان تحويل المياه من المصدر إلى الشبكة قد يكون بفعل جهد الجاذبية الأرضي أو الرفع بواسطة المضخات، أما نقل المياه فقد يكون بقنوات مفتوحة مبطنة أو غير مبطنة وقد تكون معلقة أو غير معلقة اعتماداً على نوع التربة المنشأ عليها قناة الري، أو بالأنابيب ذات الضغط العالي أو الواطئ وقد يكون النقل جزئياً بالأنابيب اعتماداً على الكلفة المخصصة للمشروع. ان نجاح واستمرارية أي مشروع إروائي يعتمد على جودة وحسن تصميم وتنفيذ وتشغيل وصيانة نظام الري.



الوحدات الأروائية The Irrigation Units

مجموع المزارع التي تُجهز بالماء من مسقى واحد مشترك يُزود بالماء من جدول موزع وكما موضح في الشكل أعلاه، على ان تحدد مساحة وأبعاد الوحدة الأروائية بما يضمن

١- التشغيل الكفؤ لنظام الري. ٢- التشغيل الكفؤ للمكانن الزراعية ٣- السيطرة على توزيع المياه ٤- الملائمة مع خصائص ومخططات الشبكة، كطول المبزل الحقلي المناسب والفاصلة بين المبازل المجمعة.

يفضل الشكل المستطيل للوحدات الأروائية كونه يلائم ويسهل أعمال المكننة وغيرها، فضلاً سهولة التخطيط والتنفيذ.

المزرعة The Farm

مجموعة من الحقول، تعتمد مساحاتها على نوع وطبيعة إدارتها، تعتمد المساحة المناسبة للمزرعة على

أ-الكثافة الزراعية. ب-توفر المكننة. ج-كمية الماء المتوفرة. د-طريقة الري المتبعة. ه-نسجة التربة. و-الطوبوغرافية ومتطلبات التسوية والتعديل. ز-كلفة الإنشاء ومستوى الطموح.

بشكل عام فإن 7.5 هكتار للمزرعة تعد مساحة مناسبة.

الحقل The Field

وهو جزء من المزرعة يكون مخصصاً لزراعة محصول معين اعتماداً على الدورة الزراعية، وإن أقصى طول للحقل أساساً يعتمد على أبعاد المزرعة نفسها.

الري الحقلية On-Farm Irrigation

ونعني به جميع الأعمال التي تتضمن نقل الماء من المصدر الى المزرعة، توزيع الماء على المزارع وحقولها، تسليط الماء على مضامير الري، قياس وتنظيم جريان الماء في النظام.

طرق الإرواء Water Application Methods

تبدأ عملية الري من تحويل الماء من الساقية الحقلية الى مضمار الري، ان عدم استغلال الماء بشكل جيد في الحقل قد يؤدي الى أضرار بالغة، وان ضائعات الماء في شبكة النقل قليل نسبياً بضائعات الري رغم عدم الاستهانة بضائعات النقل، وباي حال من الأحوال فإن الري الحقلية ينقسم الى:

أ- الري السطحي (الجذبي) Surface (Gravity) Irrigation وهو إما أن يكون كروي شريطي أو ري بالمرور أو ري حوضي.

ب- الري بالرش Sprinkler Irrigation وهو على نوعين إما ري بالرش الثابت أو ري بالرش المتحرك.
ت- الري بالتنقيط Drop Irrigation وهو أما ان يكون ري كامل المنطقة الجذرية أو ري بالتنقيط الجزئي.

ث- الري تحت السطحي Sub Surface Irrigation وأما ان يكون الري بهذه الطريقة طبيعياً كما يحدث بري بساتين النخيل المتاخمة لسطح العرب يتسرب ماء الشط جوفياً الى المزارع، أو عندما يساهم الماء الأرضي بكل أو بجزء من ماء الري، أو ان يكون صناعياً كالري بالنضح كما استخدم الحديثي وآخرون ٢٠٠٤ الأواني الفخارية (الثَّنْجَة) لهذا الغرض، وبراءة الاختراع للنعمي وآخرون ٢٠١٠، تصميم ناضحات ماء إسمنتية.

أسس تصميم نظام ري حقلية Basic of Farm irrigation System Design

لتصميم نظام ري حقلية، لابد من التوفيق بين خصائص كل من "الحالة الفيزيائية" وهنا يجب استحضار كل المعلومات الخاصة بالمناخ والتربة والطوبوغرافية ومواقع الأنهر والجداول والأبنية

وغيرها، و"الحالة الاقتصادية" وهنا يجب تحديد كلف الإنتاج من بذور وأسمدة ومبيدات... الخ ومنافذ التسويق وكلف الطاقة وتوفر الأيدي العاملة وكلفتها، فضلاً عن كلف التصميم والتنفيذ ومواده،

البيانات اللازمة للتصميم Required Design Data

يتضمن تقييم الحالة الفيزيائية والاقتصادية العناصر الآتية:

- ١- المناخ: وتأخذ بيانات درجات الحرارة، الرطوبة النسبية، الرياح، الإشعاع الشمسي، ولعدد كبير من السنوات الماضية، لغرض تقدير كميات المياه اللازمة للري.
- ٢- المحصول: وبياناته تشمل مساحة المحصول أو مجموعة المحاصيل وأنواعها، ومدى ملائمة كل منها للمناخ السائد والتربة والعمليات الزراعية المتوفرة، وكذلك تشمل مواعيد الزراعة ومواسمها والعمق الفعال للمنطقة الجذرية.
- ٣- التربة: وتشمل بيانات التوزيع المساحي لأنواع التربة (خريطة التربة)، وخصائص غيضاها وقابليتها على حفظ الماء، وعمقها وملوحتها ومتطلبات البزل والغسل وقابلية التربة على التعرية.
- ٤- تجهيز الماء: ضرورة تحديد موقع مصادر المياه، ومناسيب سطح الماء في المصدر وهيدرولوجية مصدر الماء، وكمية ونوعية واستدامة الماء، ومدى صلاحيته للري.
- ٥- مصدر الطاقة: وتشمل استمرارية ونوع وموقع مصدر أو مصادر الطاقة.
- ٦- التخصيصات المالية المخصصة للمشروع وتوفر الأيدي العاملة ومهارتها.
- ٧- الأرض: وهنا من الضروري توفر خريطة طوبوغرافية مؤشراً عليها مواقع الطرق والوديان والمنشآت وغيرها.

تقييم مصدر المياه Evaluation of water Supply Source.

ان تحديد استدامة مصادر مياه الري، من المستلزمات الأساسية لنجاح مشاريع الري، وهذا يتطلب دراسة مفصلة للجوانب الهيدرولوجية والنوعية والقانونية لمصدر الماء، ومن الضروري تحديد لتصرف المعتمد الذي يمكن لمصدر الماء ان يجهزه على مدار السنة، فضلاً عن تحديد نوعية وصلاحية الماء للري.

تحديد احتياج الري اليومي Design Daily Irrigation Requirement

تُحدد معادلات التبخر-نتح ونتائج دراسات الاستهلاك المائي للمحاصيل المختلفة احتياجاتها اليومية من المياه، ولعدة سنوات لعناصر المناخ المختلفة، وهذا الاحتياج يتحدد على عدة عوامل منها، المناخ، نوع المحصول، نوع التربة، وإدارة المزرعة.

تقييم نظام الري الحقل Farm Irrigation System Performance

لمعرفة فعالية النظام ومدى حُسن استغلال المياه للري ومرونة النظام تجاه التغيرات الطارئة في التشغيل والإدارة، يجب ان تكون لدينا معلومات عن معايير عدة منها

١- **كفاءة النقل E_c** : كمية الماء الواصلة إلى الحقل نسبة إلى كمية المياه الصادرة من المصدر ويعبر عنها كنسبة مئوية.

$$E_c = (W_f / W_d) 100 \quad \dots\dots\dots 2$$

وتعبر W_f عن كمية الماء الواصل إلى الحقل كحجم أو عمق مكافئ و W_d تعبر عن كمية الماء المستلم من المصدر.

٢- **كفاءة الإرواء E_a** : المعيار الأساسي لتقييم طريقة الري وتمثل نسبة الماء المخزون في المنطقة الجذرية إلى كمية الماء الواصلة إلى الحقل ويعبر عنها كنسبة مئوية.

$$E_a = (W_s / W_f) 100 \quad \dots\dots\dots 3$$

وتعبر W_s عن كمية الماء المخزونة في المنطقة الجذرية.

٣- **كفاءة توزيع ماء الري E_d** : حصول المساحة المرورية على نفس عمق الماء المضاف.

$$E_d = 100 \times (1 - (\bar{y} / \bar{d})) \quad \dots\dots\dots 4$$

وتعبر \bar{d} عن معدل عمق الماء المخزون في المنطقة الجذرية و \bar{y} متوسط الانحراف عن معدل عمق الماء المخزون في التربة.

يعبر عن كفاءة التوزيع بمعامل التناسق والذي يستعمل كمقياس لدرجة التناسق المتحصل عليها بالري بالرش.

$$C_u = 100 [1 - (\sum \chi / mn)] \quad \dots\dots\dots 5$$

حيث إن C_u معامل التناسق % و m معدل قيم المشاهدات و n عدد المشاهدات و χ انحراف قيم المشاهدات عن متوسط معدل الإضافة.

٤- **كفاءة استعمال الماء E_u** : كمية الماء المستفاد منها في المشروع إلى كمية الماء الواصلة إلى الحقل بعبارة أخرى حاصل النبات مقسومة على كمية الماء المضافة فعلاً للحقل.

$$E_u = Y / ET \quad \dots\dots\dots 6$$

وتعبر Y عن إنتاج المحصول و ET التبخر نتح (أو الاستهلاك المائي)

٥- **كفاءة خزن الماء E_s** : كمية الماء المخزونة في منطقة الجذور خلال الري. ويعبر عنها كنسبة مئوية

$$E_s = (W_s / W_n) 100 \quad \dots\dots\dots 7$$

W_n كمية الماء التي تحتاجها المنطقة الجذرية في الري الواحدة.

٦- **الكفاءة العامة**: مصطلح مرتبط بالإنتاجية.

ان تصميم أي نظام سواءً كان نظام ري أو غيره لا بد للمصمم ان يمتلك معلومات أساسية تفيد في التصميم مثال ذلك لو أراد أحدهم ان يصمم شبكاً فعليه ان يعرف رغبة صاحب الطلب ثم يوفق بين الطلب وبين المتطلبات العلمية منها مدى تأثير المحيط بالعواصف والأتربة ومدى إمكانية الشباك لحفظ الطاقة داخل الغرفة أو المنشأ وإمكانية التهوية وتعريض المنشأ لأشعة الشمس عند الحاجة، وغيرها من المؤثرات والعوامل وبالنهاية على المصمم ان يوفق بين التكلفة وجودة المواد المستخدمة فضلاً عن ان التصميم يجب ان يكون مرناً قابلاً للتحديث والصيانة.

العوامل الأساسية لتصميم نظام الري الحقل

تشمل عوامل التصميم الأساس جمع البيانات والمعلومات عن المناخ، التربة، الأرض، المحصول ومياه الري نوعيتها ومصادرها... ليس شرطاً ان تتوفر كل البيانات وانما يجب قياس بعضها حقلياً أو مختبرياً وأدناه تفصيل هذه العوامل.

1- الاستهلاك المائي (CU) Consumptive Use

كمية المياه التي يستهلكها نظام النبات (النبات والتربة والبيئة المحيطة)، وتشمل هذه كمية ما يستهلكه النبات بالنتج وكمية المياه المفقودة بالتبخير وكمية المياه المستعملة في بناء أنسجة النبات، عملياً ولما كانت كمية المياه المستعملة في بناء خلايا النبات تقدر 1% فيمكن القول إن الاستهلاك المائي يساوي التبخر-نتج. وللاستهلاك المائي أهمية لمعرفة التصميم المناسب لنظام توصيل الماء وجدولة الري في المشاريع الزراعية .

$$CU \approx ET$$

يقدر الاستهلاك المائي عادة بوحدات عمق مياه لكل مدة زمنية مثل، مم. يوم⁻¹، سم. موسم⁻¹، م. سنة⁻¹، الخ. ان مصطلح الاستهلاك المائي التصميمي أو ذروة الاستهلاك المائي وهو أعلى معدل للاستهلاك المائي يصل اليه النبات المزروع خلال مدة أسبوع-أسبوعين لموسم زراعي واحد. ويجب ان يُصمم نظام الري الحقل في ضوء الاستهلاك المائي التصميمي حصراً، ومن المفضل اختيار محاصيل تزرع في الموسم نفسه بحيث ليس لهذه المحاصيل نفس ذروة الاستهلاك المائي (مثلاً قد يكون محصول فستق الحقل ذو استهلاك مائي بحدود 1200 مم. موسم⁻¹ ومحصول الذرة الصفراء بحدود 600 مم. موسم⁻¹ يزرع فستق الحقل لموسم واحد من الشهر الرابع إلى الشهر العاشر، بينما الذرة الصفراء من يزرع بنفس المدة ولكن بعروتين، فتحصل ذروة الاستهلاك لفستق الحقل في أسبوع ضمن نفس المدة بشكل أعلى من الذرة الصفراء).

الاستهلاك المائي الموسمي راجع المحاضرة الأولى

2- التربة Soil

تعرف التربة بتعاريف متعددة كما مر على الطالب في مواد الدراسة السابقة، اما عند تصميم نظم الري فان التربة هي الجزء الذي ينشأ عليه نظام الري الحقلي من جهة ومن جهة أخرى، فإن التربة وكما مر سابقاً في فيزياء التربة فهي تتكون من ثلاث أوجه هي الواجهة الصلب والسائل والغازي، وان الجزء الصلب يعمل على تثبيت النبات ومخزناً للعناصر الغذائية وبه قوى التماسك والتلاصق وقوى الشد التي تمسك الماء، اما الوجه السائل والغازي فهو يتأثر باي حال من الأحوال بنسجة التربة Soil texture وبنائها Soil structure، أي الترتيب الهندسي لدقائق التربة وبالتالي سعة ونسبة المسام في التربة ستتأثر بالجزء الصلب، وهنا يجب ان تكون كمية الماء الممسوكة في التربة متوازنة مع كمية الهواء لمنع اختناق الجذور وسهولة التبادل الغازي بين التربة والهواء الجوي، وبأكبر سعة حفظ للماء ممكنة.

يتأثر ماء التربة بقوتين رئيسيتين هما الأولى قوة الجذب الأرضي التي تعمل لتحريك الماء إلى الأسفل وهذه القوة تكون ملحوظة في بداية عملية الري وخلالها وعند نزول المطر، ان الماء المتحرك إلى الأسفل (وغالبيته يتحرك أسفل المنطقة الجذرية)، يسمى بماء الجذب الأرضي (ماء البزل، أو الصرف)، ويسبب سرعة نزوله إلى الأسفل فإن النبات لا يتمكن من الاستفادة منه، اما الثانية فهي قوة الشد الشعري (جهد الهيكل)، ويسمى هذا الماء بالماء الشعري (أو الماء الممسوك شعرياً) Capillary Water وهذا الماء متيسر للنبات وبإمكانه امتصاصه عندما يكون ضمن شذوذ قياسية بين 330 كيلو باسكال (السعة الحقلية Field Capacity, FC) كحد أعلى و 1500 كيلو باسكال (نقطة الذبول الدائم permanent Wilting Point, PWP) كحد أدنى، ويسمى بالماء الجاهز أو المتيسر للنبات Available water, AW (وهاتين النقطتين مقيسة على رطوبة التربة بعد 12-24 ساعة من الاشباع وذبول نبات زهرة الشمس Sun Flower)، يعبر عن الماء الجاهز للنبات بدلالة العمق المكافئ للماء المتيسر لكل وحدة عمق تربة ويمثل سعة التربة لحفظ الماء Water Holding Capacity وعليه

$$AW = FC - PWP \quad (cm_{water} \cdot Cm^{-1}soil) \dots\dots\dots 8$$

ولقياس الشد عند النقطتين أو غيرها راجع مادة فيزياء التربة العملي للمرحلة الثالثة. مع ذلك قد تتوفر جداول نموذجية في حال تعذر قياسها مع التنبيه ان القياس أفضل ويجعلك في الجانب الأمين من الخطأ.

نسجة التربة	سعة حفظ الماء، مم ماء. مم ⁻¹ تربة	نسجة التربة	سعة حفظ الماء، مم ماء. مم ⁻¹ تربة
رملية	0.4 - 0.9	مزيجة، مزيجة غرينية	1.7 - 2.3
رملية مزيجة	0.6 - 1.2	مزيجة طينية ومزيجة طينية غرينية	1.4 - 2.1
مزيجة رملية	1.1 - 1.5	طينية غرينية وطينية	1.3 - 1.8

3- فاصلة الري وعمق الارواء Irrigation Interval and Irrigation Depth

تتناقل كتب الري بشكل عام سؤالاً من شقين كم متى نروي؟ وكم نضيف من الماء؟ أي نحتاج إلى توقيت للري وكمية ماء الري المضاف، وهنا فإن الإجابة على السؤالين (وهما سؤالين لا يجب ان تكون الإجابة عليهما كل على حدا) يجب ان تحاط علماً بمعرفة كمية الماء المتيسر، الاستهلاك المائي، نوع وعمر المحصول، كفاءة طريقة الري، ونوعية المنتج.....الخ.

يعتمد عمق الري في أي رية على النقص الحاصل في الماء الجاهز، تجري عملية الري بعد استنزاف نسبة معينة من الماء الجاهز اعتماداً على نوع المحصول وفترة نمو المحصول خلال الموسم ومدد توفر وتوزيع الماء (نظام المرافشة) ونوع المنتج (يتضمن ذلك صفات المنتج الصحية وكذلك التسويقية) فقد يؤدي الاجهاد المائي للنبات إلى عدم تجانس امتصاص العناصر الكيميائية في التربة وبالتالي تكون المنتجات ضارة بالصحة، مع ذلك فان نسبة استنزاف ما بين 40-60% من الماء الجاهز تعد مقبولة لأغلب المحاصيل. ويحسب عمق الماء المتيسر الكلي AWD من المعادلة ادناه

$$AWD = RZD * WHC \dots\dots\dots 9$$

إذ ان WHC سعة حفظ التربة للماء، وحدة عمق ماء. وحدة عمق تربة¹⁻ (مم. سم¹⁻) و RZD عمق المنطقة الجذرية لتلك الريه، سم

عند اخذ نسبة الاستنزاف عند الري بنظر الاعتبار فان عمق الري I (كما يرد في بعض المصادر) أو صافي عمق الري Net Depth of Irrigation، NDI المفترض أن يضاف في تلك الريه سيكون،

$$NDI = RZD * WHC * \rho\beta \dots\dots\dots 10$$

$$Or \text{ in some references } d = (FC - PWP) * D * \rho\beta$$

إذ إن d ، NDI صافي عمق الري، سم و $\rho\beta$ كثافة التربة الظاهرية و D عمق المنطقة الجذرية الفعالة، سم.

يتوقف العمق الفعال للمنطقة الجذرية RZD على نوع المحصول، عمق التربة المزروعة، مدى توفر الرطوبة في التربة. ويتغير العمق الفعال لجذر المحصول الواحد خلال الموسم مع عمر النبات، الجدول ادناه يمثل الحد الأقصى لهذا للعمق الفعال لمحاصيل مختلفة وعادة ما يكون في مرحلة التزهير من عمر المحصول. تعتمد فاصلة الري (الفترة الزمنية بين ريتين متتاليتين) على صافي عمق الري ومعدل الاستهلاك المائي للمحصول الذي يؤخذ عادة ما يعادل ذروة الاستهلاك المائي عند تصميم سعة شبكة الري الحقلي،

$$II = NDI / CU \dots\dots\dots 11$$

إذ إن II فاصلة الري Irrigation Interval، يوم و CU الاستهلاك المائي اليومي، مم. يوم¹⁻

المحصول	العمق، سم	المحصول	العمق، سم	المحصول	العمق، سم
الجب	180-90	العصفر	180-90	الكروم	180-75
الفاصوليا	90-50	الحبوب	150-60	البنجر	125-60
الحمضيات	150-120	الباذنجان	120-60	البصل	75-30
الفطن	170-75	البقول	125-50	البطاطا	75-30
الخيار	125-75	الذرة	160-75	الطماطم	100-40
الفاكهة النفطية	200-100	الزيتون	150-100	المراعي	100-60
فول الصويا	125-60	قصب السكر	180-75	التبغ	60-30

يعتمد تكرار الري Irrigation Frequency في موسم النمو نفسه على مرحلة النمو وقابلية التربة على حفظ الماء، فخلال مرحلة الانبات يجب ان لا يتعرض النبات إلى اجهاد مائي، هذا من جهة ومن جهة أخرى وعندما تكون هنالك تصلب سطحي فان تكرار الري في هذه المرحلة يقلل من مقاومة التربة للاختراق وبالتالي تقليل نسب فشل الانبات. بشكل عام يزداد تكرار الري وتقل فاصلة الارواء تدريجياً خلال موسم النمو الخضري لحين الوصول إلى مرحلة التزهير إذ نصل إلى ذروة الاستهلاك المائي. بعد مرحلة الاثمار تقل الحاجة للماء فتزداد فاصلة الري ويقل تكرار الري. يُصمم نظام الري الحقلي على أساس مدة ذروة الاستهلاك المائي حينما يكون صافي عمق الري عند أقصاه.

إن كمية الماء التي يجب أن تضاف لرية واحدة لا تمثل صافي عمق الري فقط، وإنما يجب أن تأخذ الضائعات المائية في نظام الري الحقلي بنظر الاعتبار، كضائعات السيح Run off والتخلل العميق deep percolation عند الري السطحي وضائعات التبخر عند الري بالرش، وهذا ما يطلق عليه بأجمالي عمق الري، مم $GDI(mm)$ ، Grass Depth Irrigation ويحسب من المعادلة أدناه

$$GDI = NDI/E \quad \dots\dots\dots 12 \quad \text{إذ إن } E \text{ كفاءة الارواء}$$

4- كفاءة وكفاية وتناسق الري Efficiency, adequacy and Uniformity Irrigation

الشكل أدناه، يوضح العلاقة بين كفاءة وكفاية وتناسق الري، إذ يمثل ab سطح مضمار الري سواءً كان مضمار الري مرزاً أو لوحاً أو حوضاً، ag عمق تربة مضمار الري بينما تمثل od صافي عمق الري، ميل الخط cf يمثل درجة تناسق الإرواء، وهنا على المشرف على عملية الري إن يعمل جاهداً لتقليل ميل الخط فكلما كان أقرب لخط الأفق كانت درجة تناسق الري أعلى، وبالتالي تقل كمية الماء المتخلل عميقاً والمحصورة في مساحة المثلث def وقلت كمية الماء المنقوص المحصورة بالمثلث cdk، إن كل من نقص أو فرط الري يؤثران

سلبياً في إنتاجية المحصول، إن الشكل أدناه يلاحظ أنه عندما يعطى صافي عمق الري فقط سيكون نصف المضمار تقريباً يأخذ اقل من كمية الماء الواجب إضافته،

لذا يجب أن تحدد كفاية الإرواء التي توازن بين زيادة الإنتاجية وقيمة الماء المهدور (بما في ذلك كلف نقله وكلف وقود الضخ وغيرها) وضائعات التخلل العميق، في هذه الحالة نعمل على زيادة عمق الري من op إلى od وسيكون تناسق الإرواء هنا عند خط الميل gi ، إن زيادة كفاية الإرواء لتغطي صافي عمق ري NDI عند 75% من مسافة مضمار الري ستزيد من ضائعات التخلل العميق والمحصورة بالمثلث geh بدلاً من المثلث def ، إن زيادة كمية الماء المهدورة ستزيد من كلفة الماء المضاف وبنفس الوقت ستزيد من الإنتاج، فعندما تكون يكون الربح من زيادة الإنتاج مساوياً أو اقل من كلف الماء المضاف لا يفضل في هذه الحالة هدر المياه والاحتفاظ بالجهد والماء لعمليات زراعية أخرى.

إن الماء المخزون ضمن عمق المنطقة الجذرية الفعال عندما تكون كفاية الإرواء 50% ستمثل في المساحة $abcde$ وعندما تصبح الكفاية 75% ستمثل بالمساحة $abihe$ ، بشكل عام تقل كفاءة الري بزيادة كفايته عند ثبات تناسق الري. ولكي تكون كفاءة الارواء ذات معنى فلا بد ان تقرر بكفاية الارواء ويحدد ذلك (كفاءة الارواء عند أي كفاية ارواء) هو تناسق الري UC ، Uniformity Coefficient، % UC أو قد يسمى بكفاءة توزيع الماء وبحسب من المعادلة أدناه

$$UC = (1 - (y/R)) * 100 \dots\dots\dots 13$$

إذ إن y معدل الانحرافات المطلقة لإعماق الري الداخلة للتربة عن معدل عمق الري الداخل للتربة، مم أو سم و R معدل عمق الري الداخل للتربة، مم أو سم.

يمكن الحصول على تناسق الإرواء بطريقة أخرى ومن الشكل أدناه فعند زيادة عمق الري إلى op سيمثل gi تناسق الإرواء، فمعدل الانحرافات الموجبة ستكون gq 0.5 لنصف المساحة التي تمثل الري الزائد، أو gq 0.25 لكل المساحة، بينما معدل الانحرافات السالبة هو ri 0.5 للمساحة ذات الري الأقل من op أو 0.25 ri 4

$$y = 0.25 ri + 0.25 gq = 0.5 ri = 0.5 gq \dots\dots\dots 14$$

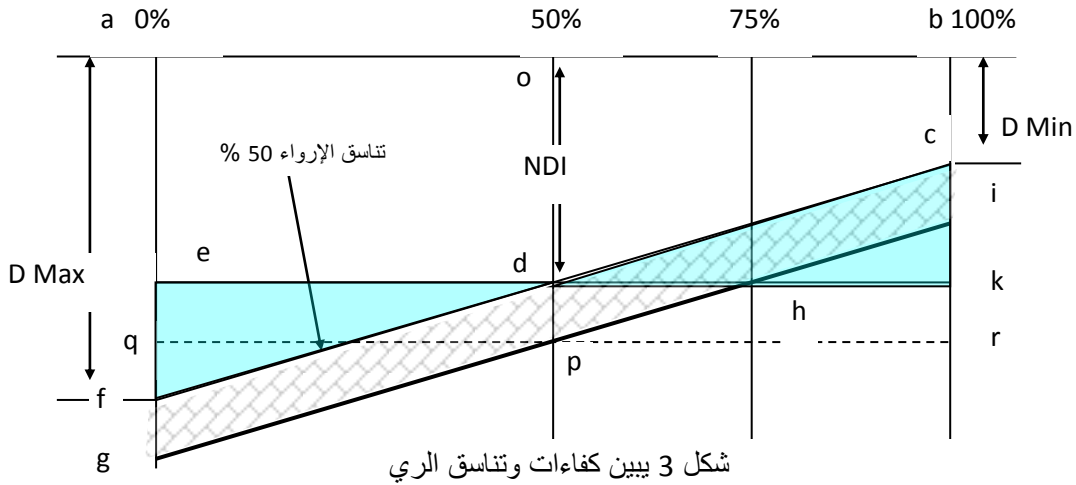
نعوض gq بـ ri لأن $gq=ri$ في المعادلة 1 فنحصل على

$$UC = (1 - (0.5 ri/op)) * 100 \dots\dots\dots 15$$

وعندما يكون S هو ميل الخط gi فإن ri 0.5 s

لذا فالمعادلة 1 تصبح بالصيغة أدناه

$$UC = (1 - (0.25 S/op) * 100 \dots\dots\dots 16$$

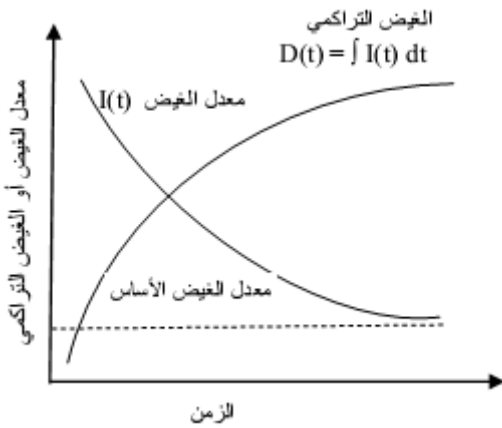


شكل 3 يبين كفاءات وتناسق الري

في المعادلة 3 كلما قل ميل خط توزيع الماء بالنسبة لخط الأفق زادت درجة تناسق توزيع ماء الري والعكس صحيح.

5- غيض الماء في التربة Water Infiltration Into Soil

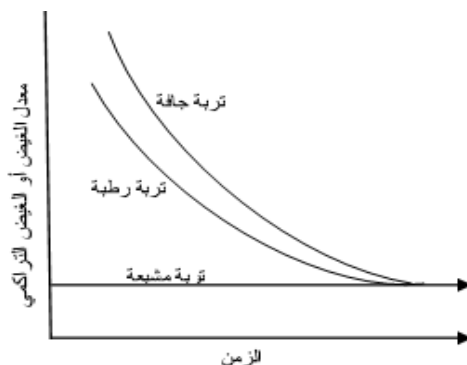
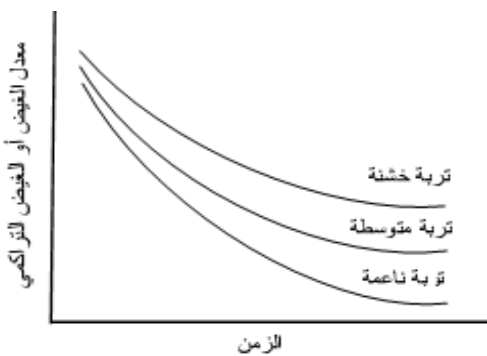
الغيض هو دخول الماء في التربة من خلال سطحها، يحصل الغيض في جميع الاتجاهات الا ان الغيض العمودي نحو الأسفل الأكثر شيوعاً في الري، تؤثر في الغيض قوتي الشد الشعري بسبب قوى تلاحق جزيئات الماء بأسطح حبيبات التربة، وقوة الجذب الأرضي نحو الأسفل، عند الري بالمرور سيكون دخول الماء في التربة من خلال سطحها بأكثر من اتجاه لأن شكل المرز غير مستوي (قطع مكافئ) في هذه الحالة يسمى الغيض بالتشرب Intake.



شكل 4 العلاقة بين الغيض والزمن

يقل معدل الغيض مع الزمن عند الاستمرار بعملية الغيض في تربة عميقة متجانسة النسيجة والبناء لها محتوى رطوبة ابتدائي منتظم ويعلوها عمود ماء بعمق معين بسبب تناقص الانحدار الهيدروليكي عند سطح التربة بشكل أساسي أو بسبب انغلاق سطح التربة وتكون القشرة السطحية كما في الشكل.

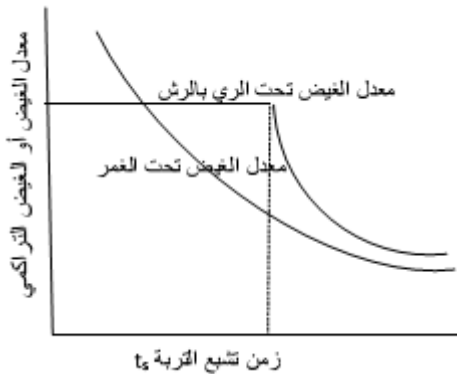
إذا استمرت عملية الغيض لفترة طويلة فان معدل الغيض يقترب من قيمة ثابتة مع الزمن تسمى بمعدل الغيض الأساس Basic



شكل 5 تأثير المحتوى الرطوبي الابتدائي في معدل الغيض شكل 6 تأثير نسيجة التربة في معدل الغيض

infiltration rate (قيمة ≈ الاصلية المائية) ان قيم الغيض هي من ستحدد في تصميم نظم الري إضافة الماء بواسطة الري بالرش كي لا تحدث ضائعات بالسيح السطحي، وكذلك فان تحديد أفضل طول للمرز والشريط على قيم الغيض. يعد الغيض صفة غير ثابتة للتربة كونه يتأثر بخصائص التربة، محتوى التربة الرطوبي الابتدائي، معدل إضافة الماء، وجود القشرة السطحية، انغلاق سطح التربة، انحباس الهواء في مسامات التربة (تكون الفقاعات) وخصائص الماء الفيزيائية والكيميائية. ويؤثر كل من نسجة التربة وبنائها التي تؤثران بدورهما في نسبة وحجم مسام التربة وكما يوضحهما الشكلين أدناه:

من الأخطاء الشائعة التي يرتكبها المهندسون في تصميم نظم الري اعتماد معدل غيض فُيس بمحتوى رطوبي ابتدائي يختلف عن المحتوى الرطوبي الابتدائي الذي ستكون عليه التربة عند أو اثناء الري بعد تنفيذ المشروع وتشغيله، ويعتمد المحتوى الرطوبي الابتدائي الذي يؤخذ لغرض التصميم عند نسبة الاستفاد الرطوبي الذي سيتم عنده الري (40-60% من الماء الجاهز)، طريقة الري نفسها تؤثر في معدل الغيض فعند الري بالغمر فان التربة تمتص الماء بأقصى معدل ممكن تسمى حينئذ بسعة الغيض infiltration capacity. في حين تحت الري بالرش فإن التربة تمتص الماء بمعدل يساوي معدل رش الماء الواصل لسطح التربة، أي ان



شكل 7 سلوك الغيض تحت الغمر والري

الغيض باي حال من الأحوال لا يمكن أن يزيد عن شدة الرش، ولكن بعدة مدة زمنية معينة تعتمد على نسجة التربة وشدة الرش تصبح سعة الغيض مساوية لشدة الرش. ثم تصبح سعة الغيض أقل من شدة الرش مما يؤدي إلى السيح السطحي لتجمع الماء على سطح التربة، ويوضح الشكل المجاور منحنيات الغيض تحت الري بالغمر والرش، اما عند الري بالتقطيط فان الماء يجهز بكمية تقل كثيراً عن سعة الغيض وبالتالي فمن النادر مالم يكن هناك أخطاء تشغيلية ان يحدث السيح السطحي.

معدل الغيض الأساس يصنفه البعض بانه من صفات التربة التي تعكس نسجتها وبنائها وهو مهم في تصاميم نظم الري خاصةً الري بالرش، ويعرف بانه تلك القيمة على منحنى معدل الغيض التي عندها يكون التغير في معدل الغيض خلال ساعة واحدة لا يزيد عن 10%. ومنه يمكن تخمين معدل الغيض الأساس بحساب زمن الغيض الأساس T_b وفق المعادلة أدناه،

$$T_b = \frac{1}{600 n} \dots\dots\dots 17$$

نسجة التربة معدل الغيض الأساس، مم. ساعة⁻¹ نسجة التربة معدل الغيض الأساس، مم. ساعة⁻¹

7.6	مزيجة طينية	12.2	مزيجة رملية ناعمة	ثم تعوض
5.1	طينية غرينية	10.2	مزيجة غرينية	
3.8	طينية	8.9	مزيجة طينية غرينية	

قيمة T_b في معادلة معدل الغيض $I = kt^n$ بدلاً من t لحساب قيمة I والتي تمثل في هذه الحالة معدل الغيض الأساس. والجدول أدناه يوضح قيم معدل الغيض الأساس لترب مختلفة النسجة.

الري السطحي Surface Irrigation

يعد الري السطحي من أقدم وواسع طرق الري المستخدمة في مختلف انحاء العالم لكلفته الواثئة وملائمته للترب المنبسطة ذات الميل أو الميول المنتظمة، عند وفرة المياه فالري السطحي ملائم لأراضي المناطق الوسطى والجنوبية من العراق. تطور مفهوم الري السطحي من الري السطحي غير الموجه إلى الري بالغمر الموجه بصيغة الري الكلي كالري الشرطي والحوضي، والجزئي كري المروز، ولا تزال أكثر من 75% من المساحات المروية تروى بهذه الطريقة.

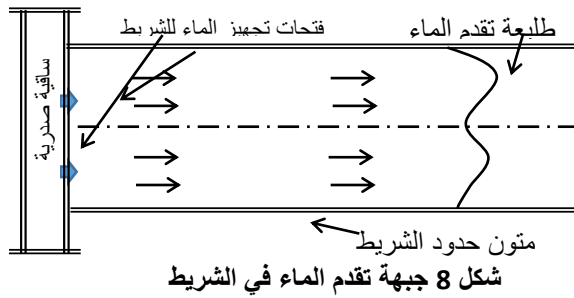
آلية الري السطحي Mechanism of surface Irrigation

إن عنوان الفقرة يدل على إن الري السطحي يستخدم سطح التربة، وربما الأرض في بعض الأحيان لنقل وإضافة الماء للنبات، لذا فغمر سطح التربة بالماء أو جريانه عليها هو ما يحصل عند الري السطحي، وهذا يتطلب السيطرة على حدود جريان الماء وتحديد الألوام (الري الشريطي) أو المروز أو الاحواض، فمن المهم إضافة عمق الماء المطلوب لكامل المساحة بما يضمن سد الاحتياجات المائية بكفاءة وكفاية وتناسق ري عالية.

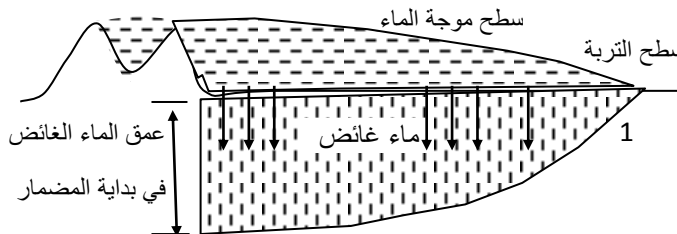
إن ما يميز الري السطحي عن باقي طرائق الري هو

- 1- إن الماء ينقل على سطح التربة مباشرة ولكل مضمار الري.
- 2- لا بد من تسليط الماء من أعلى نقطة ومن جانب الحقل من ساقية صدرية أو أنبوب.
- 3- يتحرك الماء وفقاً لجهد الجذب الأرضي من نقطة دخول الماء وباتجاه الانحدار بفعل الفرق بين شحنتي ضغط الماء المضاف بين بداية ونهاية مضمار الري.

يتحرك الماء عند فتحة من المصدر بشكل جريان سطحي ضحل، ففي حالة الري السطحي الشريطي، يتحرك الماء على كامل عرض الشريط الذي ينبغي ان يكون ذو استواء عرضي أمثل ليكون تصريف الماء متساوياً لكل وحدة عرض من الشريط، يتقدم الماء على كامل عرض الشريط بشكل جهة مائية محددة كما في الشكل 8.



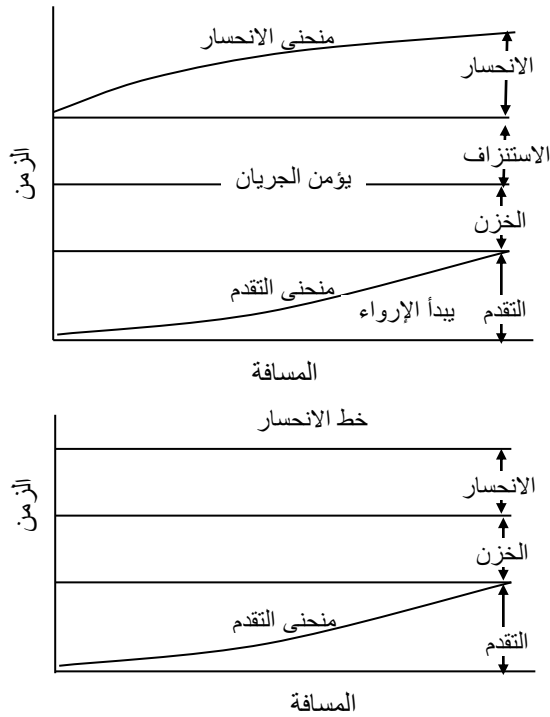
يزداد معدل وعمق الجريان تدريجياً مع الزمن عند أي نقطة على امتداد مضمار الري عند ثبات التصريف الداخلي، من جهة أخرى يقل معدل الجريان عند أي زمن على امتداد المسافة أدنى المضمار. إن سرعة تقدم جبهة الماء تقل مع الزمن والمسافة بسبب زيادة



مساحة سطح التربة المغطى بالماء، يستمر الجريان حتى تصل جبهة تقدم الماء إلى نهاية مضمار الري (شريط أو مروز) ويسمى هذا الجزء من الري ب**طور التقدم Advance phase**. في نهاية طور التقدم وعند وصول الماء إلى نهاية المضمار يبدأ الماء بالخروج كسيح سطحي من النهاية الدنيا، عندما تكون مفتوحة أو يتجمع كخزن سطحي داخل المضمار عندما تصمم له نهاية مسدودة، بعد مرور بعض الوقت، كما مبين في الشكل 10.

لا يشترط ظهور جميع الأطوار بدرجة واضحة ففي الغالب يتم إيقاف الجريان الداخل قبل وصول جبهة الماء إلى 80% من المضمار، عندها لا يكون هناك **طور خزن**. كما قد لا يظهر **طور الانحسار** بالمفهوم الموضح أعلاه عند الري الحوضي ويصبح منحنى الانحسار كخط مستقيم. كذلك الحال في الألواح المستوية قد ينحسر الماء في وقت واحد (أو فرق زمني ضئيل جداً) ويختفي من سطح التربة بنفس الوقت تقريباً وعندها لا يحصل **طور خزن** ويبدأ **طور الانحسار** مباشرة بعد إيقاف تجهيز الماء خصوصاً في التربة ذات النفاذية العالية.

يعد **طور التقدم** طوراً مهماً في تصميم وأداء نظام الري ولا بد من حصوله في نظام الري السطحي،



شكل 10 اطوار الماء في الري السطحي

في التربة الرملية يلجأ المصمم إلى عدة تحويلات لتقليل كمية الماء المفقودة بالتخلل العميق:

- 1- زيادة التصريف المعطى كي يتقدم الماء إلى نهاية المضمار بأقل مدة زمنية ممكنة.
- 2- تقليل طول المضمار إلا إن ذلك يتطلب كلف إضافية لزيادة عدد السواقي والكتوف والايدي العاملة فضلاً عن خسارة جزء من الأرض.

يقبل تقدم الماء اثناء طور التقدم نتيجة لانخفاض التصريف المعطى في بداية المضمار، وانخفاض الانحدار أو كون المضمار مستوياً، وارتفاع معدل الغيظ، وزيادة خشونة سطح التربة، وزيادة طول مضمار الري، وكذلك زيادة مساحة المقطع العرضي.

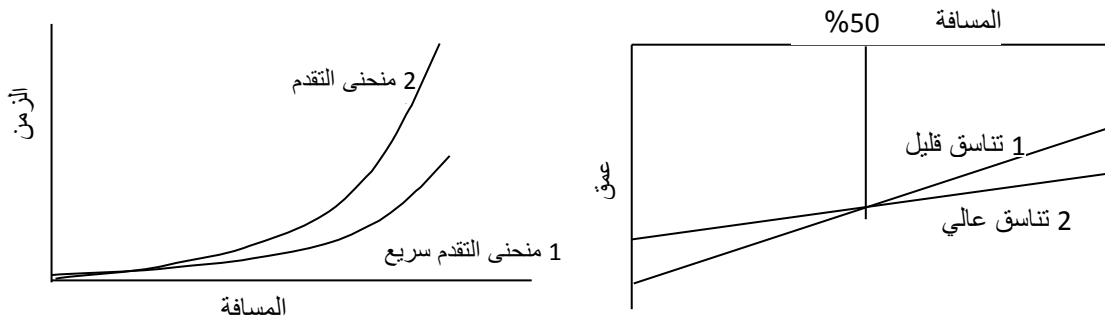
لذا لابد من معرفة العوامل الأساسية المؤثرة في طور التقدم نظراً لأهميته في تصاميم الري السطحي. ومن هذه العوامل الأساس التي تبطئ معدل التقدم أو تزيد زمن طور التقدم هي

1- قلة معدل الجريان الداخل للمضمار. 2- ميل المضمار قليل أو منبسط أو منفذ بشكل غير دقيق.

3- معدل غيظ الماء عالي. 4- خشونة سطح المضمار عالية.

5- زيادة طول المضمار. 6- زيادة مساحة المقطع العرضي للجريان كما هو الحال في ري المروز.

في حالتها تناسق ري عالي واخر واطى سيكون منحني التقدم كما في الشكل 11. فعند ثبوت بقية العوامل وقل التصريف الداخل فان منحني التقدم سيتغير من الحالة 1 إلى الحالة 2، كما إن للمحتوى الرطوبي الابتدائي تأثيراً مهماً في معدل الغيظ، فرتوية تربة ابتدائية عالية ستقلل من غيظ الماء في التربة فتزداد سرعة تقدم الماء

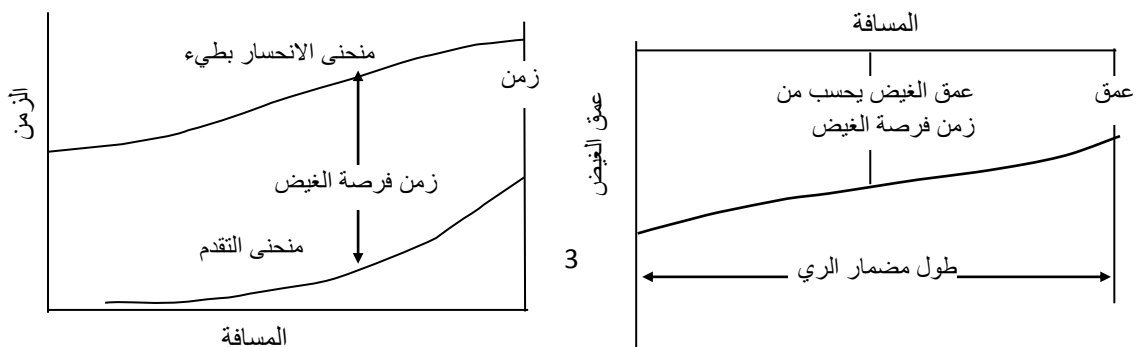


شكل 11 منحنيات تقدم الماء وفقاً لتناسق الري

فيتأثر منحني التقدم والانحسار.

زمن فرصة الغيظ وعمق الري Infiltration Opportunity time and Application Depth

يتضح من تحليل عملية الري السطحي إن زمن وجود الماء عند أي نقطة على امتداد مضمار الري السطحي يعتمد على وقت وصول الماء إلى تلك النقطة ووقت اختفائه منها، إن زمن وجود الماء يسمى بزمن

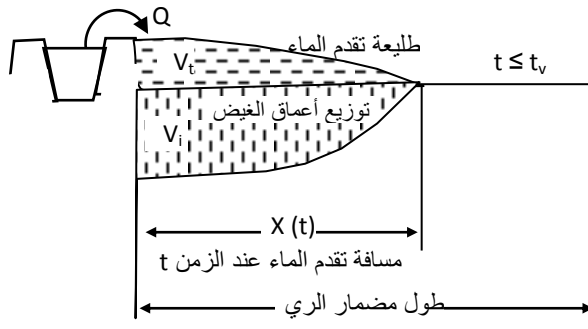


شكل 12 شكل يبين زمن فرصة الغيظ

فرصة الغيض أو التشرب وهو المسافة العمودية المحصورة بين منحنى التقدم ومنحنى الانحسار. ومن الواضح إن هذه الزمن يمثل زمن غيض الماء والذي يحدد بدوره عمق الغيض أو عمق الري عند تلك النقطة، أي انه كلما كان منحني التقدم والانحسار أقرب إلى التوازي ازداد تناسق الارواء وكفاء توزيع الماء على امتداد طول المضمار.

الموازنة المائية في الري السطحي

تستخدم مفاهيم ونماذج رياضية لتحديد موقع تقدم جبهة الماء على سطح التربة أو توزيع أعماق الغيض داخل التربة، كما تحدد منحنى الانحسار وتقييم تناسق وكفاءة الري. تساعد هذه النماذج المصمم في اختيار التصريف المناسب وطول المضمار والميل وغيرها من عناصر التصميم كما إنها تساعد في تقييم تأثير عوامل التصميم على أداء نظام الري.



شكل 13 آلية عمل الري السطحي

تعتمد آلية عمل الري السطحي على مبدأ حفظ الكتلة أو الزخم والطاقة، يستخدم نماذج مبسطة شائعة الاستعمال في المجال التطبيقي للري السطحي، يعتمد مفهوم حفظ الكتلة ويعرف بمفهوم الموازنة المائية أو الحجمية ويستخدم في تصميم الري الشريطي المائل أو المستوي وفي ري الأحواض والمروزر. وان ايسط نموذج رياضي كما في المعادلة 18.

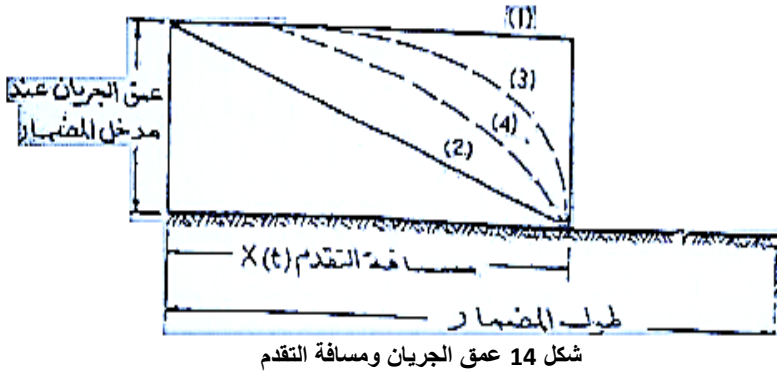
$$Q \cdot t = v_f + v_i \quad (t \leq T_v) \dots\dots\dots 18$$

يتغير عمق الماء السطحي (عمق الجريان)، مع المسافة حيث يكون عادة عند أقصاه في بداية المضمار بينما تكون جبهة تقدم الماء تساوي صفراً، وهكذا فإن مساحة مقطع الماء العرضي للجريان يتناقص مع المسافة. لهذا يمكن حساب حجم الماء السطحي من تكامل المساحة على مدى مسافة التقدم x عند الزمن t .

$$V_f = \int_0^{x(t)} A(s, t) ds = \bar{A}x = 0.77 A_o x \quad \dots\dots\dots 19$$

إذ إن x مسافة التقدم عند الزمن t_x و $A(s, t)$ مساحة المقطع العرضي للجريان عند المسافة s للزمن t و S ، المسافة من مدخل المضمار و t الزمن منذ بداية الري \bar{A} معدل مساحة المقطع العرضي للجريان السطحي على مدى مسافة التقدم x و A_o مساحة المقطع العرضي للجريان عند مدخل المضمار.

عمق أو مساحة المقطع العرضي للجريان السطحي



إن عمق أو مساحة المقطع العرضي للجريان السطحي عند أي مسافة يتغير مع الزمن لذا فإن A تعتمد على المسافة s والزمن t ، لذا يمكن تخمين عمق الجريان في بداية الجريان ومساحة الجريان A_0 باستخدام معادلة مانتك بعد معرفة الشكل الهندسي للمقطع العرضي. إن أفضل

تقريب لهذا الشكل هو المثلث (أي تغير خطي لعمق الجريان مع المسافة) كحد أدنى أو مستطيل (عمق الجريان الثابت) كحد أعلى كما في الشكل أدناه، فقيمة الثابت تساوي 1 عندما يكون الشكل الطولي للجريان مستطيلاً بينما تكون قيمته 0.5 عندما يكون مثلثاً بينما تكون قيمته 0.75 - 0.80 لبقية الاشكال فهي كمعدل 0.77.

أما حجم ماء الغيظ V_i فيحسب من المعادلة 20

$$V_i = W \int_0^{x(t)} D(s, tx - ts) ds \quad \dots\dots 20$$

إذ إن W العرض المميز لمضمار الري و t_x زمن تقدم الماء للمسافة X و s المسافة من مدخل المضمار و t_s زمن التقدم للمسافة s و D دالة الغيظ.

يمكن حساب حجم ماء الغيظ V_i من المعادلة 3، بافتراض شكل هندسي لتوزيع أعماق الغيظ داخل التربة على امتداد مسافة التقدم كما في الشكل 6.

$$V_i = W.F.D(0, t_x).X \quad \dots\dots 21$$

إذ أن F معامل الشكل تحت السطحي، و $(0, t_x)$ عمق الغيظ في مدخل المضمار عند الزمن t_x ، تعتمد قيمة F على الشكل الهندسي لتوزيع عمق الغيظ على امتداد مسافة التقدم ويمكن أن يعالج بنفس أسلوب معامل الشكل تحت السطحي، وبذلك يمكن أن تصبح المعادلة رقم 21 بصيغة المعادلة رقم 22.

$$Q.t = 0.77 A_0 x + W.F.D(0, t_x).X \quad \dots\dots 22$$

ويمكن من المعادلة 22 تخمين قيمة مسافة التقدم X عند أي زمن t ، وقد وجد من تجارب ميدانية والبيانات الحقلية إن العلاقة بين مسافة التقدم والزمن هي علاقة لوغاريتمية، وقد اتفقت معظم لنتائج على انه يمكن التعبير عن مسافة التقدم بدلالة الزمن وفق المعادلة الاسية رقم 23.

$$X = at^b \quad \dots\dots 23$$

إذ إن a و b ثوابت وضعية تقوم بنفس أساليب تقويم ثوابت الغيظ.

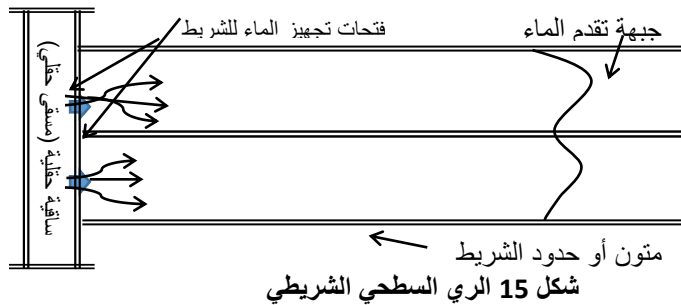
بسم الله الرحمن الرحيم

نظم الري السطحي Surface Irrigation systems

إن نظم الري السطحي يمكن تصنيفها بشكل عام إلى، الري الشريطي، وري المروز، والغمر الطليق أو الحر. ولكل نظام من هذه الأنظمة أساليب مختلفة حقلياً، فمثلاً يقسم ري المروز إلى أ- نظام المروز المستقيمة المنحدرة ب- نظام مروز الكفاف ج- نظام المروز المتعرجة د- نظم ري السطور. إلا أن كل الأساليب أعلاه لها نفس المعالم الفيزيائية والخواص الهيدروليكية، وكذا الحال فأن للري الشريطي والحوضي أساليب متعددة.

الري الشريطي Border Irrigation

يقسم الحقل في ري الشريطي إلى شرائط متعددة طويلة ومتوازية يتراوح عرضها ما بين 3-30 م بسداد ترابية dikes أو متون ridses ويسقى كل شريط على حدة. يتراوح طول الشريط بين 100-800 م حسب نوع التربة وطول الحقل والميل الطولي والتصريف المتوافر للري. تُجهز الشرائط بماء الري من ساقية حقلية في أعلى الحقل وعادة ما تكون الساقية عمودية على الشرائط وكما في الشكل 15، ويجب مراعاة الإلغاء التام للميل العرضي cross slope للشريط لأنه يسبب تراكم وتخزين الماء وجريانه في الجانب الواطئ من الشريط، وبالتالي سوء تناسق الري وحت وانجراف التربة والمتون. أما الاتحدار الطولي باتجاه الري Irrigation slope فيجب ان يكون مناسباً ومنظماً.



يُجهز كل شريط بتيار مناسب من الماء من نهايته العليا وينتشر الماء على عرض الشريط وينساب فوق سطح الشريط باتجاه ميله الطولي على شكل طبقة رقيقة متجانسة محصورة بين متني الشريط، وهكذا تستمر عملية الري حسب العمق المطلوب في تلك الري، أما الميل الطولي للشريط (ميل الري) فيفضل أن يكون أقل من 0.5%

ويحدد كل من نسجة التربة ونوع المحصول (وكثافته) الميل الطولي المناسب للشريط، فعندما يكون المحصول غير مرجي (كثيف) كالجت والحنطة والشعير مثلاً، لا تستخدم مع هذه المحاصيل ميولاً أكثر من 2%، ولكن يمكن ان يصل الميل إلى 4% إذا كان المحصول مرجي (كثيف) كالعشب والدخن والذرة البيضاء، فالمحاصيل الكثيفة تزيد من خشونة السطح الهيدروليكية وتقلل سرعة الجريان وتزيد عمقه لنفس التصريف.

تصلح طريقة الري الشريطي لأغلب الترب وخاصة ذات معدلات الغيض المتوسطة، ولا ينصح باستخدامها في الترب خشنة النسجة ذات معدلات الغيض العالية، بسبب المحددات الشديدة على التصميم كقصر طول الشريط وزيادة فواقد التخلل العميق. كما لا ينصح استخدام هذه الطريقة في الترب الثقيلة ذات معدلات الغيض الواطئة، بسبب

صعوبة اكمال الري بعمق الري المطلوب وزيادة فواقد السيح السطحي. وعندما يُراد معالجة فواقد السيح بتقليل التصريف الداخلى فإن التصريف يصبح صغيراً بالدرجة التي لا يمكن لجبهة الماء ان تصل إلى نهاية الشريط.

يتطلب الري الشريطي عمق تربة زراعية وطوبوغرافية مناسبة يسمحان بعمليات التدرج والتسوية المعقولة، كما يجب ان يكون تصريف الماء الداخلى لكل وحدة عرض من الشريط مناسباً يكفي لانتشار الماء على عرض وامتداد الشريط، ويصلح الري الشريطي المحاصيل المتقاربة النمو كمحاصيل الحبوب والأعلاف والجت والبرسيم والبقوليات، ولكنه لا يصلح لري الخضر بصورة عامة والمحاصيل التي تحتاج فترات غمر طويلة كمحصول الرز.

على الرغم من المزايا الكثيرة للري الشريطي كسهولة وقلة تكاليف الإنشاء والتشغيل، وإمكانية استعمال المكننة الزراعية بسهولة، إلا أن هناك الكثير من المعوقات والتحديات لهذه الطريقة منها:

1- قد لا تسمح تضاريس الحقل وعمق التربة الزراعية بإجراء عمليات تدرج وتسوية مناسبة ومعقولة التكاليف.

2- عدم توفر تصريف تيار بالقدر الكافي لري شريط بمسافة مناسبة ومقبولة من الناحية العملية.

3- صعوبة تحقيق ريات خفيفة يقل عمقها عن 50 مم بكفاءة مقبولة.

تصميم الري الشريطي Border Irrigation Design

الأبعاد الكبيرة التي يحتاجها الري الشريطي يتطلب مراعاة عوامل التصميم كالانحدار والتصريف ومهارة عالية بالتنفيذ، لذا يتطلب التصميم معلومات أساسية كعمق ماء الري في الريّة الواحدة، طوبوغرافية وشكل ومساحة الحقل، خصائص المحصول من حيث نوع النظام الجذري وعمق المنطقة الجذرية وطول موسم النمو، نوع التربة من حيث سعة حفظ التربة للماء والماء الجاهز وخصائص الغيض وعمق التربة، المناخ والاستهلاك المائي التصميمي، خشونة السطح (لتحديد التصريف الأعلى حسب معادلة Manning).

فرضيات التصميم Design Assumption

تعد خاصية الغيض infiltration وتغيره مع الزمن من اهم عوامل تصميم أنظمة الري الشريطي لأنها تحدد الزمن الفعلي اللازم لامتصاص كامل عمق الريّة (زمن فرصة الغيض) إن صفة الغيض هي دالة للزمن وتعتمد على نوع التربة والرطوبة الابتدائية وتنضيد التربة (الطباقية). لذا زمن فرصة الغيض يعتمد على فرضيتين الأولى، إن الزمن الفعلي لفترة بقاء الماء في بداية الشريط (زمن الغيض) يساوي الزمن اللازم لامتصاص صافي عمق الري NDI.

$$T_i = T_a + T_L = T_n \quad \dots\dots\dots 24$$

إذ أن T_i زمن فرصة الغيض في بداية الشريط، و T_a زمن الري وهو زمن فتح الماء وجريانه داخل الشريط و T_n و T_L الزمن الكلي كي تمتص التربة صافي عمق الري.

الفرضية الثانية هي إن زمن تخلف الانحسار هو المدة الزمنية بين لحظة قطع أو إيقاف الجريان الداخل للشريط ولحظة اختفاء الماء تماماً في نقطة بداية الشريط وحسب المعادلة 25.

$$T_L = d^2 / 1200 Q_u S_i \quad \dots\dots\dots 25$$

إذ إن d عمق الجريان في بداية الشريط (سم)، و Q_u معدل الجريان لكل وحدة عرض من الشريط لتر. (ثا. م⁻¹)¹⁻ و S_i ميل الري (كسر عشري).

إذا كان انحدار الشريط (ميل الري) كبيراً نسبياً فإن عمق الجريان d في بداية الشريط يقترب من العمق الاعتيادي normal depth للجريان أو يبلغه بعدة مدة قصيرة من التقدم وبالتالي يمكن حسابه من المعادلة 26 (معادلة ماننك).

$$Q_u = (1/n) R^{2/3} A S_i^{1/2} \quad \dots\dots\dots 26$$

حيث أن A المساحة المائية للمقطع (العرض l م * عمق الجريان d) و R نصف القطر الهيدروليكي (المساحة المائية المحيط المبثل p) وهو يساوي أيضاً d .

يعتبر المقطع العرضي لكامل عرض الشريط قناة مفتوحة عريضة wide open channel وذلك لان نسبة عرض المقطع المائي إلى عمق الجريان كبير ويحسب من المعادلة 27.

$$A = w*d, p = w+2d, R = A/p$$

$$R = \frac{W*d}{W+2d} \Rightarrow R = \frac{\frac{w}{w}d}{\frac{w}{w} + \frac{2d}{w}} \Rightarrow R = \frac{d}{1 + 2\frac{d}{w}} \quad \dots\dots\dots 27$$

إذ إن W عرض الشريط

عندما يكون W أكبر من d فإن النسبة d على W تصبح صغيرة ويمكن إهمالها وبالتالي يصبح $R \approx d$ بموجب المعادلة 27. وبالتعويض عن قيمتي A و R في المعادلة 26 يمكن حساب عمق الجريان الاعتيادي من المعادلة 28 أو 29، مع ملاحظة إن التصريف بوحدات لتر. (ثا.م⁻¹)¹⁻.

$$Q_u = (1/n) d^{2/3} (w*d) S_i^{1/2} \Rightarrow Q_u = (1/n) d^{2/3} (1*d) S_i^{1/2}, (w=1m) \Rightarrow Q_u = (1/n) d^{2/3 + 3/3} S_i^{1/2},$$

$$nQ_u = d^{5/3} S^{0.5} \Rightarrow d = \sqrt[3/5]{nQ_u / S^{0.5}} \Rightarrow d = \frac{nQ_u^{(3/5)}}{S^{(1/2) * (3/5)}}$$

$$\therefore d_{(cm)} = (100(nQ_u / 1000)^{0.6}) / S_i^{0.3} \quad \dots\dots\dots 28$$

$$d_{(m)} = (1.585(nQ_u)^{0.6}) / S_i^{0.3} \quad \dots\dots\dots 29$$

إن زمن فتح الماء على الشريط T_a يعتمد على انحدار الشريط وكما في المعادلة 30 و 31.

$$T_a = T_n \quad (S_i > 0.40\%) \quad \dots\dots\dots 30$$

$$T_a = T_n - T_L \quad (S_i \leq 0.40\%) \quad \dots\dots\dots 31$$

أما معامل ماننك فيستخرج من الجدول أدناه

n	المحصول وحالة السطح	n	المحصول وحالة السطح
0.15	الجت والمحاصيل المماثلة ومحاصيل الحبوب نثراً	0.04	أسطح ترب جرداء ناعمة
0.25	المحاصيل المرجية الكثيفة أو محاصيل البذار بصفوف عمودية على الاتجاه الطولي للشريط	0.10	محاصيل الحبوب، صفوف البذار موازية لطول الشريط

إن حجم الماء المجهز إلى الشريط كافٍ لتغطية مساحة الشريط بالعمق الإجمالي للري وهذا يعني رياضياً العلاقة 32 أدناه:

$$Q_u * (60 T_a) = (L * 1) * (GDI/1000) \quad \dots\dots\dots 32$$

إذ أن L طول الشريط (م) و GDI إجمالي عمق الري (مم).

إن العوامل المؤثرة على اختيار كفاءة الري التصميمية، كانحدار الشريط وصافي عمق الري، يجب أن لا يغالى فيها كي لا تصعب من مهمة المصمم، فمن المتوقع أن تكون الكفاءة على الميول القليلة أعلى منها على الميول الشديدة، وأن الكفاءة في الترب ذات معدلات الغيض المعتدلة أعلى من الترب ذات معدلات الغيض العالية جداً،

اعتبارات ومحددات التصميم Design consideration and Limitations

فضلاً عما سبق فإن لتصميم الري الشريطي اعتبارات أخرى، تخص معدل الجريان، وعمق الجريان، وانحدار الشريط، وطول وعرض الشريط.

معدل الجريان التصميمي Design flow Rate

معدل الجريان المحسوب في المعادلة 32 يجب أن لا يكون الجريان جارفاً non erosive، فبالنسبة للمحاصيل غير المرجية ذات معامل ماننك $n \geq 0.2$ يمكن حساب أقصى تصريف غير جارف (لكل متر من عرض الشريط) من المعادلة 33.

$$Q_{u \max} = 0.175 S_i^{-0.75} (l.(sec.m)^{-1})^{-1} \quad \dots\dots\dots 33$$

أما بالنسبة للمحاصيل المرجية الكثيفة ذات $n < 0.2$ فيحسب من المعادلة 34.

$$Q_{u \max} = 0.35 S_i^{-0.75} (l.(sec.m)^{-1})^{-1} \quad \dots\dots\dots 34$$

كما يجب أن يكون كبيراً لينتشر الماء على كامل عرض الشريط وفي هذه الحالة يتم حساب أقل معدل جريان في التصميم من المعادلة 35

$$Q_{u \min} = 5.95 * 10^{-3} L S^{0.5} / n \quad \dots\dots\dots 35$$

عمق الجريان Flow Depth

يجب أن لا يزيد عمق الجريان في بداية الشريط عن ارتفاع متن الشريط ناقصاً فضلة العمق free board مناسبة والتي تفضل أن تكون بحدود ربع ارتفاع المتن، وبشكل عام يجب أن لا يزيد عمق الجريان عن 150 مم. ويمكن حساب عمق الجريان من معادلة ماننك عندما يكون انحدار الري أكثر من 0.4 من المعادلة 28 أما عندما يكون انحدار الري $0.4 \geq$ فيمكن تخمين عمق الجريان من المعادلة 35.

$$d_{(cm)} = 5 T_L^{3/16} Q_u n^{3/8} \quad \dots\dots\dots 36$$

إذ تحسب T_L من المعادلة 31،

اقصى طول للشريط Maximum Border Length

يحدد اقصى طول للشريط بمعدل اقصى جريان غير جارف (معادلة ماننك) وحدود مساحة الحقل ونوع التربة، قد يصل طول الشريط إلى أكثر من 400 م وقد يمتد على طول مساحة الحقل.

عرض الشريط Border Width

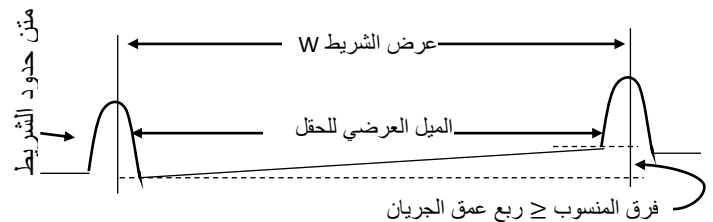
هناك أربعة اعتبارات وتحديدات تحدد عرض الشريط التصميمي وهي

أ-الميل العرضي للشريط ويحسب من المعادلة 37.

$$W_{max} = d/400cs \quad \dots\dots\dots 37$$

إذ إن W_{max} اقصى عرض للشريط حسب تحديد الميل العرضي للشريط CS و d عمق الجريان الطبيعي في بداية الشريط (سم) وكتطبيق للمعادلة 37 لو d يساوي 8 سم و CS يساوي 0.2% فان اقصى عرض هو

$$W_{max} = 8/400*0.002 = 10 m \quad \dots\dots\dots 38$$



شكل 16 تأثير الميل في تناسق الري

ب-انحدار الري

يؤثر انحدار الري على عمق وسرعة الجريان حيث كلما زاد الميل قل عمق الجريان وزادت سرعته وبالتالي زادت صعوبة تغطية الماء الجاري لكامل عرض الشريط بالماء مما يتطلب تقليل عرض الشريط، والجدول أدناه يعطي قيمة مقترحة لأقصى عرض للشريط حسب انحدار الري وبشكل عام يتراوح عرض الشريط بين 3-30 م.

انحدار الري %	اقصى عرض للشريط م	انحدار الري %	اقصى عرض للشريط م	انحدار الري %	اقصى عرض للشريط م
0.1-0	30	0.5-1.0	15	2.0-4.0	10
0.5-0.1	20	4.0-2.0	12.5	4.0-60	7.5

ج-مقدار تيار الري المتوافر

عندما يكون تصريف التيار المتوافر للري قليلاً فأن ذلك يحدد عرض الشريط وربما طوله أيضاً، ويفضل أن يكون التيار المتوافر يكفي ري شريطين في آن واحد أو أكثر لتأمين بعض المرونة في التشغيل، إن أقصى عرض للشريط يمكن حسابه من المعادلة 39 .

$$W_{max} = Qa/Q_u \dots\dots\dots 39$$

إذ إن Q_a تيار الري المتوافر (لتر. ثا⁻¹) و Q_u أقصى تصريف للجريان

د-عرض الماكينة الزراعية

لا بد من الأخذ بنظر الاعتبار عرض الماكينة الزراعية عند تصميم الألواح بحيث يكون عرض الشريط يساوي عرض الماكينة أو مضاعفاتها لتسهيل عمليات الخدمة والتشغيل الكفاء للآلة الزراعية وتقليل كلفة الوقود إذ ان ستكون هناك خسارة أو هدر عندما تعمل الآلة على نصف عرض الماكينة خصوصاً إذا كان الشريط طويل، فإذا كان عرض الماكينة يساوي b لذا فإن عرض الشريط يساوي b أو $2b$ أو $3b$

ارتفاع متن حدود الشريط

يجب أن يتناسب ارتفاع كتف الشريط مع عمق الجريان الذي يكون في أقصاه عند بداية الشريط وهذا يعني إن ارتفاع الكتف يجب أن يزيد كلما زاد التصريف وقل انحدار الري ويجب أن يكون ارتفاع الكتف أعلى بمقدار 3 سم عن عمق الجريان، أما قاعدة الكتف فتعتمد على نوع التربة فعرض الكتف للتربة الطينية المتماسكة 50 سم وقد يصل إلى 2 م للتربة الرملية الهشة.

حسابات تهم تصميم الري الشريطي

$$T_L = \frac{n^{1.2} Q_u^{0.5}}{3795 * \left(\frac{0.0028 Q_u^{0.175}}{T_n^{0.88} S_i^{0.5}} \right)^{1.6}}$$

$$T_L = (n^{1.2} * Q_u^{0.5}) / (3795 (S_i + ((0.0028 n Q_u^{0.175}) / (T_n^{0.88} * S_i^{0.5}))))^{1.6} \dots\dots 40$$

$$39 \dots\dots\dots \frac{\text{عرض الحقل باتجاه الميل العرضي}}{\text{عرض الشريط}} * \frac{\text{طول الحقل باتجاه ميل الري}}{\text{طول الشريط}} = \text{عدد الشرائط}$$

الزمن اللازم للري = (عدد الأشرطة N * زمن الري الشريط الواحد) \ | عدد الأشرطة التي تُروى في آن واحد 41

عدد الشرائط التي تُروى في يوم واحد = عدد الشرائط الكلي \ | الزمن اللازم لري جميع الشرائط 42

الري بالأحواض Basin Irrigation

يعتبر الري بالأحواض من أكثر نظم الري السطحي انتشاراً، وخاصة في المناطق ذات المساحات الحقلية الصغيرة. كما إن الحقل مستوي في كل الاتجاهات، ويشمل وجود حدود (سد) لمنع جريان المياه، ويوفر تدفقاً غير موجهاً للماء إلى الحقل،

يعد تصميم الري الحوضي أسهل من تصميم الري الشريطي وري المروز، وذلك لانعدام مشكلة السيح السطحي من الذنائب فضلاً عن كون انحدار الأرض في الغالب قليلاً جداً أو معدوماً، لذا فإن طوري الاستنزاف والانحسار يحصلان في آن واحد وبالتساوي على عموم مساحة الحوض تقريباً، وحيث إن الانحدار الطولي والعرضي للحوض قليل أو معدوم فإن القوة المسببة لجريان الماء ناتجة من الانحدار الهيدروليكي لسطح الماء نفسه، ولهذا فإن لانتظام وتناسق طوبوغرافية سطح الحقل أهمية بالغة في إتمام عملية الري.

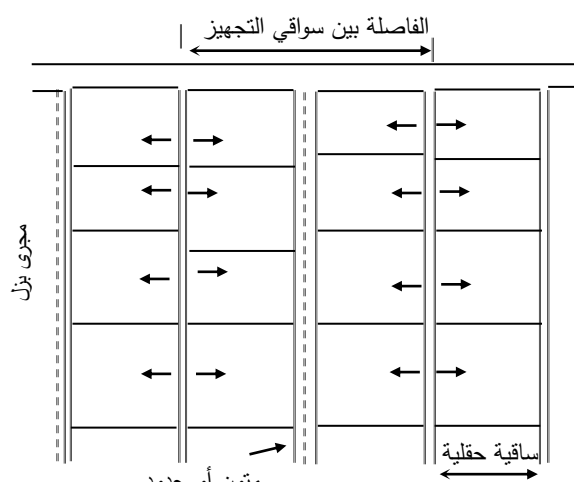
في الأحواض المستوية، يتم إدخال الماء إلى الحوض بأسرع وقت ممكن وبعد ذلك يتم تركها حتى تتسرب،



عادة لا يناسب الري بالأحواض ري المحاصيل التي لا يمكن أن تتحمل الظروف الرطبة أو الغمر بالمياه لفترات طويلة أكثر من 24 ساعة، ومنها المحاصيل الجذرية والدرنية مثل البطاطا والبنجر والجزر والتي تتطلب التربة السائبة الجيدة الصرف، في الوقت نفسه تعد من الطرق المناسبة لري أشجار النخيل والأشجار المعمرة ولكن بأحواض عادة ما

تكون دائرية وصغيرة المساحة نسبياً، فضلاً عن أن طريقة الري بالأحواض من أنسب الطرق لغسل الأملاح من التربة واستصلاح الأراضي.

يُقسم الحقل في الري الحوضي إلى عدد من المساحات مستطيلة أو مربعة الشكل، بحيث إن نسبة الطول إلى العرض أقل بكثير مما في الري الشريطي، ويجهز كل حوض بحجم ماء يكفي لتزويد مساحة الحوض بالماء بزمان يتراوح تقريباً 60-70% من الزمن اللازم لامتصاص صافي عمق الري، ويبقى الماء محصوراً في الحوض بعد انتهاء



التجهيز حتى غيظه كاملاً في التربة، ومن المفضل أن يكون الإحداثي الطويل للأحواض عمودياً على قنوات تجهيز

الماء أو السواقي. توضع أحياناً خطوط بزل في نهاية الأحواض لتصريف المياه الغائضة التي قد تنتج من فرط الري أو الأمطار الغزيرة والشكل 17 مخطط نموذجي للري الحوضي.

تستخدم المتون التي تحيط بالحوض لحصر الماء الداخل وتمنع السيح السطحي بينما متون الشريط تستخدم لتوجيه الماء داخل الشريط تتراوح مساحة الحوض بين 1م² إلى 7 هكتار كما في حالة أحواض الرز والحبوب في التربة الطينية الثقيلة. فالري الحوضي يناسب الأراضي ذات التربة ثقيلة النسجة ذات النفاذية الواطئة كما تناسب الأراضي المستوية طوبوغرافياً.

محددات التصميم Design Limitation

1- أقصى عمق للجريان Maximum flow Depth

يكون أقصى عمق للجريان بشكل عام عند مدخل المضمار ويجب أن لا يزيد هذا العمق عن الحد العملي لارتفاع المتون. وبشكل عام لا ينصح باستخدام تصاريح ري تتطلب عمق جريان يزيد عن 15 سم ونادراً ما يتعدى 20-25 سم. ويمكن حساب أقصى عمق جريان من المعادلتين 43 و 44 وتمثل t زمن تجهيز الحوض بالماء (زمن الري T_a) وتُنشأ متون حدود الحوض بعرض قمة لا يقل عن ارتفاع المتن أما ارتفاع المتن بعد الهبوط فيجب أن يكون في الأقل مساوياً لأكبر القيمتين الأولى GDI والثانية أقصى عمق للجريان مضافاً إليه 5 سم كفضلة عمق.

2- التخلل العميق Deep Percolation

إن الفرق بين إجمالي وصافي عمق الري في الري السطحي المستوي يذهب جميعه كضائعات تخلل عميق، إذ من الناحية النظرية لا توجد ضائعات سيح سطحي في الحوض المستوي المحاط بمتون محكمة. وعلى المصمم أن يحد من هذا الفرق قدر الإمكان تجنباً للهدر في مياه الري ومشاكل البزل. ولتحقيق ذلك فإن كفاءة الإرواء التصميمية يجب أن لا تقل عن 80% أي إن نسبة ماء التخلل إلى إجمالي ماء الري يجب أن لا تزيد عن 20%.

3- أبعاد الحوض والانحدارات slops and Basin Dimensions

يُصمم الحوض عادة على انه مستوي، إلا انه بالإمكان إنشائه بانحدار قليل جداً باتجاه جريان الماء ليقفل التأثير السلبي للارتفاعات والاختلافات البسيطة المتفرقة بالمناسيب داخل الحوض والناجمة من عدم تعميم سطح الأرض بشكل دقيق، إذ تعمل هذه الاختلافات على إعاقه تقدم وتغطية سطح التربة بالماء ما يزيد فواقد التخلل العميق فتقل كفاءة الري. وبشكل عام يجب أن لا يزيد فرق المنسوب بين بداية ونهاية الحوض عن نصف صافي عمق الري المعتمد في تصميم الحوض. أما الانحدار العرضي فيجب أن لا يزيد المنسوب بين المتون المتجاورة عن 6 سم.

4- تيار الماء المتوفر للري Available Irrigation Stream

غالباً ما تحدد مساحة الحوض بتيار الماء المتوفر للري وذلك للعلاقة القوية بين التصريف الداخل للحوض ونوع التربة ومساحة الحوض وكفاءة الري المطلوبة، ولنفس الحوض، فإن كفاءة الري تزداد كلما زاد التصريف الداخل شرط أن لا يسبب حت التربة (جرف وتعرية التربة) إذا كان حجم الماء المجهز للحوض ثابتاً كما يمكن زيادة مساحة الحوض كلما زاد التصريف المتوفر للإرواء لنفس نوع التربة وكفاءة الري.

معادلات التصميم Design Equation

بتطبيق الموازنة المائية الحجمية، يمكن استنباط علاقة بين مسافة التقدم (متر) وزمن التقدم (دقيقة):

$$Q_u * 60 t = (D_a * x) + (d_a * x) \dots\dots\dots 43$$

$$X = (Q_u * 60 t) / (D_a + d_a) \dots\dots\dots 44$$

إذ إن Q_u التيار الداخل لكل متر عرض حوض لتر. (ثا. م⁻¹ ل⁻¹) و D_a معدل عمق الغييض التراكمي عند الزمن t ، مم و d_a معدل عمق الجريان فوق السطح عند الزمن t ، مم.

يمكن بسهولة حساب معدل عمق الغييض التراكمي D_a إذا فرضنا إن معدل تقدم الماء على سطح المضمار ثابتاً، أي إن مسافة التقدم تتغير خطياً مع الزمن (أي إن الأس b في المعادلة $x=at^b$ يساوي 1) وباستخدام معادلة كوستياكوف الاصلية $D=ct^m$ نحصل على

$$D_a = ct^m / m+1 \dots\dots\dots 45$$

حيث يمثل مقام المعادلة 44 عمق الغييض التراكمي في بداية المضمار. إلا أن مسافة التقدم لا تتغير خطياً مع الزمن، حيث إن معدل التقدم يتناقص مع الزمن بسبب غييض الماء في التربة، لهذا فإن عمق الغييض المحسوب في المعادلة 43 هو أقل من الواقع، في الوقت نفسه عمق الجريان d_a هو أكبر من الواقع وبما أن هذين العمقين مدمجين بالجمع في مقام المعادلة 44 فإن من المتوقع جداً بأن الزيادة في احدهما يلغي النقصان في الاخر، ومن ثم فإن النتائج النهائية لن تتأثر كثيراً، ويمكن حساب عمق الجريان في بداية المضمار d_o عند أي زمن أو مسافة تقدم من المعادلة . 45

$$d_o = 100(n Q_u \sqrt{x}/100)^{6/13} \dots\dots\dots 46$$

إذ إن d_o عمق الجريان في بداية المضمار، سم و n معامل ماننك للخشونة و x مسافة التقدم عند أي زمن تقدم، م.

لقد أوضحت الدراسات التجريبية لجريان الماء على السطوح المستوية إن معدل عمق الجريان d_a للتيار المتقدم يعادل 80% من أقصى عمق للجريان وعادة ما يكون عند بداية المضمار أي ان....

$$d_a = 0.80 d_o \quad \dots\dots\dots 47$$

$$d_a (cm) = 3.7 n^{0.375} Q_u^{0.5625} t^{0.1875} \quad \dots\dots\dots 48$$

ويضم المعادلتين 44 و 48 يمكن اعتماد المعادلة 49 لتخمين مسافة التقدم x م، بدلالة Q_u وخشونة السطح n والزمن t ودالة الغيض في التربة و $D_a(t)$ المحسوبة في المعادلة 45.

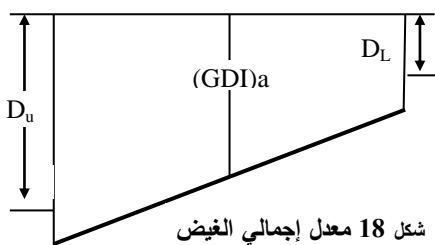
$$X = \frac{60Q_u t}{D_a(t) + 3.7 n^{0.375} Q_u^{0.5625} t^{0.1875}} \quad \dots\dots\dots 49$$

إذا كان زمن فرصة الغيض عند اخر نقطة في الحوض يساوي الزمن T_n اللازم لامتناس صافي عمق الري NDI ، فإن فرصة الغيض عند أي نقطة على امتداد الحوض T_i (دقيقة)

$$T_i = T_n + T_L - T_v \quad \dots\dots\dots 50$$

إذ ان زمن تقدم الماء لكامل طول الحوض، دقيقة و T_v زمن تقدم الماء إلى النقطة المعنية، دقيقة.

$$E \quad \text{بينما يمكن حساب كفاءة الري من المعادلة 51} \\ = (NDI / GDI) * 100 \quad \dots\dots\dots 51$$



شكل 18 معدل إجمالي الغيض

$$(GDI)_a = (D_u + D_L) / 2 \quad \dots\dots\dots 52$$

إذ إن D_u عمق الغيض في بداية الحوض، م و D_L عمق الغيض في نهاية الحوض، م.

وبشكل عام يؤخذ D_L مساوياً لـ NDI أما D_u فيحسب من معادلة عمق الغيض $(T_n + T_L)$ وعند اعتماد معادلة كوستياكوف الأصلية نحصل على المعادلة 53 أو 54 للتعبير عن كفاءة الري.

$$E = \frac{CT_n^m}{\frac{1}{2}[(T_n^m + C(T_n + T_L)^m)]} \quad \dots\dots\dots 53 \quad \text{or} \quad E = 2 / (1 + (1 + R)^m) \quad \dots\dots\dots 54$$

$$R = T_n / T_L \dots\dots\dots 55$$

بينما يُحسب زمن الري اللازم لري الحوض T_a من المعادلة 56، عند تحديد طول الحوض L والتيار الداخل Q_u .

$$T_a = (GDI * L) / (60 Q_u) \dots\dots\dots 56$$

طريقة التصميم Design Method

تتضمن طريقة التصميم إيجاد واحد أو أكثر مما يأتي:

- 1- طول مضمار الري المناسب إذا عُلم تيار وكفاءة الري.
 - 2- تيار الري اللازم إذا عُلم طول مضمار الري وكفاءة الري.
 - 3- أقصى عمق متوقع للجريان إذا عُلم تيار الري وطول المضمار وكفاءة الري.
 - 4- تيار الري المسموح به مع طول المضمار المناسب له إذا عُلم أقصى عمق للجريان وكفاءة الري.
- أ- طول مضمار الري Length of Basin: إذا عُلم تيار الري Q_u وكفاءة الري E فيمكن إيجاد الطول المناسب L من المعادلة 49 بعد إيجاد زمن التقدم t أو T_L من المعادلتين 54 و 55.
- ب- تيار الري اللازم Required Irrigation Stream: إذا عُلم طول المضمار وكفاءة الري يمكن حساب تيار الري اللازم لتجهيز الحوض من المعادلة 49 بعد إيجاد زمن التقدم من المعادلة 54.
- ت- أقصى عمق للجريان Maximum Flow Depth: يمكن حساب أقصى عمق للجريان من معرفة تيار الري وطول المضمار وكفاءة الري وعلى النحو التالي:
- 1- يحسب زمن الري T_a من المعادلة 53 لاحظ ان قيمة T_a تكون دائماً أقل قيمة من T_i في بداية مضمار الري معادلة 55.
 - 2- يُحسب أقصى عمق للجريان d_0 من المعادلتين 47 و 48 مع ملاحظة ان الزمن t يساوي زمن الري T_a .
- ث- تيار الري المسموح به الطول المناسب له Allowable Stream and Suitable Length of run: إذا عُلم أقصى عمق للجريان وكفاءة الري فيمكن إيجاد تيار الري المسموح به مع طول الحوض المناسب لهذا التيار كما يلي:

1- من كفاءة الري نحسب زمن التقدم T_L .

2- نفرض قيمة للتيار Q_u ونحسب طول المضمار L من المعادلة 49 باستخدام الزمن T_L .

3- من القيمة المفروضة للتيار Q_u والقيمة المحسوبة للطول L نحسب قيمة زمن الري T_a من المعادلة 56.

4- توازن القيمتان T_L و T_a وتستخدم أكبرهما في المعادلة 48 بعد ضمها للمعادلة 47 في حساب قيمة التيار Q_u إذ إن عمق الجريان معلوم.

5- توازن قيمة التيار Q_u في الخطوة 2 مع قيمتها المحسوبة في الخطوة 4. تجري تعديلات وتعاد الحسابات إذا تطلب الأمر.

طريقة بوهير الوضعية لتصميم الري الحوضي Booher Method

وهي طريقة بسيطة تعتمد الربط المباشر بين مساحة الحوض A (هكتار) ومعدل الجريان الداخل للحوض Q (لتر. ثا⁻¹) ومعامل الحوض K (لتر/ ثانية / هكتار) لمختلف أنواع التربة وتعتمد قيمته على نسبة التربة كما في الجدول:

نسجة التربة	رملية	رملية مزيجة	طينية مزيجة	طينية
K	1500	500	250	150

وتعد طريقة بوهير طريقة تقريبية يمكن استخدامها كمرشدٍ أولي في التصميم، في حالة عدم توفر معلومات كافية للقيام بتصميم أكثر دقة. إن المساحة المتحصل عليها من المعادلة 57 هي أكبر مساحة مقترحة إذا عُلم التصريف Q حيث يمكن أن تتحدد المساحة بانحدارات الحقل.

$$A = Q/K \dots\dots 57$$

الجدول أدناه بين القيم التقريبية للحوض أو أقصى عرض له

أقصى عرض للحوض (بالمتر)		نسبة الانحدار
المدى	المتوسط	
55 - 35	45	0.2
45 - 30	37	0.3
40 - 25	32	0.4
35 - 20	28	0.5
30 - 20	25	0.6
30 - 15	22	0.8
25 - 15	20	1.0
20 - 10	17	1.2
20 - 10	13	1.5
15 - 5	10	2.0
10 - 5	7	3.0
8 - 3	5	0.4

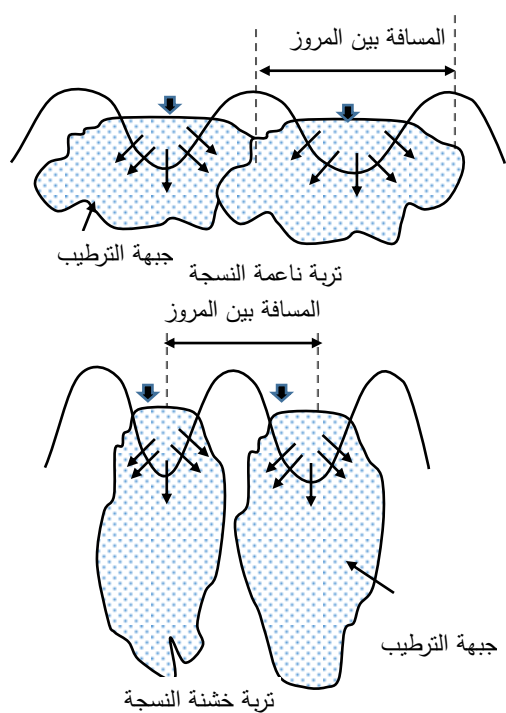
الري بالمروز Furrow Irrigation

المروز عبارة عن سواقي أو قنوات صغيرة لها ميل ثابت ومستمر باتجاه الجريان أو الري. تستخدم هذه الطريقة لري جميع المحاصيل التي تزرع على خطوط مثل الخضراوات والبقول والذرة. كما تستخدم لري أشجار الفاكهة.

تعتمد المسافة بين مرز وآخر (فاصلة المروز) على

1- نوع المحصول المراد ريه 2- نوع مكان الخدمة 3- خصائص حركة الماء في التربة وخصوصاً حركة

الماء الجانبية.



شكل 19 حركة الماء في تربة المروز

ويجب أن تكون المسافة الفاصلة بين المروز مناسبة لتأمين انتشار الماء على جانبي المرز ووصوله إلى المنطقة الجذرية للمحصول بشكلٍ كافٍ ومتناسق. ويبين الشكل 19 حركة الماء الشاقولية والأفقية ونمط التبلل لترب مختلفة النسجة.

يتضح من الشكل إن المسافة الفاصلة بين مرز وآخر، يجب ان تقل كلما زادت خشونة التربة بسبب قلة الحركة الجانبية للماء في التربة الخشنة، لهذا لا ينصح ان تزيد الفاصلة عن 50 سم في التربة الخشنة وعن 1.2 م في التربة المتوسطة النسجة وتزيد عن ذلك في التربة الناعمة. كذلك تقل الفاصلة كلما قل عمق الترطيب ففي المحاصيل ضحلة الجذور كالبصل والخس والجزر تتراوح فاصلة المروز بين 30-40 سم، بينما عند زراعة البطاطا أو القطن والذرة نحتاج إلى فاصلة مروز من 60-90 سم وقد يزرع جانب واحد من المرز أو يزرع الجانبين.

يتم الري بتحويل تيار مناسب من الساقية إلى المرز. وبذلك تختلف إضافة الماء إلى الأرض بطريقة المروز اختلافاً واضحاً عن طريقة الألواح الشريطية. حيث يتم في الألواح تغطية عموم مساحة الحقل بالماء على حين يتم ترطيب $\frac{1}{5}$ - $\frac{1}{3}$ مساحة الحقل في حالة المروز. وتكون حركة الماء داخل التربة إلى الجوانب والأعلى بتأثير قوى الشد الشعري وإلى الأسفل بتأثير قوى الشد الهيكلي والجاذبية.



يتراوح عرض المرز بين 20-40 سم وعمقه بين 10-15 سم. أما عمق الجريان فيكون على أقصاه في بداية المرز ويقل باتجاه الجريان لهذا فإن المحيط المبتل للمرز يقل باتجاه الجريان، ويجب أن يكون المرز باتجاه الجريان منتظماً على امتداده وان لا يتعدى الحدود التي تجعل سرعة الجريان عالية بالدرجة التي تؤدي إلى حت وتعرية مقطع المرز. هناك أنواع مختلفة من المروز، حيث هناك المروز

المستقيمة المدرجة والمروز المستقيمة المستوية ومروز الكفاف والمروز المتعرجة ويمكن تلخيص ميزات النظام بالآتي

- 1- عدم حاجته إلى تصارييف ري عالية.
- 2- الغمر الجزئي لمساحة الحقل مما يسهل القيام بمختلف عمليات الخدمة.
- 3- قلة ضائعات مساحة الحقل بسبب عدم حاجته إلى سواقي كثيرة ومتون وسداد. أما عيوبه فهي
- 1- تراكم الأملاح عند قمة المروز بسبب حركتها مع الماء إلى الأعلى وتبخر الماء لذا يجب تجنب زراعة البذور عند قمة المرز.
- 2- سيح سطحي عالٍ مما يتطلب تجميع المياه الفائضة لإعادة استخدامها بشكل مناسب مما يزيد من التكاليف. وقد أمكن حديثاً معالجة هذا العيب إما باستخدام نظام ما يسمى إعادة مياه السيح **Runoff Recovery system** وفيه يتم ضخ ماء السيح ثانياً إلى بداية المروز، أو استقبال مياه السيح في ساقية تقوم بتجهيز الماء لمجموعة أخرى من المروز.
- 3- الاحتياج العالي للأيدي العاملة لأغراض التشغيل والصيانة.
- 4- الضبط والسيطرة على الجريان الداخل للمرز بهدف تقليل ضائعات السيح ومنع حت التربة وتعرية مقطع المرز.
- 5- تعذر أو صعوبة إعطاء ريات خفيفة تقل عن 50 مم كإجمالي عمق ري، وقد أمكن معالجة هذا العيب باستخدام نظام الري الموجي **Surge Irrigation** (أو قد يسمى النبضي أو الدفقي **Plus Irrigation**)، وفيه يتم تجهيز ماء الري في هذا النظام بشكل متقطع وذلك بإجراء سلسلة من الدورات الزمنية للري تتضمن كل دورة زمن فتح وزمن غلق مجموعها هو زمن الدورة الكلي. والنسبة بين زمن الفتح إلى زمن الدورة، تسمى نسبة الدورة **Cycle**

Ratio، ويمكن استخدام هذا النظام في تقليل ضائعات السيخ والتخلل العميق ويختصر زمن تقدم الماء ويُحسن من تجانس التوزيع لماء الغيض وكفاءة الإرواء.

كذلك يوجد نظام ري المروز التناقصي **Cutback system** وفيه يتم تسليط الماء بسرعة باستخدام أقصى جريان ممكن. وبعد ذلك يتم وذلك لترطيب كامل طول المرز بأقل وقت ممكن، وبعد ذلك يُقلل التيار الداخل للمرز إلى جريان منخفض يساوي تقريباً معدل التشرب للمرز بأكمله. إن هذا النظام لا يلغي ضائعات السيخ بالكامل ولكنه يحد منها بدرجة تعتمد على عدد المرات التي يقلل بها الجريان الداخل للمرز.

كما وجدت حديثاً طريقة الري السطحي المطور الهيدروفكس حيث يتكون نظام الهيدروفكس من أنبوب قابل للطي وبأحجام مختلفة يمتد إلى عدة أمتار، حسب مساحة الأرض المزروعة، ويتقبب أمام كل مرز من المروز التي

تمت تهيئتها للزراعة وترتبط عليه سداة بلاستيكية من أجل التحكم

بكمية تدفق ماء السقي ويستخدم من أجل معالجة شحة المياه

ولغرض الاستفادة من المياه بصورة علمية في تطوير الإنتاج

الزراعي، ومن مزايا هذا النظام انه يتحكم بقدرة تدفق المياه وسرعة

جريانه وانسيابية داخل المروز من خلال البوابات، كما يمكن

استخدامه لمسافات طويلة بحيث لا يتأثر بالظروف الجوية وتقلبات

المنام، كما يعمل هذا النظام على الحد من نمو الأعشاب

والأدغال الضارة التي تنمو في السواقي والقنوات الرئيسية، ويمكن

إضافة الأسمدة إلى النباتات وبصورة متساوية إلى التربة وبكفاءة عالية.

خصائص التشرب بالمروز **Furrow Intake Characteristics**

التشرب يعني دخول الماء في التربة من خلال المحيط المبتل للمقطع العرضي للمرز وهو أكثر تعقيداً من

غيض الماء إلى الأسفل في التربة التي تقاس بالحلقتين المزدوجتين. والتشرب عملية ثنائية البعد حيث يتحرك الماء

أفقياً (تحت تأثير قوى الشد الشعري والجاذبية) وعمودياً (تحت نفس القوى) أما الغيض فهو عملية أحادية البعد

ويكون اتجاه جريان الماء عمودياً نحو الأسفل كما هو الحال في الري الشريطي والحوضي.

يعد التقويم الصحيح لخصائص التشرب من المتطلبات الأساسية للتصميم والتشغيل الناجحين لنظام الري

بالمروز. وصعوبة قياس التشرب تكمن في ان جريان في المرز غير ثابت وغير منتظم مما يجعل المحيط المبتل عند

أي نقطة على المرز غير ثابت وغير منتظم على امتداد المرز. إن المعادلات التي تربط التشرب بالزمن هي ذات



صينغ مماثلة لمعادلات الغيض مع الزمن. والفرق في الحالتين هو الوحدات، إذ يعبر عن الغيض بوحدات العمق إلى الزمن بينما التشرب بوحدات الحجم إلى الزمن.

$$V = kt^N \dots\dots 58 \quad \text{or} \quad V = At^n + B.t \dots\dots 59$$

إذ إن V التشرب التراكمي، حجم ماء، لتر. طول معين من المرز، m^{-1} و n, A, N, K معاملات وثوابت وضعية و B معدل التشرب الأساس لتر. (دقيقة. طول معين m^{-1})، تقوم معاملات ثوابت المعادلتين باستخدام الرسم أو طريقة القيمة الصغرى لمجموع المربعات Last Square method. وهناك عدة طرق لقياس التشرب في المرز منها طريقة المرز المسدود والمرز المفتوح وطريقة النقطتين.

فرضيات التصميم Design Assumptions

إن الهدف من وضع الفرضيات هو جعل طريقة التصميم والتشغيل لنظام الري ذات طابع عملي ومرنة لغرض تحقيق كفاية وكفاءة ري مقبولين مع إمكانية إجراء عدد من التعديلات الموسمية في حجم الجريان وزمن الإرواء فقط واهم فرضيات التصميم هي:

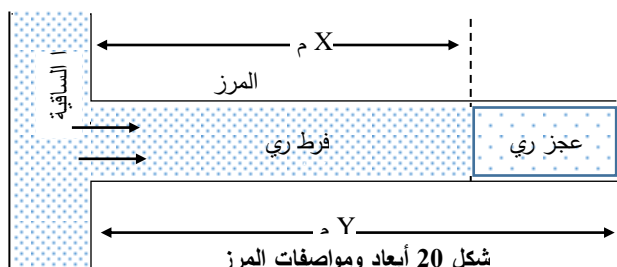
1- زمن فرصة التشرب وكفاية الري Intake Opportunity time and Irrigation Adequacy

للحصول على كفاية ري تامة 100% وتتناسق مقبول يجب أن يكون زمن فرصة تشرب الماء عند أي نقطة امتداد المرز أكبر أو يساوي زمن إضافة صافي عمق الري المطلوب، كما ان أقصى زمن إرواء يجب أن لا يجعل فواقد التخلل العميق مفرطة، بعبارة أخرى فإن

$$T_i = T_n \dots\dots\dots 60$$

ومن المعروف إن زمن فرصة التشرب يمثل المسافة المحصورة بين منحنيي التقدم والانحسار. وفي المرز المنحدرة (الانحدار $< 0.05\%$)، يكون منحنى الانحسار منبسطاً أقرب إلى الخط المستقيم) وذا تأثير قليل على تشرب التربة وبالتالي يكون زمن الانحسار قصير نسبياً مقارنة مع زمن التشرب المطلوب فيهملاً عادةً. وبشكل عام يكون تشرب الماء في التربة أقل عند النقاط المتعاقبة على امتداد طول المرز بسبب النقص الحاصل في كل من معدل الجريان وزمن فرصة التشرب. وعلى أساس ذلك فإن التصميم الذي يستند على فرصة التشرب المطلوبة في بداية المرز سيؤدي إلى تشرب غير كافي في النقاط المتعاقبة باتجاه أسفل المرز، أما التصميم الذي يستند على زمن فرصة التشرب المطلوبة في نهاية المرز ستؤدي إلى فرط في التشرب لجميع النقاط التي تقع في بداية المرز. ولما كان معدل التقدم يقل بسرعة

مع ازدياد طول المرز فيمكن تصميم النظام لتزويد فرصة التشرب في نقطة تقع قبل النهاية السفلى للمرز وذلك للوصول إلى أمثل موازنة بين فرط الري قبل تلك النقطة وعجز الري بعد تلك النقطة. وهذه النقطة يتم اختيارها لمحاصيل معينة بعد معرفة تأثير عجز



الري أدنى تلك النقطة على الإنتاج. وبشكل عام تمثل النسبة المئوية لبُعد تلك النقطة عن بداية المرز إلى الطول الكلي للمرز كفاية الري أي ان:

$$Irrigation Adequacy, \% = (X_m/Y_m) * 100 \dots\dots\dots 61$$

2- زمن التقدم Advance Time

يتأثر تقدم الماء في المرز بـ 1- معدل الجريان الداخل للمرز 2- معدل التشرب 3- شكل وانحدار وطول المرز 4- خشونة سطح المرز. يكون معدل الجريان عالي في بداية المرز ثم يتناقص تبعاً في كل نقطة باتجاه أدنى المرز بسبب تشرب الماء، وللحصول على ري كفاء يجب أن يكون تقدم الماء سريعاً على امتداد المرز. وهناك عدة معادلات توضح العلاقة بين مسافة التقدم X و الزمن t أهمها المعادلة 62

$$X = at^b \dots\dots\dots 62$$

إذ أن a و b ثوابت وضعية وقيمة b محصورة
 وقيمة b محصورة بين الصفر والواحد وعليه فمعدل تقدم جبهة الماء يقل مع الزمن.

3- معامل الخشونة Roughness Coefficient

تحدد خشونة المرز سرعة وعمق الجريان، ومقياسها هو معامل ماننك والذي يعتمد على، خشونة المرز، شكل المرز، معدل الجريان في المرز. إن معدل الجريان في المرز لأغلب المروز بحدود 0.5-2 لتر. ثا⁻¹ وقد بينت الدراسات إمكانية اعتماد قيمة n بحدود 0.04 في حالة عدم توفر قياسات لـ n

محددات التصميم Design Limitation

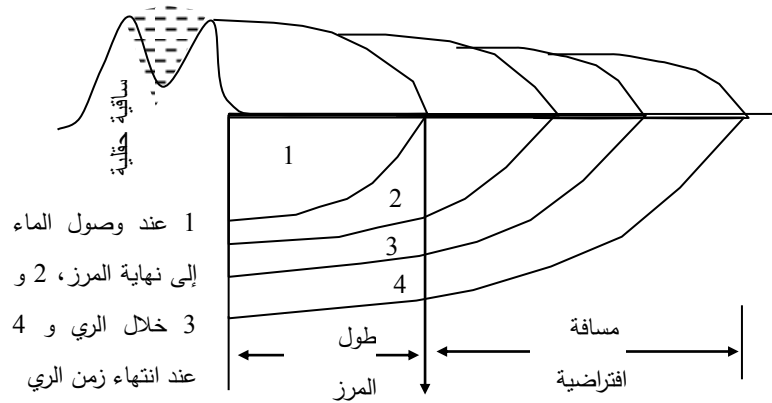
ان اهم محددات تصميم نظام ري المروز ما يلي

- 1- يجب أن لا يزيد معدل الجريان الداخل للمرز عن الاستيعاب الهيدروليكي للمقطع العرضي والذي يعتمد على، شكل وأبعاد المقطع العرضي، انحدار الري، معامل خشونة سطح الجريان.
- 2- يجب أن يكون أقصى جريان داخل للمرز غير جارف. وهذا يتم تحديده وفقاً لانحدار المرز من المعادلة 63.

$$q_{max} = 0.6/S \dots\dots\dots 63$$

إذ ان q_{max} أقصى تصريف غير جارف مسموح به، لتر. ثا⁻¹ و S انحدار المرز، %.

- 3- يجب أن لا يقل انحدار الري في طريقة التصميم التي سيتم شرحها عن 0.05% وعلى هذا الأساس يتم إهمال زمن الانحسار في حساب زمن فرصة التشرب.
- 4- يجب اعتماد فاصلة المرز في تحويل التشرب إلى عمق تشرب مكافئ.
- 5- يجب أن يكون حجم توزيع حجم مياه التشرب المكافئ التراكمي على امتداد المرز عند نهاية زمن الري خطياً. ويبين الشكل 21 ان جزء المنحني رقم 4 عند نهاية زمن الري تقارب إلى الخط المستقيم.



شكل 21 عمق التشرب المكافئ على امتداد المرز بعد وصول الماء إلى نهاية المرز

لا يمكن الحصول على تناسق وكفاءة ري مقبولين في المروز المنحدرة بدون سيج سطحي من ذنائب المروز، الأمر الذي يتطلب الاستعداد المسبق للحد من كمية هذا السيج السطحي أو استعادته لأغراض الري والتخلص منه بأمان

اعتبارات التصميم Design considerations

على المصمم، عند شروعه بالتصميم، ان يأخذ بنظر الاعتبار ما يلي:

- 1- الفواصل بين المروز spacing والتي يجب أن تلائم كلاً من
 - أ- نوع المحصول المراد زراعته.
 - ب- المكاين الزراعية المستخدمة (فاتحة المروز، ماكينة البذار، ماكينة الجني).
 - ج- حركة الماء الشعاعية في التربة وعلاقتها بالحركة العمودية (الغيض).
- 2- شكل المرز Furrow Shape ، وهو احد العوامل التي تحدد سعة الجريان في المرز، مساحة التربة الملامسة لماء الجريان وبهذا فإن لشكل المرز تأثير بالغ في عملية التشرب ومن ثم على كفاية وكفاءة الري، يتغير شكل المرز مع تقدم موسم النمو. وأكثر أشكال المرز شيوعاً هو المثلث ، كما تستخدم المروز V ذات المقطع نصف الدائري التربة ذات التشرب الواسع U ، بسبب امتلاك هذا المقطع أكبر محيط مبتل.
- 3- الانحدار Furrow Slope، يجب أن يكون انحدار المرز منتظماً ومناسباً بحيث لا يكون كبيراً يؤدي إلى انجراف التربة عند جريان الماء، ولا صغيراً إلى الحد الذي لا يسمح بحصول بزل سطحي واللازم لمنع حدوث التغدق، ويفضل أن لا يزيد عن 1%، وقد يزيد عن ذلك في المناطق الجافة حتى يصل إلى 3% ويقل عن ذلك في المناطق الرطبة ليصل إلى 0.3%. ويتوقف انحدار المرز على طوله حيث كلما قصر طول المرز أمكن زيادة انحداره. أما ميل العرضي للحقل فيتم تحديده، لتجنب طفح الماء من الأكتاف.
- 4- الطول Furrow Length، يفضل اعتماد المضامير الطويلة في نظم الري السطحي كافة وذلك لأنها، أ- تقلل من الأيدي العاملة، ب- تقلل كلف الري عموماً، ج- تحقيق استغلال أمثل للأراضي الزراعية، د- تسهل

عمليات المكننة والخمة الزراعية، ألا ان مضامير الري الطويلة غالباً ما تؤدي إلى نقص في تناسق الري وانخفاض كفاءته. ويتحدد طول المرز على ضوء ذلك،

أ- شكل ومساحة وأبعاد الحقل: ففي حالة الحقول الصغيرة فإن طول المرز يساوي طول الحقل، أما إذا كان الحقل طويلاً وواسعاً فيفضل تقسيم الحقل إلى أجزاء متساوية ويكون طول المرز مساوياً لنصف أو ثلث أو ربع طول الحقل.

ب- انحدار الري: العلاقة بين انحدار وطول المضمار علاقة عكسية، أما العوامل الأساس الواجب مراعاتها في تحديد أقصى طول للمرز فهي، أ- نوع التربة ب- انحدار الري ج- نوع المحصول د- تيار الري الداخل للمرز، إذ يُحدد أقصى طول للمرز إذا كان التيار محدداً بسبب الميل.

5- معدل الجريان المناسب **Flow Rate**، يُعد اختيار الجريان المناسب من أهم العوامل في التصميم والتشغيل الأمثل لمنظومة المروز. وهو العامل الوحيد الذي يمكن تغييره بعد ان يتم إنشاء منظومة ري المروز. يعتمد معدل الجريان المناسب على: أ- خصائص تشرب الماء ب- طول المرز ج- انحدار المرز د- الفاصلة بين المروز هـ- عمق الري المطلوب، ان استخدام أكبر جريان ممكن في ري المروز يساهم في أعلى تناسق في المروز. وتستخدم المعادلة 63 في تخمين أعلى جريان غير جارف. ويتم أحياناً اختيار حجم تيار الري الداخل للمرز على أساس قاعدة الربع التي تنص على ان يكون زمن تقدم الماء إلى نهاية المرز مساوياً إلى ربع الزمن اللازم للتربة لامتناس صافي عمق الري.

6- عمق الري **Application Depth**: يعبر عن كمية ماء وذلك لسهولة التعامل مع الأعماق في جدولة الري وتقويم تناسق وكفاية وكفاءة الري.

ويتم تحويل حجم ماء التشرب إلى عمق بقسمة حجم ماء التشرب أو معدل التشرب في طول معين على المساحة التي يفترض ان تخدم ذلك الطول من المرز، وهذه المساحة تساوي حاصل ضرب طول معين من المرز بفاصلة المرز وبهذا يكون عمق ماء الغييض المكافئ D_e ومعدل الغييض المكافئ I_e حسب المعادلتين أدناه.

$$D_e = V_f / (S_f * l) \dots\dots\dots 64 \text{ and } I_e = I_f / (S_f * l) \dots\dots\dots 65$$

إذ ان V_f التشرب التراكمي، حجم ماء. طول معين من المرز l (لتر. م⁻¹) و I_f معدل التشرب، لتر. (دقيقة. م⁻¹)

تتطلب برمجة الري أثناء الموسم غالباً زيادة أو تقليل عمق الري، ويكون هذا التغيير، أما بتغيير الجريان

الداخل للمرز أو بتغيير زمن فتح الماء على المرز.

معادلات التصميم **Design Equations**

زمن التقدم **Advance time**: ويحسب زمن التقدم إلى أي نقطة على امتداد المرز من المعادلة 62 بعد

كتابتها بصيغة المعادلة 66 ، بينما يحسب الزمن إلى نهاية المرز بطول معين من المعادلة 67.

$$T_x = (x/a)^{1/b} \dots\dots\dots 66, \quad T_L = (L/a)^{1/b} \dots\dots\dots 67$$

إذ إن T_x زمن تقدم الماء إلى نقطة تبعد x م من بداية المرز و L طول المرز و a و b ثوابت دالة التقدم
زمن فرصة التشرب T_i : يحسب زمن التشرب عند أي نقطة على امتداد المرز من المعادلة 68 مع إهمال زمن

$$T_i = T_a - T_x \dots\dots\dots 68 \quad \text{الانحسار.}$$

إذ إن T_a زمن الري (زمن فتح الماء على المرز)

زمن الري T_a : عند ثبات جميع العوامل فإن هذا الزمن يعتمد على كفاية الري المطلوبة. وكفاية الري تمثل النسبة المئوية بين الطول الذي يحصل على صافي عمق الري أو أكثر إلى الطول الكلي للمرز. فإذا كانت كفاية الري المرغوب بها تساوي 100% فإن الماء يجب أن يتواجد في نهاية المرز لزمن يساوي الزمن اللازم كي تمتص التربة صافي عمق الري. وبهذا يكون T_a في هذه الحالة يكون.

$$T_a = T_n + T_L \dots\dots\dots 69$$

إذ إن T_n الزمن اللازم كي تمتص التربة صافي عمق الري و T_L زمن التقدم لكامل طول المرز ويحسب من المعادلة 67.

وإذا أريد لكفاية الري ان تكون 75% يستبدل T_L في المعادلة 69 بالزمن اللازم لتقدم الماء إلى ثلاثة أرباع طول المرز ويحسب هذا الزمن من المعادلة 66. أما الزمن T_n فيحسب من المعادلة 58.

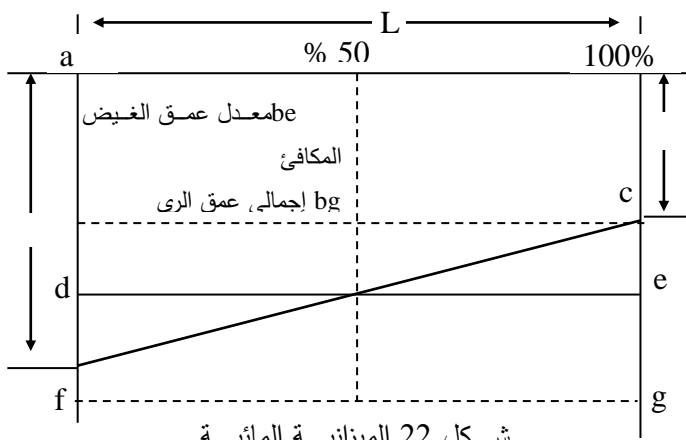
إجمالي عمق الري GDI: وهو مهم في التصميم ويستوجب معرفته لحساب كفاءة الري ويحسب من المعادلة 70.

$$GDI = (60 * q * T_a) / (S_f * L) \dots\dots\dots 70$$

إذ إن GDI، مم و q لتر. ثا⁻¹ و T_a ، دقيقة و S_f ، م و L ، م وكما مررت معانيها سابقاً

التشرب وعمق الغييض المكافئ: يحسب عمق الغييض المكافئ للتشرب من المعادلة 64 عند أي نقطة على

امتداد المرز بعد إيجاد زمن فرصة التشرب في تلك النقطة ويبين الشكل 22 الميزانية المائبة للمرز بضمنها توزيع عمق



شكل 22 الميزانية المائبة

الغييض المكافئ (المضلع abcd) على امتداد المرز

حسب فرضيات ومحددات التصميم، وتكون قيمة D_L

(أدنى عمق غييض مكافئ في نهاية المرز) مساوية

لعمق الري إذا كانت كفاية الري 100%. عندها تكون

زمن فرصة التشرب في نهاية المرز، T_n . وبهذا عمق

الغييض المكافئ في بداية المرز D_o على النحو الآتي:

$$D_o = k (T_n + T_L)^N / S_f \dots\dots\dots 71$$

إذ إن الثوابت كما في المعادلة 58 والرموز كما مر

سابقاً.

ويكون معدل عمق الغييض المكافئ D_a في المرز كما في المعادلة 72 وإذا كانت كفاية الري المطلوبة أقل 100% فإن D_L لا تساوي صافي عمق الري وفي هذه الحالة تعدل المعادلة 71 باستبدال T_L بـ T_x إذ تمثل x المسافة التي يصبح عندها عمق الغييض مساوياً لصافي عمق الري.

$$D_a = (D_o + D_L) / 2 \quad \dots\dots\dots 72$$

السيح السطحي Runoff: لتأمين زمن فرصة التشرب المطلوبة عند نهاية المرز لا بد أن يكون هناك جريان خارج نهاية المرز ما عد في حالة النهاية المسدودة. ويحسب من المعادلة 73.

$$D_r = GDI - D_a \quad \dots\dots\dots 73 \quad \text{إذ إن } D_r \text{ معدل عمق السيح السطحي ، مم}$$

التخلل العميق Deep Percolation وهو معدل عمق ماء الري الذي يغييض اسفل العمق الفعال للمنطقة الجذرية. بشكل عام، إذا كان D_L يساوي صافي عمق الري D_n أو أكبر، فإن معدل التخلل العميق D_p يحسب من المعادلة 74 أما إذا كان D_L أقل من D_n فيحسب من المعادلة 75

$$D_p = D_a - D_n \quad \dots\dots\dots 74 \quad , \quad D_p = (\check{D}_x - D_n) x/L \quad \dots\dots\dots 75$$

إذ إن تمثل x المسافة التي يصبح عندها عمق الغييض المكافئ مساوياً لصافي عمق الري \check{D}_x معدل الغييض المكافئ على امتداد المسافة x .

كفاءة الري: ويحسب بدلالة العمق بالمعادلة 76 وعلى أساس الحجم من المعادلة 77 وعلى أساس النسب في

المعادلة 78.

$$E = D_n / GDI * 100 \quad \dots\dots\dots 76$$

$$E = [(V_a - V_r - V_p) / V_a] * 100 \quad \dots\dots\dots 77$$

$$E = 100 - p_r - C \quad \dots\dots\dots 78$$

إذ إن V_a حجم الماء الداخل إلى المرز و V_r حجم ماء السيح و حجم الماء المتخلل عميقاً و p_r % لمياه

السيح و p_r % لماء التخلل العميق.

الري بالرش Sprinkler Irrigation

يُعرف الري بالرش بأنه طريقة للري، يتم فيها ضخ المياه في شبكة من الأنابيب مختلفة الأقطار تنتهي بفتحات ثابتة أو رشاشات دوارة تخرج منها المياه إلى الهواء على شكل قطرات، تتساقط على الأرض والنبات تشبه المطر. وقد تم ابتكار الري بالرش خلال عقد الخمسينيات من القرن العشرين، وكانت بدايته بسيطة عبارة عن أنابيب مثقبة، يضخ فيها الماء بضغط فيخرج الماء من الثقوب المنتشرة على طول الأنبوب بشكل يشبه النافورات تستند فلسفة الري بالرش على مبدئين أساسيين هما:

1- عدم استخدام سطح التربة واسطة لنقل وتوزيع الماء أثناء الري.

2- يجب أن لا يزيد معدل الري (شدة الرش) عن قابلية التربة لامتصاص الماء (سعة الغيض).

وهذين المبدئين هما عكس مبدئي الري السطحي تماماً، ويتأتى من هذين المبدئين معظم منافع وميزات الري بالرش والتي تتلخص بالآتي:

1- كفاءة الري والنقل وتناسق توزيع الماء عالية مقارنة بطرائق الري السطحي بسبب قلة أو انعدام ضائعات السطح

السيح السطحي والتخلل العميق تحت ظروف الإدارة الجيدة، كما تتعدم ضائعات النقل كضائعات الرش الجانبية (النزير) من جوانب القنوات، والتبخر كتلك التي تحصل في القنوات المفتوحة.

2- لا يحتاج الري بالرش إلى عمليات التدرج وتسوية وتعديل الأرض، ولهذا أكثر من فائدة، إمكانية استخدام

هذه الطريقة لري الأراضي المتموجة بدون إجراء عمليات تعديل وتسوية وفي ذلك خفض للتكاليف من ناحية ومن ناحية أخرى المحافظة على الطبقة السطحية من التربة الغني بالعناصر الغذائية والمادة العضوية. واحياناً يتعذر تدرج الأرض عندما يكون عمق الطبقة السطحية لا يتحمل أعمال قطع وردم وفي هذه الحالة يصبح الري بالرش أمراً محتوماً.

3- إمكانية استخدام الطريقة كوسيلة للري التكميلي لتصبح الزراعة الديمية مضمونة وتساعد في استقرار الإنتاجية وذلك من خلال الاستفادة من الآبار ومياه السيول في الوديان.

4- يُعد الري بالرش الوسيلة الأمثل لري الترب الجبسية والترب الخشنة النسجة بسبب إمكانية التحكم والسيطرة

الكاملة على كمية المياه المعطاة مهما قلت تلك الكمية، وبهذا نحد من تكون الخسفات المائية في الترب الجبسية، كما تقلل من ضائعات التخلل العميق في الترب خشنة النسجة التي تؤدي إلى خفض كفاءة الري. كما يناسب الري بالرش الحقول ذات نسجات الترب المختلفة في معدلات غيضاها بسبب إمكانية تغيير معدل الرش أثناء الري.

5- أفضلية استخدامها كطريقة للري في الترب الضحلة وذات الماء الأرضي المرتفع، لان الطريقة توفر سيطرة كاملة على كمية الماء المعطاة، كما إن لطريقة الري بالرش الأفضلية في ري الترب سهلة التعرية وذات الانحدارات الشديدة، لنفس السبب.

6- يمتاز نظام الري بالرش بالمرونة العالية في التشغيل والإدارة، ويمكن تجهيز الحقل بريات خفيفة وهي مهمة في بعض الترب، وفي بعض مراحل النمو الأولى كما انه من أكثر الطرق استعداداً وسهولة للتشغيل التلقائي.

7- لا يحتاج الري بالرش إلى مصادر مائية بتصريف عالية.

8- لا تشغل معدات نظام الري بالرش مساحة مهمة من الأرض.

9- يمكن استخدام الري بالرش لأغراض أخرى غير الري، منها:

أ- إضافة الأسمدة الكبرى والصغرى القابلة للذوبان بالماء.

ب- إضافة المبيدات ومصلحات ومحسنات التربة القابلة للذوبان في الماء.

ت- غسل النباتات من الغبار وحمايتها من الصقيع الذي قد يحصل خلال موسم النمو.

ث- لتلطيف الجو حول النبات عند ارتفاع درجات الحرارة.

محددات وعيوب الري بالرش:

1- تأثر أداء النظام سلبياً بالرياح وعندما تكون الرطوبة النسبية منخفضة، حيث يقل تناسق وكفاءة الري بازدياد سرعة الرياح، ويجب أن يوقف الرش إذا زادت سرعة الرياح عن 5 كم. ثا¹.

2- الفوائد المائية بسبب التبخر والانجراف بالرياح خارج حدود دائرة خدمة المرشة وقد تصل هذه الفوائد إلى 40%.

3- لا يمكن استخدام مياه ملوحتها تزيد عن 2.5 - 3 دسي سيمنز. م¹ أو ذات نوعية رديئة لأنها تسبب أضرار للمحصول ولمعدات شبكة الري.

4- يحتاج الري بالرش إلى طاقة لضخ الماء مما يزيد من تكاليف الري.

5- الكلف الثابتة لنظم الري بالرش مرتفعة نسبياً مقارنة مع طرق الري السطحي، إلا أن هذه الكلف المرتفعة يقابلها كلف تشغيل منخفضة وزيادة في إنتاجية الحاصل، بوحدة المياه المستهلكة (أي إمكانية الزيادة الأفقية في الزراعة بنفس كمية الماء المتوفرة).

6- يؤثر ارتطام القطرات بالتربة والبادرات تأثيراً سلبياً على نمو البادرات والصفات الفيزيائية للتربة، ويمكن الحد من هذا التأثير بتقليل حجم القطرات أو فرش التربة بالقش والمادة العضوية (تغطية التربة Soil mulch)، لتقليل قوة الاصطدام وزخم القطرة، كما تساهم الطريقة في نقل الإصابات المرضية وخصوصاً الفطرية ضمن الحقل الواحد.

تصنيف نظم الري بالرش:

ظهرت خلال العقود الستة الماضية عدة تصانيف لنظم الري بالرش، أشهرها ذلك التصنيف الذي يعتمد على حالة رأس المرشة أثناء الاشتغال كونه ثابتاً في موقعه أو متحركاً، وعلى هذا الأساس فإن نظم الري بالرش تصنف إلى صنفين أساسيين هما:

أ- نظم الري بالرش الثابتة **Stationary Sprinkler Irrigation System**: وفيها رأس المرشة ثابتاً في موقعة أثناء الاشتغال. وتُصنف تبعاً لمدى كفاية أنابيب الشبكة (سواءً كانت رئيسية أو فرعية أو أنابيب الرش) لتغطية مساحة الحقل إلى:

1- نظام الشبكة الكاملة **Solid set system**: وفيه يكون أعداد جميع أنواع الأنابيب كافياً لتغطية عموم مساحة الحقل. وهي إما مدفونة تحت سطح التربة أو ظاهرة فوق سطح التربة عندما يُراد نقلها من حقل إلى آخر بعد إكمال الموسم.

2- نظام الشبكة المنقولة **Portable set system**: وفيه تكون أعداد الأنابيب (ربما الرئيسية أو الفرعية أو أنابيب الرش) غير كافياً لتغطية عموم مساحة الحقل فيُصار إلى نقل الأنابيب من موقع إلى آخر ضمن الحقل الواحد وخلال الريّة الواحدة، ويتم نقل الأنابيب إما يدوياً فتسمى النظم المنقولة يدوياً ومنها نظم الري نصف الثابتة **Semi-Solid system** أو نصف المنقولة **Semi-Portable system** وفيها يكون خط



الأنابيب الرئيسي وطاقم الضخ ثابتين خلال الموسم ويتم مناقلة خطوط الأنابيب الفرعية وأنابيب الرش ضمن الحقل الواحد خلال الريّة بسبب عدم كفايتها لتغطية مساحة الحقل بالكامل. أو قد يتم نقل الأنابيب بواسطة الآلة ومن أنواعها النظام المنقول بالساحبة **Tractor moved system** ولنظام المدرج جانبياً **Side-rolled system** والنظام المنقول جانبياً **side-moved**.

ب- نظام الري بالرّش دائم الحركة **Continuous-moved sprinkler system** وفيها يكون رأس المرشة متحركاً باستمرار أثناء عملية ري الحقل وأشهرها نظام الري المحوري **Center-pivot system**، ونظام الري بالرّش الخطي **Linear move system** ونظام الري بالرّش السيار **Traveler sprinkler system**، ومن أنواعه المدفعي **Gun system**.

مكونات نظام الشبكة المنقولة (نظام الري بالررش نصف الثابت) Semi-solid or semi-portable sprinkler system contents



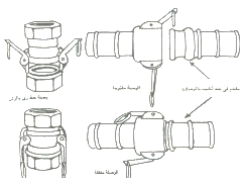
انتشر هذا النوع من أنظمة الري بالررش في العراق خلال العقد الأخير من القرن العشرين، وأياً كانت جهة تصنيع هذه الأنظمة، فهي تتفق جميعاً من حيث المكونات وطريقة التشغيل إلا أنها قد تختلف في أقطار الأنابيب المكونة لها وفي نوع المرشات، وفيما يلي سرد لمكونات هذه الأنظمة وكما موضحة في الشكل

أولاً: طاقم الضخ Pump set:

ويتكون من مضخة واحدة أو مجموعة مضخات اعتماداً على سعة المشروع، يُنصب طاقم الضخ عند مصدر الماء بحيث لا يزيد ارتفاع طاقم الضخ عند مستوى سطح الماء في المصدر عن 2-3م تعمل المضخة على ضخ الماء داخل شبكة الأنابيب الخط الرئيسي بضغط يكفي للتغلب على ضائعات الاحتكاك بجدران الأنابيب والوصلات الملحقة أولاً ويكفي لتشغيل وتدوير المرشات المحمولة على أنابيب الرش. تُحدد المضخة المناسبة لتشغيل نظام الري بالررش من معيارين هما: تصريف المضخة وقابليتها على رفع الماء (الضغط head) ويمكن تغيير هذين المعيارين ضمن حدود معينة من خلال تغيير سرعة الدوران وبما تسمح به مواصفات المصنع.

ثانياً-شبكة أنابيب الخط الرئيسي Main Line:

وتكون ممتدة على طول الحقل وترتبط بالمضخة بواسطة عكس elbow وشفة flange، كما ترتبط بهذه الأنابيب أنابيب الخطوط الفرعية بواسطة تقاسيم ثلاثية hydrant أو أنابيب الخطوط المغذية manifold. ويعتمد أقطار أنابيب الخط الرئيسي على مساحة الحقل وهي إما تكون فوق سطح الأرض أو مدفونة بعمق لا يقل عن 80 سم وعادة ما تصنع هذه الأنابيب من الحديد المغلون أو الألمنيوم أو البولي أثلين عالي الكثافة وبأطوال 6 م. أنبوب¹. ويرتبط الأنابيب مع الأنابيب الآخر بواسطة توصيلات سريعة (قوارن quick-coupler) محكمة السد. وينتهي الخط الرئيسي بسدادة لمنع تسرب الماء من نهايته.



شكل 22 وصلات قوارن

ثالثاً-شبكة الخطوط الفرعية Lateral Lines: ترتبط بأنابيب

ترتبط بأنابيب الخط الرئيسي بواسطة التقاسيم الثلاثية يعلوها مفتاح (Valve) للسيطرة على دخول الماء من الخط الرئيسي إلى الخط الفرعي. تصنع هذه الأنابيب بأقطار أصغر من أقطار الخط الرئيسي بنفس مواد التصنيع والأطوال المذكورة أعلاه. وقد تستخدم لنفس الخط الفرعي أنابيب بقطرين مختلفين (تصغر من الأكبر إلى الأصغر) للحفاظ على ضغط في نهاية الأنبوب، ويربط القطران بواسطة مصغر reducer. كذلك ينتهي كل خط فرعي بسدادة، وتحمل بعض الأنابيب الفرعية أنابيب الرش (حوامل المرشات).

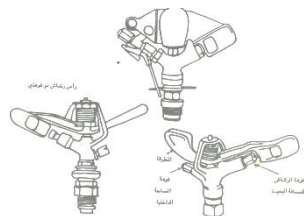
رابعاً-أنابيب الرش (حوامل المرشات) riser:

وهي أدق الأنابيب في شبكة الري بالرش ويحمل المرشات. وتكون مثبتة على بعض أنابيب الخطوط الفرعية، ويعتمد طول حامل المرشة على ارتفاع المحصول، وقد يتم تغيير طول حامل المرشة أثناء موسم النمو حسب ارتفاع النبات،

خامساً-المرشات Sprinkler:

وتعد أهم أجزاء المنظومة وتكون محمولة على أنابيب الرش بشكل مباتق أو مرشات دوارة والأخيرة أكثر أنواع المرشات استخداماً لما توفره من مديات واسعة في الحجم والتصريف ومدى الرش وشدته ومتطلبات شحنة التشغيل (الضغط)، وتُصنف المرشات حسب الضغط التشغيلي الذي تعمل به إلى أربعة مجموعات وهي:

أ- مرشات واطئة الضغط: تحتاج لضغط تشغيلي بين 3.5-10 م وتغطي مساحة رش صغيرة. وتستخدم في التربة ذات معدلات غيض أساس تزيد عن 12 مم. سا⁻¹.



ب- مرشات معتدلة الضغط: وتعمل بضغط 10-20 م وتغطي مساحة رش أكبر وتشتت حسن لقطرات الماء.

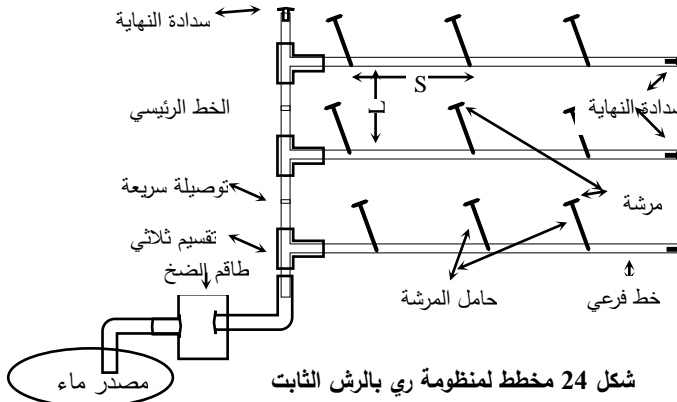
ت- مرشات متوسطة الضغط وتعمل بضغط تشغيلي من 20-40 م وهي أكثر الأنواع استخداماً بسبب مدى الرش الواسع وعدل الرش المناسب والتشتت الجيد للقطرات.

ث- المرشات مرشات الضغط العالي: وتعمل بشحنة ضغط من 40-70 م أو أكثر وتغطي مساحة رش كبيرة 60-120 م ومعدل رش عال يصل إلى 20 مم. سا⁻¹، وهناك ملحقات أخرى للشبكة كملحقات الربط والمد والصمامات بأنواعها ومنظمات الضغط والمقاييس.

مخطط نظام الري بالرش الثابت

يعتمد مخطط شبكة الري بالرش في الحقل على عوامل عديدة منها:

أولاً- الفواصل بين المرشات: يُعبر عن الفواصل بين المرشات بمسافتين الأولى تمثل الفاصلة بين مرشة وأخرى على



شكل 24 مخطط لمنظومة ري بالرش الثابت

الأنبوب الفرعي الواحد ويرمز لها بـ S والثانية تمثل الفاصلة بين مرشة وأخرى متقابلتين على أنبويين متجاورين ويرمز لها بالحرف L وكما في الشكل.

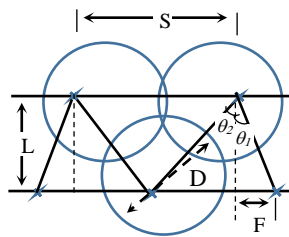
تكتب أولاً الفاصلة S ثم الفاصلة L. وتكون قيمها مضاعفات العدد 3 (6، 9، 12، 15، 18، ...) حسب النظام الأمريكي، ومضاعفات العدد 2 (4، 6، 8، 10، 12، ...) حسب النظام الأوربي. إن

المهم في اختيار الفواصل هو تحقيق تغطية كاملة لمساحة الحقل بماء الرش وعدم ترك بقعة جافة لا يصلها الماء. ويجب أن يحصل تداخل بين دوائر الابتلال. وتعتمد قيم فواصل المرشات على:

أ- ترتيب المرشات ب- نمط توزيع الماء حول المرشة، ج- سرعة الرياح، د- تصريف المرشة، هـ- أقصى معدل رش مسموح به.

العوامل المؤثرة في فواصل المرشات:

أ- ترتيب المرشات: وترتب المرشات بأربعة حالات هي:



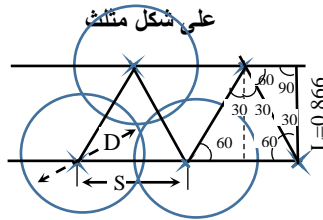
شكل 25 ترتيب المرشات

$$[(S-F)^2 + L^2][F^2 + L^2] / L^2 \leq D^2 \quad \dots\dots\dots 79$$

1- ترتيب المثلث العام: كما في الشكل، إن العلاقة الهندسية التي تربط D, F, L, S بحيث تضمن عدم وجود بقعة جافة لا يصلها الماء في الحقل تحت ظروف الهواء الساكن هي:

2- ترتيب المثلث المتساوي الأضلاع: كما في الشكل وفيه تكون مقدار الإزاحة

F تساوي نصف فاصلة المرشة S وعلى هذا الأساس تكون المعادلة كما في المعادلة



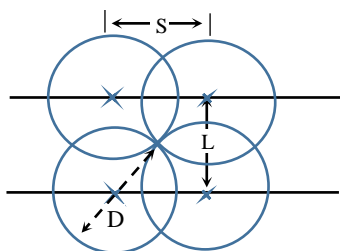
شكل 26 ترتيب المرشات على

$$1/4(S2 + L2) / L \leq D \quad \dots\dots\dots 80$$

شكل مثلث متساوي الاضلاع

ومن الشكل فإن $L/S = \cos 2$ وبالتالي فإن

$$L = 0.866s \dots\dots\dots 81$$



شكل 27 ترتيب المرشات على شكل مستطيل

3- الترتيب المستطيل للمرشات: كما في الشكل وفيه تكون فاصلة المرشات S أقل من فاصلة أنابيب الرش L ، ويستخدم في المناطق ذات الرياح العالية نسبياً على ان يوضع أنبوب الرش باتجاه عمودي على اتجاه الرياح السائدة. والعلاقة بين قطر دائرة الابتلال D وأكبر فواصل بين المرشات بحيث لا يسمح بوجود أو ظهور أي بقعة أو منطقة جافة في الحقل ومعادلته هي:

$$S^2 + L^2 \leq D \dots\dots\dots 81$$

4- الترتيب المربع للمرشات وهو حالة خاصة من الترتيب المستطيل يكون فيه $L=S$ كما إن فواصل المرشات تكون بشكل عام أقل من الترتيب المثلث متساوي الأضلاع ومن فوائد هذا الترتيب انعدام تأثير اتجاه الرياح على تناسق الري.

ب-تأثير الرياح على فواصل المرشات:

إن فواصل المرشات المحسوبة من المعادلات السابقة، هي أقصى فواصل ممكنة تحت الظروف المثالية (انعدام الرياح)، أما تحت الظروف غير المثالية فيجب تقليل هذه الفواصل لضمان تغطية عموم مساحة الحقل بماء الرش

ويتناسق إرواء مقبول وهذا بالطبع يزيد من كلفة الشبكة وكدليل أولي لأغراض التصميم يمكن الاستعانة ببيانات الجدول الاتي في اختيار فواصل المرشات لمختلف حالات ترتيب المرشات وسرعة الرياح.

ترتيب فواصل المرشات				سرعة الرياح		
مثلث متساوي الأضلاع		المربع		المستطيل		
K_1	K_2	K_1	K_2	K_1	K_2	
0.60	0.52	0.55	0.55	0.50	0.60	1.5-0 م. ثا ⁻¹
0.55	0.48	0.50	0.50	0.45	0.60	3.0-1.5
0.50	0.43	0.45	0.45	0.40	0.60	5.5-3.0

$$S \leq K_1 D \dots\dots 82 \text{ and } L \leq K_2 D \dots\dots\dots 83$$

تناسق توزيع المياه

لتوضيح نمط توزيع الماء لمرشة منفردة تحت الظروف الحقلية سنستعين بالشكل 28 لمرشة صغيرة تصريفها 0.63 م³.

		2	6	5	4		
	3	10	13	12	6	3	
	5	11	16	13	8	4	
		7	10	14	6	5	
		3	4	6	4		

ساعة⁻¹ استمر الرش فيها لثلاث ساعات، وبإبعاد وحدة التشبيك 3*3م. من الشكل يجب ان نحدد المساحة التي يتم قياس تناسق الارواء لها وهي وحدة المساحة الأساسية (S*L)، وللحصول على الأعماق النهائية للارواء بالرش داخل وحدة الأساسية ضمن الشبكة فان أن ذلك يتطلب اجراء مرحلتين من التداخل، الأولى باجراء تداخل بين أنماط المرشات على امتداد أنبوب الرش

شكل 28 كمية الماء المستلمة في مركز كل تشبيك

	0+0 0	2+7 9	6+10 16	5+14 19	4+6 10	0+5 5	
	3+0 3	10+3 13	13+4 17	12+6 18	6+4 10	3+0 3	
	5+0 5	11+0 11	16+0 16	13+0 13	8+0 8	4+0 4	

كما في الشكل 29 وفي هذه الحالة نحتاج إلى تحديد المسافة الفاصلة بين مرشة وأخرى على نفس الأنابيب S ولنفرض انها تساوي 9 م. اما المرحلة الثانية فتتضمن اجراء تداخل بين أنماط

توزيع الماء على جانبي أنابيب الرش كما في الشكل 30، وهنا لا بد من تدنيب الرش

شكل 29 حسابات تداخل أنماط المرشات

على امتداد أنبوب الرش

المسافة L ولنفرض انها تساوي 12 م.

يمكن النظر إلى النتائج في الشكل 30 لاختبار توزيع المياه لمساحة S*L

بفواصل مرشات 9*12 م إذ تجرى في الحقل لعدة أنابيب رش تعمل في آن واحد حيث تجمع أعماق الماء في مقاييس توضع في مراكز الخلايا.

يحسب معامل تناسق توزيع الماء من المعادلة

$$Uc = (1 - (\sum X / \sum R) * 100\% \dots\dots\dots 84$$

إذ ان Uc معامل التناسق و X الانحراف المطلق لعمق الماء عن معدل اعماق الماء الواصلة إلى الأرض، مم و $\sum X$ مجموع الانحرافات المطلقة لاعماق الماء عن المعدل العام لهذه الأعماق، مم و R عمق الماء الواصل إلى الأرض والمقاس بمقياس المطر عند أي نقطة، مم و $\sum R$ مجموع أعماق الماء الواصل إلى الأرض، مم.

يمكن صياغة المعادلة 84 بالمعادلة 85

$$Uc = (1 - (\bar{X} / \bar{R}) * 100\% \dots\dots\dots 85$$

إذ ان \bar{X} متوسط الانحرافات المطلقة، مم و \bar{R} متوسط الأعماق أو القراءات، مم

الري بالرش Sprinkler Irrigation

فوائد رذاذ الرش Sprinkler Spray Losses, SSL

تشمل الفوائد جزئين أساسيين هما، الجزء الأول، يمثل فواید التبخر من ماء الرش أثناء ارتفاع القطرة في الهواء والقطرات المتبخرة من سطوح أوراق المحصول، أما الثاني فيمثل القطرات الناعمة جداً والتي تدفعها تيارات الهواء وتحملها بعيداً إلى خارج الحقل وهذا يعتمد على سرعة الرياح والضغط التشغيلي عند المبتق وقطر فوهة المبتق. إن تحطم وتشتت بفق الماء الخارج من ميثق المرشة إلى قطرات ناعمة جداً يزيد من مجموع السطوح المائية المعرضة للهواء وبالتالي تزداد فواید التبخر أيضاً. ولا يمكن الفصل بين فواید التبخر وفواید انجراف القطرات الناعمة بتيارات الهواء.

وهناك كثير من العوامل التي تؤثر في فواید الرذاذ أهمها، سرعة الرياح، درجة حرارة الهواء، الرطوبة النسبية، قطر فوهة المبتق، الضغط التشغيلي عند المبتق، ارتفاع المبتق عن الأرض.

طرق قياس فواید رذاذ الرش

هناك عدة طرق لقياس فواید رذاذ الرش SSL أهمها

أولاً: طريقة قياس الإيصالية الكهربائية

توصل الحديثي وآخرون 2003 إلى معادلة بسيطة لحساب فواید الرذاذ تعتمد على قياس الإيصالية الكهربائية لمياه الري عند المصدر EC_s ومياه الري المستلم EC_a على سطح التربة وحسب المعادلة 84

$$\% SSL = (72.63 (EC_a - EC_s) / EC_a) + 2.1 \dots\dots\dots 86$$

ثانياً: استخدام المدلولات الانوائية

استخدمت عدة من المعادلات التجريبية لتخمين الفواید من المدلولات الانوائية والمعايير الهيدروليكية وأهمها:

$$SSL = 82 (q / N^2 \sqrt{hg})^{-0.63} (W / \sqrt{Ng})^{0.47} (R_H)^{-0.74} \dots\dots\dots 87$$

$$SSL = 8.5 (W)^{0.46} (h)^{0.76} (R_H)^{-0.83} (R_Z)^{0.15} (N)^{-0.65} (T)^{0.56} \dots\dots\dots 88$$

إذ إن q تصريف ميثق المرشحة (م³. ثا⁻¹)، N قطر فوهة الميثق (م في المعادلة 85 و مم في المعادلة 86)،
 h الضغط التشغيلي (شحنة الضغط) عند ميثق المرشحة (م)، g التعجيل الأرضي (9.8 م. ثا⁻¹)، W سرعة الرياح على
 ارتفاع 2 م فوق سطح الأرض (م)، R_H الرطوبة النسبية (%)، R_Z ارتفاع قسبة المرشحة (م)، T درجة حرارة
 الهواء (م⁰).

ثالثاً طرق القياس الفعلية أو الحقلية

يمكن قياس فواقد التبخر بتجميع الماء النازل من المرشحة على حصيرة بلاستيكية منحدره ثم جمعه منها بأسرع
 وقت ممكن ثم تحسب الفواقد من المعادلة 89

$$SSL = (V_s - V_c) / V_s \quad \dots\dots\dots 89$$

إذ إن V_s حجم الماء الخارج من المرشحة (م³) ويحسب كما يأتي $V_s = q * t$ حيث q تصريف المرشحة (م³.
 ساعة⁻¹) و t زمن الاشتغال (ساعة)، V_c حجم الماء الذي تم جمعه من الحصيرة (م³).

ويمكن معرفة حجم الماء الواصل إلى الأرض من بيانات نمط توزيع الماء حول المرشحة المنفردة وكالاتي

$$V_c = (\sum x_i) * Ag / 1000 \quad \dots\dots\dots 90$$

إذ إن V_c حجم الماء الواصل إلى الأرض (م³)، x_i عمق الماء في العلبة (م)، Ag مساحة التشبيك (م²)

كما يمكن معرفة V_c من معرفة معدل أعماق الماء في العلب \bar{x} (م³) وفواصل المرشات $S*L$ (م*م)

$$V_c = (\bar{x} / 1000) * (S*L) \quad \dots\dots\dots 91$$

كفاءة الري للري بالرش

إن كفاءة الري بمفهومها البسيط هي النسبة المئوية لكمية الماء المخزونة ضمن العمق الفعال إلى كمية الماء
 الكلية الخارجة من المباتق، إن تعريف الكفاءة بهذه الصيغة دون الإشارة إلى كفاية الري لا يعني الكثير كما انه لا
 يعكس التأثير الكامل لتناسق الري على أداء الشبكة، فإذا كان تناسق الري 80% وكفاية الري 50% فإن معدل فواقد
 التخلل العميق ستكون بحدود 10%، وإذا كانت فواقد الرذاذ 20% فكفاءة الري E تحسب من المعادلة 92

$$\%E = (100 - D_p) * (100 - SSL) / 100 \quad \dots\dots\dots 92$$

$$\therefore \%E = (100 - 10) * (100 - 20) / 100 = 72\%$$

وإذا زادت كفاية الري عن 50% فإن نسبة فواقد التخلل العميق تزداد وتقل كفاءة الري. وعند ما يقل تناسق

سرعة الرياح (م. ثا ⁻¹)	أقل من 5	5-7.5	أكثر من 7.5	الري عن 80% فإن كفاءة الري ستقل أيضاً، الجدول المجاور يوضح قيم مقترحة لكفاءة الري على أساس تناسق ري يساوي 80% وإن معدل صافي عمق الري يساوي النقص في الماء المتيسر في المنطقة الجذرية. ويمكن الاستفادة من هذه القيم عند تصميم الري بالرش الثابت.
1.8 - 0	75	71	68	
4.5 - 1.8	71	68	65	
أكثر من 4.5	68	65	62	

تشغيل منظومة الري بالرش نصف الثابت (أو الثابت)

يجب مراعاة الجوانب الآتية عند تشغيل المنظومة

- 1- نصب طاقم الضخ بالقرب من مصدر المياه بحيث لا يزيد ارتفاع الطاقم عن مستوى ماء الري في المصدر (نهر أو حوض) عن 2 - 3 م ويراعى عند النصب، أفقية الطاقم وثباته على الأرض.
- 2- نقل الأنابيب وملحقاتها إلى جزء الحقل المراد ريه، وربطها ببعضها بعد التأكد من وجود الحلقات المطاطية (الواشرات) في كل أنبوب لمنع تسرب الماء والمحافظة على الضغط المطلوب للتشغيل بشكل جيد وحسب المواصفات التصميمية
- 3- تثبيت حوامل المرشات والمرشات على الأنابيب الفرعية.
- 4- تشغيل المنظومة قبل غلق نهايات الخط الرئيسي والخطوط الفرعية بالسدادات وذلك لغرض التخلص من الأتربة والمواد الغريبة التي قد تكون بداخل الأنابيب. ثم سد نهاية الخط الرئيسي والفرعية بسداداتها.
- 5- لغرض رفع كفاءة اشتغال المنظومة وتقليل الضائعات المائية، ينبغي الري خلال الساعات التي تنخفض فيها درجات الحرارة وتقل فيها سرعة الرياح، كما ويجب التأكد من ان نوعية المياه صالحة للري حفاظاً على المنظومة والنبات والتربة.
- 6- بعد الانتهاء من عملية ري جزء الحقل (الري نصف الثابت) يتم إطفاء طاقم الضخ، ثم تفكك الخطوط الفرعية بشكل نظامي وتفريغها من الماء وتقل إلى جزء آخر من الحقل.

إن الاشتغال الصحيح للمنظومة يوجب:

- 1- عدم وجود فرق بين تصريف المرشة الأولى والأخيرة على الخط الفرعي الواحد يزيد عن 10% من التصريف التصميمي، وفي حالة زيادة الفرق عن الحد المسموح به فيصار إلى توقيف عملية الرش ومعالجة الخلل الذي قد يكون ناجماً عن:

- أ- وجود تسرب للمياه من غير فتحات المرشثة.
- ب- زيادة أو نقصان عدد المرشثات العاملة في آن واحد عن العدد المسموح بشغيله تصميمياً.
- ج- عدم ملائمة مواصفات طاقم الضخ لتشغيل المنظومة أو وجود خلل في طاقم الضخ.
- 2- عدم وجود فرق في ضغط الماء عند المرشثة الأولى والأخيرة على الخط الفرعي يزيد عن 20% عن الضغط التصميمي، وعندما يزيد الفرق عن ذلك فيجب التوقف عن التشغيل ومعالجة الخلل الذي قد يكون ناتجاً عن واحدة أو أكثر من الحالات التالية
- 1- وجود تسرب للضغط من غير فتحات المرشثة.
- 2- وجود زوايا حادة في بعض الخطوط الفرعية عند مدها على الأرض.
- 3- استخدام أكثر من نوع من المرشثات ذات مواصفات متعددة ومتغايرة.
- 4- عدم تجانس حوامل المرشثات في الطول أو القطر أو كليهما.
- 5- عدم تثبيت حوامل المرشثات بشكل عمودي على الخط الفرعي.
- 6- زيادة عدد المرشثات العاملة في آن واحد عن الحد التصميمي لمواصفات طاقم الضخ من حيث التصريف والضغط.
- 7- وجود خلل في أداء طاقم الضخ والذي قد يكون أحد أسبابه:
- أ- قطر أنبوب السحب أقل من قطر أنبوب الدفع.
- ب- اهتزاز طاقم الضخ أثناء الاشتغال بسبب عدم تثبيته بشكل محكم على الأرض أو بسبب عدم مركزية ربط المضخة مع المحرك.
- ج- نصب المضخة بعيداً عن مصدر المياه (أنبوب السحب أكثر من 3 م)
- د- عدم وجود مصفي في نهاية أنبوب السحب أو عدم ملائته من حيث قطر الفتحات وعددها أو عدم تنظيفه من النباتات والطحالب المتراكمة والحيوانات الميتة العالقة بفتحاته.
- هـ- عدم إجراء الصيانة الدورية لأجزاء الطاقم.
- و- عدم ملائمة مواصفات طاقم الضخ لتشغيل المنظومة.
- 3- وجو تداخل بين دوائر خدمة المرشثات بنسبة 50 - 60% إن انخفاض نسبة التداخل على المدى المذكور يؤدي إلى انخفاض تجانس توزيع الماء داخل التربة. كما إن زيادة نسبة التداخل عن المدى المذكور يؤدي إلى زيادة الكلف الثابتة والتشغيلية للمنظومة. يمكن حساب قطر دائرة خدمة المرشثة نظرياً من المعادلة 91
- 93..... $R = 1.35 \sqrt{d h}$

إذ إن R نصف قطر دائرة خدمة المرشة (م)، d قطر فتحة المرشة (م) وفي حالة وجود فتحتين للمرشة ذات قطرين مختلفين فيؤخذ قطر الفتحة الأكبر، h الضغط التشغيلي عند فتحة المرشة (م).

وفي الحقل يمكن قياس قطر دائرة خدمة المرشة عملياً بواسطة شريط القياس، وفي حالة عدم تطابق قطر الدائرة المحسوب من المعادلة 91 والمقاس فعلياً فهذا يعني وجود خلل، أما بقطر فتحة المرشة ويجب استبدالها، أو في الضغط التشغيلي وفي هذه الحالة يجب تصحيح الضغط التشغيلي.

نظم الري بالرش دائمة الحركة

وفي هذا النظام تكون المرشات متحركة باستمرار أثناء الري، على نوعين النوع الأول والأقدم هو نظام الري بالرش دائم الحركة الخطي **Liner Sprinkler Irrigation** والثاني هو نظام الري بالرش المحوري **Center - Pivot Sprinkler Irrigation**

نظام الري بالرش دائم الحركة الخطي

Liner Sprinkler Irrigation

يشبه نظام الري المحوري في تركيبه فيما عدا أن كلا الطرفين غير مثبتين، والخط كما يتحرك في اتجاه عمودي على مصدر المياه توصل المياه من المصدر) خط مواسير مدفون أو قناة ري مكشوفة (بواسطة خرطوم مرن، يروى النظام الحقول المستطيلة أو المربعة الخالية من العوائق. طول خط الرشاشات يصل إلى 900 متر يمكن ري حقل بطول يصل إلى



2500 متر أي أن المساحة المروية تصل إلى 200 هكتار تقريباً، وحدة التحكم الخاصة بالجهاز موضوعة على عربة تسير بجانب قناة الري، على جانب واحد، يتراوح معدل الإضافة من 5 - 100 مم/يوم (ويصلح في حالة الانحدارات حتى 15% إنما في اتجاه خط السير يكون أقصى ميل 1% ويغطي الجهاز حوالي 98% من المساحة الكمية الحقل، ومكوناته لا تختلف كثيراً كأجزاء عن الري



بالرش المحوري والاختلاف بين طاقم الضخ الذي يتحرك مع المنظومة وأبراج الرش، وتصريف المرشات إذ يكون تصريف المرشة ثابتا مع الزمن لوحدة المساحة المروية.

كما ان موازنة سرعة الأبراج مع الزمن تحددها في الموديلات الحديثة بضوء ليزري ينبعث من طاقم الضخ، ليمر بمستقبلات موضوعة على أبراج الرش، فعندما يمر الضوء من جميع المستقبلات سيقى الجهاز متحركا بالسرعة التي تم تعيير المنظومة عليها، ولكن عندما يتعذر احد الأبراج في الحركة كأن يلاقي أرضاً مرتفعة فسيسير هذا البرج ببطء قياساً ببقية الأبراج مما يجعل الضوع ينقطع عن الأبراج فتتوقف كل الأبراج عن الحركة إلا البرج المتعثر لحين مرور الضوء مرة ثانية من جميع الأبراج فتعود كافة الأبراج إلى الحركة، وكذلك الحال عند حصول العكس وعندما يواجه البرج منحدرًا ستكون سرعة البرج أعلى وكذلك سينقطع الضوء عن المستقبلات فتتوقف كافة الأبراج عدا ذلك البرج الأكثر سرعة لحين وصوله واستقامته مع بقية الأبراج.

نظام الري بالرش المحوري Center - Pivot Sprinkler Irrigation

يتكون النظام من الأجزاء الأساسية الآتية:

1- المحور Pivot : عبارة عن هيكل معدني يتكون من أربعة سيقان حديدية مثبتة على قاعدة إسمنتية (للأنظمة



شكل 31 نظام الري بالرش المحوري

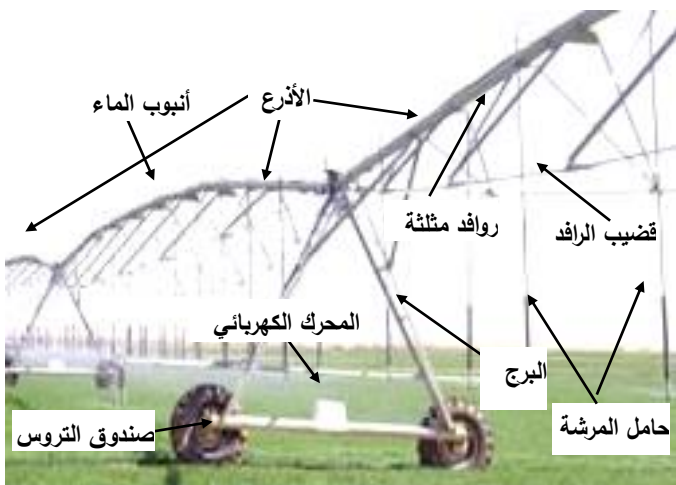
الماكثة) ذات أسس في الأرض، يمتد أنبوب رافع في وسط السيقان الأربعة ينتهي من الأعلى بالمروود الدوار، في حين ينتهي من الأسفل بعكس قائم يمثل نقطة دخول الماء وكما في الشكل 31.

2- الأذرع Spans: يتحرك الماء عبر الأنابيب الرافع والمروود الدوار إلى الحقل عبر خط أنابيب، كل مجموعة منها تسمى ذراع وترتبط الأذرع مع بعضها بواسطة مفاصل مرنة لتعطي الطول الإجمالي للجهاز والذي عادة لا يزيد عن 850 م. وترتبط المرشات بخط أنابيب وتختلف أقطار فتحات المرشات على طول خط الأنابيب، إذ يزداد قطر فتحة المرشة كلما ابتعدنا عن المحور بسبب زيادة المساحة المسؤولة عن ريهها كل مرشة.

3- الأبراج Towers: يتكون البرج الواحد من أربعة أعمدة

ذات دعامات أفقية تستند على إطارين الشكل 32 يحمل كل برج محرك كهربائي ينقل الطاقة الكهربائية إلى صندوق التروس Gear Box محمول على قضيب عرضي حديدي يربط بين الإطارين

4- الجامع الحلقي Collector Ring : هو الجزء الذي يسمح للسلك الكهربائي (الكيبل) بالدوران دون ان يلف نفسه حول المحور.



شكل 32 ارتباط برج الحركة بالأذرع

5- لوحة السيطرة Control Panel : صندوق

معدي يضم عدداً من العدادات والمفاتيح يتم التحكم من خلالها بتشغيل وإطفاء الجهاز وكمية المياه التي تعطى للحقل واتجاه حركة الجهاز ووظائف عديدة أخرى.

6- أجهزة الاستقامة: عبارة عن قضيب سيطرة

ومجموعة ملحقات تعمل على المحافظة على استقامة الجهاز أثناء الحركة.

7- دائرة الأمان وهي دائرة كهربائية تعمل على

إيقاف الجهاز ومنع حدوث أي أضرار أو انقلاب الهيكل عندما تختل استقامة الجهاز.

يتمتع الجهاز بمحاسن إضافية فضلاً عن المحاسن المذكورة لنظم الري بالرش الثابت منها يكفي عامل واحد لتشغيل النظام، وتأثير الرياح أقل مقارنة بنظم الري نصف الثابت، والمرونة التي يوفرها النظام في تحديث النظام المحصولي، ويعطي الجهاز مرونة في وقت وكمية إضافة الماء. أما مساوئه فإن الجهاز يروي المساحة بشكل دائري وتترك زوايا وقد عولج هذا العيب بإضافة ذراع يقوم بري الزوايا، كما إن الجهاز يحتاج إلى مهارة في التشغيل والإدارة وصيانة أكثر نسبياً بنظم الري نصف الثابتة.

تصميم نظم الري المحوري

اهم البيانات الواجب توفرها لغرض التصميم هي:

- 1- ارتفاع وانخفاض الحقل عن نقطة المركز، وهو ذا قيمة موجبة عندما يكون أعلى من نقطة المركز وذو قيمة سالبة إذا كان منسوبه أوطأ منها.
- 2- أقصى انحدار للحقل وبحسب كنسبة مئوية.
- 3- نسجة التربة، إذ لها علاقة باختيار حزمة المرشحات.

4- أنواع المحاصيل التي ينوى زراعتها وتحديد الاستهلاك المائي اليومي.

5- حساب كمية الماء المطلوب للجهاز وحسب المعادلة 94 .

$$Wq = (ET_{daily} / 1000_{(mm\ m^{-1})}) * Ac \quad \dots\dots\dots 94$$

إذ ان Wq كمية الماء المطلوبة للتشغيل المنظومة (m^3 يوم⁻¹)، ET_{daily} الاستهلاك المائي اليومي (مم يوم⁻¹)، Ac المساحة التي يغطيها الجهاز.

6- ارتفاع الحقل عن مستوى سطح البحر .

7- ابعاد الحقل (اقصر طول واقصر عرض).

8- يحدد طول المنظومة التي ستصب بناءً على إبعاد الحقل فيحسب عدد الاذرع الكافية لتغطية اعظم دائرة ضمن ابعاد الحقل.

9- الطول المروري ويحسب من المعادلة 95

$$Lt = La + ds \quad \dots\dots\dots 95$$

إذ ان Lt الطول المروري (م) و La طول الجهاز (م) و ds بعد الرش للمدفع الرشاش المثبت في نهاية الجهاز ان وجد (م)

10- يحسب الضغط التشغيلي من معادلة 96.

$$Pw = Ps + f + fp \quad \dots\dots\dots 96$$

إذ ان Pw الضغط التشغيلي (م)، Ps الضغط المطلوب عند فوهة المرشة (م)، f فواقد الاحتكاك (م) و fp فواقد الاحتكاك لمنظمات الضغط (م).

11- تحسب القوة الحصانية من المعادلة 97.

$$HP = (Pw * Q) / (274.124 * E_m) \quad \dots\dots\dots 97$$

إذ ان HP القدرة الحصانية، و Q التصريف (m^3 ساعة⁻¹)، و E_m كفاءة المضخة.

12- تحسب عدد الساعات اللازمة لاكمال دورة كاملة من المعادلة 98.

$$Tt = La * 0.0944 / Va \quad \dots\dots\dots 98$$

إذ ان Tt عدد الساعات اللازمة، Va سرعة الجهاز (م دقيقة⁻¹)

13- تحسب كمية الماء المضافة من المعادلة 99.

$$Aq = Vp / ((Tt * Ac) * 1000) \quad \dots\dots\dots 99$$

إذ ان Aq كمية الإضافة (مم ساعة⁻¹)، و Vp حجم الماء الواصل إلى الجهاز (m^3).

محددات الانحدار

يحدد الانحدار قدرة المنظومة على تجاوز الانحدار دون حصول ضرر ميكانيكي أو تقليل من أداء الجهاز

الانحدار %	نسبة الاختزال %	قدرة وحدة السياقة على هيكلة الجهاز وقوة وحدة السياقة، ارتفاع الفضاء عن الأرض، قدرة وحدة السياقة على امتصاص الانحدار، السطح السطحي، والمعادلة 100 تحسب
4-0	0	محصلة الانحدار St (%)، بينما يبين الجدول المجاور الاختزال الحاصل في معدل
8-5	20	الإضافة تبعاً لنسبة الانحدار المسموح بها في الترب الثقيلة.
12-9	40	

$$St = (S \text{ in } A + S \text{ in } B) / 2 \dots\dots\dots 100$$

عدد الأبراج	قطر الأنبوب،	معدل الانحدار الشعاعي الأقصى	أقصى انحدار للبرج الأول %	أما نسب الانحدارات المسموح بها لحركة الأبراج
4	168 مم	7 %	8	فمبينة في الجدول المجاور.
5	168	5	8	

كمية الإضافة وسرعة الجهاز

ان التصريف عند أي مرشة يحسب من المعادلة 101.

$$q_x = Q * (2RW_x / (L + EGR)^2) \dots\dots 101$$

إذ ان q_x تصريف الرشاش رقم x (م³ ساعة⁻¹)، و R المسافة من المركز إلى المرشة المراد حساب تصريفها (م)، و W_x عرض الرش (م)، ويمثل المسافة بين مرشتين متجاورتين، و L طول الجهاز (م)، و EGR مدى الرش للمدفع ان وجد (م).

أما معدل الإضافة الآتي لأي مرشة أو ما يسمى بالشدة المطرية أسفل المرشة، فيحسب من المعادلة 102.

$$I = (Q * ((I+R)^2 R^2 / (L+EGR)^2)) / D \quad \text{or} \quad I = \frac{Q * \frac{(I+R)^2 R^2}{(L+EGR)^2}}{D} \dots\dots\dots 102$$

إذ ان L ، R ، و EGR كما سبق و D القطر المبتل للمرشة المقصودة (م)، و I الشدة المطرية (م ساعة⁻¹)

تحسب عدد الساعات اللازمة لإكمال $T1$ دورة واحدة عند وضع المؤقت الزمني على 100% من المعادلة

.103

$$T1 = (ds/Vt) * 0.105 \dots\dots\dots 103$$

إذ ان ds المسافة من المركز إلى البرج الأخير (م)، و Vt سرعة البرج الأخير (م دقيقة⁻¹)

ومن T1 يمكن حساب الزمن اللازم T2 لإكمال دورة كاملة عند أي نسبة للمؤقت الزمني من المعادلة 104.

$$T2 = T1/X \text{ (نسبة المؤقت الزمني ككسر عشري) } \dots\dots 104$$

تتوقف سرعة البرج الأخير على عدد الدورات الخارجية لمركز القيادة وعلى قياس الإطارات كما في الجدول أدناه

عدد الدورات الخارجية القيادة	عدد الدورات لمركز القيادة	سرعة البرج الأخير		قياس الإطارات	عدد الدورات لمركز القيادة	سرعة البرج الأخير		عدد الدورات الخارجية القيادة
		قدم دقيقة ⁻¹	م دقيقة ⁻¹			قدم دقيقة ⁻¹	م دقيقة ⁻¹	
29	24*14.9	6.54	1.99	24*14.9	56	12.63	3.85	29
30	24*14.9	6.77	2.06	24*14.9	58	13.08	3.99	30
35	24*14.9	7.89	2.40	24*14.9	68	15.34	4.68	35
37	24*14.9	8.53	2.60	24*14.9	69	15.57	4.75	37

يمكن حساب معدل الإضافة A1 (مم يوم⁻¹) من المعادلة 105، و A2 من المعادلة 106 و A3 من المعادلة 107.

$$A1 = (Q/(L+EGR))^2 * 7643.3 \dots\dots 105, \quad A2 = (T1 * A1) / 24 \dots\dots 106, \quad A3 = A2 / X \dots\dots 107$$

حساب احتياجات الضغط

يتوقف مقدار الضغط التشغيلي للنظام المحوري على:

- 1- فواقد الاحتكاك في الأنابيب والموصلات.
- 2- فواقد الضغط في منظمات النمو.
- 3- نوع وخصائص حزمة المرشات المستخدمة في توزيع المياه.
- 4- فواقد الضغط بسبب الارتفاع.

يؤثر قطر الأنبوب الداخلي D (سم) في فاقد الاحتكاك f المعادلة 109، وقطر الأنبوب المناسب يعتمد على سرعة

الماء في الأنبوب V (م ثا⁻¹)، والذي يحسب من المعادلة 108.

$$V = (Q/D^2) * 0.885 \dots\dots 108, \quad f = (0.2083 * (100/C)^{1.85} * Q^{1.85}) / D^{4.8655} \dots\dots 109$$

إذ ان C معامل الاحتكاك أو الجريان وتتوقف قيمته على المادة المصنعة منها الأنبوب (فولاذ قديم 100، ألومنيوم مع الموصلات 120، إسمنت - أسبستوس 140، بلاستيك 150).

أو يمكن الاستعانة بجدول 5-8 في كتاب تقانات الري الحديثة ومواضيع أخرى في المسألة المائية ص 156 لحساب فواقد الاحتكاك أو يمكن حسابه من المعادلة 110 وبالاستعانة بالجدول 6-8 ص 159 من نفس الكتاب.

$$F = MLK_p / K_D \dots\dots\dots 110$$

إذ ان f فاقد الاحتكاك (باوند انج⁻¹) و M قيمة جدولية تتوقف على التصريف (جدول 6-8) و K_p ثابت الأنبوب (جدول 7-8 من نفس الكتاب) و K_D ثابت قطر الأنبوب (جدول 8-8 من نفس الكتاب) و L طول الأنبوب (قدم).

جدول (8-9) فواقد الضغط في الموصلات

نوع الموصلة	القطر الداخلي للأنبوب (بج)									
	4	5	6	8	10	12	14	16	18	21
عكس 45°	5 <td>6<td>7<td>10<td>12.5<td>15<td>17<td>19<td>21<td>30</td> </td></td></td></td></td></td></td></td>	6 <td>7<td>10<td>12.5<td>15<td>17<td>19<td>21<td>30</td> </td></td></td></td></td></td></td>	7 <td>10<td>12.5<td>15<td>17<td>19<td>21<td>30</td> </td></td></td></td></td></td>	10 <td>12.5<td>15<td>17<td>19<td>21<td>30</td> </td></td></td></td></td>	12.5 <td>15<td>17<td>19<td>21<td>30</td> </td></td></td></td>	15 <td>17<td>19<td>21<td>30</td> </td></td></td>	17 <td>19<td>21<td>30</td> </td></td>	19 <td>21<td>30</td> </td>	21 <td>30</td>	30
عكس نوزقية طولية 90°	7 <td>9<td>11<td>14<td>17<td>20<td>23<td>27<td>30<td>46</td> </td></td></td></td></td></td></td></td>	9 <td>11<td>14<td>17<td>20<td>23<td>27<td>30<td>46</td> </td></td></td></td></td></td></td>	11 <td>14<td>17<td>20<td>23<td>27<td>30<td>46</td> </td></td></td></td></td></td>	14 <td>17<td>20<td>23<td>27<td>30<td>46</td> </td></td></td></td></td>	17 <td>20<td>23<td>27<td>30<td>46</td> </td></td></td></td>	20 <td>23<td>27<td>30<td>46</td> </td></td></td>	23 <td>27<td>30<td>46</td> </td></td>	27 <td>30<td>46</td> </td>	30 <td>46</td>	46
عكس قبلي	11 <td>13<td>16<td>20<td>25<td>32<td>36<td>42<td>46<td>10.2</td> </td></td></td></td></td></td></td></td>	13 <td>16<td>20<td>25<td>32<td>36<td>42<td>46<td>10.2</td> </td></td></td></td></td></td></td>	16 <td>20<td>25<td>32<td>36<td>42<td>46<td>10.2</td> </td></td></td></td></td></td>	20 <td>25<td>32<td>36<td>42<td>46<td>10.2</td> </td></td></td></td></td>	25 <td>32<td>36<td>42<td>46<td>10.2</td> </td></td></td></td>	32 <td>36<td>42<td>46<td>10.2</td> </td></td></td>	36 <td>42<td>46<td>10.2</td> </td></td>	42 <td>46<td>10.2</td> </td>	46 <td>10.2</td>	10.2
صنم بولي (بنتنة)	2	3	3.5	4.5	5.5	7	8	9	10.2	
صنم بولي (بنتف)	65 <td>81<td>100<td>130<td>160<td>195</td><td></td><td></td><td></td><td></td> </td></td></td></td>	81 <td>100<td>130<td>160<td>195</td><td></td><td></td><td></td><td></td> </td></td></td>	100 <td>130<td>160<td>195</td><td></td><td></td><td></td><td></td> </td></td>	130 <td>160<td>195</td><td></td><td></td><td></td><td></td> </td>	160 <td>195</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>	195				
قلبة (قلبة)	100 <td>110<td>30<td>40<td>45<td>35</td><td></td><td></td><td></td><td></td> </td></td></td></td>	110 <td>30<td>40<td>45<td>35</td><td></td><td></td><td></td><td></td> </td></td></td>	30 <td>40<td>45<td>35</td><td></td><td></td><td></td><td></td> </td></td>	40 <td>45<td>35</td><td></td><td></td><td></td><td></td> </td>	45 <td>35</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>	35				

• تقفل بوزي من حلة الى اخرى (بوزي على محور) (بوزي على محور) Clear way swing

جدول (8-7) قيم ثابت الأنبوب (K_p)

نوع الأنبوب	قيمة K _p
لؤلؤ لديم (عمره 15 سنة)	319.95
لؤلؤ ذات معامل احتكاك (C) = 110	268.23
المنوم مع التوصيلات	228.35
لؤلؤ مغنول	196.92
سمنت - لسيستوس	171.69
بلاستيك	151.12
بلاستيك ذات معامل احتكاك (C) = 60	134.11

جدول (8-8) قيم ثابت القطر (K_D)

القطر (بج)	K _D	القطر (بج)	K _D	القطر (بج)	K _D
4	849.22	14	376628.25	20	2135556.00
6	6105.28	15	526845.00	24	5184748.00
8	24747.58	16	721180.07	30	15353058.00
10	73282.45	18	1279088.00	36	37274486.00
12	177916.72				

جدول (9-10) تأثير ارتفاع نقاط الحقن عن قاعدة الجهاز على تصريف المرشات

الضغط عند المرشة	تؤدي إلى تغيير 20% في كمية الماء المضاف		تؤدي إلى تغيير 10% في كمية الماء المضاف	
	PSI	m.	PSI	m.
6	4.22	1.68	0.85	4.22
10	7.04	2.74	1.37	7.04
15	10.56	3.84	2.07	10.56
20	14.08	4.88	2.74	14.08
30	21.12	7.31	3.96	21.12
40	28.16	10.06	5.18	28.16
50	35.2	12.5	6.71	35.2
60	42.24	14.93	7.92	42.24
70	49.28	17.37	9.45	49.28

الإنتاج وتحسن نوعيته نتيجة إمكانية المحافظة على نسبة ثابتة من الرطوبة في المنطقة الجذرية ومتيسرة للامتصاص من قبل النبات، ولا يعد عملياً للمحاصيل كثيفة النمو، يعد الري بالتنقيط من الطرق التي تتطلب مستوى علمياً وفنياً جيداً لأغراض التصميم والصيانة والتطوير، تحت الظروف الصحراوية محدودية المياه الجوفية أو ارتفاع كلفة استخراجها يتطلب الأمر استخدام الري بالتنقيط.

مزايا الري بالتنقيط

- 1- الاقتصاد في استعمال المياه والإدارة السهلة للعمليات الزراعية.
- 2- الاستخدام الأمثل للمياه.
- 3- الحاجة إلى ايدي عاملة تقليل الجهد المبذول.
- 4- كنتيجة لتقليل سطح التربة المبتل فإن المشكلات الناجمة عن نمو الادغال وانتشار الامراض الفطرية والحشرية تقل.
- 5- إمكانية زيادة الحاصل وتحسين نوعيته من خلال السيطرة على رطوبة التربة في المنطقة الجذرية واستجابة النبات لهذه الطريقة.



- 6- إمكانية إضافة الأسمدة والمبيدات مع مياه الري وضمان توزيعها بصورة متجانسة.
- 7- يستعمل الري بالتنقيط في الأراضي ذات الانحدارات غير المنتظمة دون الحاجة إلى عمليات التسوية والتعديل.
- 8- تصلح هذه الطريقة للترب ذات النفاذية العالية حيث تقل إمكانية استخدام الري السطحي بنجاح.
- 9- لا تظهر مشاكل ارتفاع مناسيب المياه الأرضية ومشاكل تغدق الترب.

- 10- يمكن السيطرة بسهولة على عمليات الري وتجهيز المياه.
- 11- عدم إعاقة العمليات الزراعية في الحقل كالعزق والرش والقطف والنقل.
- 12- تقليص حجم المنشآت في الحقل مثل قنوات الري والبزل مما يقلل من الكلفة ويرفع من كفاءة استغلال الأرض.
- 13- يمكن استعمال مياه ذات ملوحة عالية نسبياً.
- 14- يسهم الري بالتنقيط في الحد من ظاهرة التصلب السطحي.
- 15- ضائعات التخلل العميق والسيح السطحي والتبخر قليلة جداً مما يرفع كفاءتها إلى 85-98%.
- 16- طريقة ري ملائمة للزراعة المحمية.

- 17- المحافظة على رطوبة عالية في منطقة الجذور مما يجعل هذه المنطقة في تخفيف مستمر للاملاح حيث يجري غسل الاملاح خارج منطقة الجذور.
- 18- تستعمل تحت ظروف مناخية مختلفة.
- 19- لا تسبب تعرية للتربة.
- 20- قلة تكاليف الطاقة اللازمة للضخ.
- 21- استعما افضل للترب الرديئة.
- 22- يمكن استعمال تصارييف واطئة جداً.

محددات ومشاكل الري بالتنقيط

- 1- الكلفة الابتدائية عالية.
- 2- الحاجة إلى اعمال التشغيل والصيانة مستمرة مما يتطلب قدراً كبيراً من الخبرة والتدريب والكفاءة.
- 3- الحاجة إلى توفر مصادر طاقة.
- 4- انسداد المنقطات بسبب الترسبات العضوية والمعدنية والكيميائية وفي مسح حديث وجد ان الانسدادات ترجع بنسبة 32% لاسباب بيولوجية و22% لاسباب كيميائية و 31% لاسباب فيزيائية و15% لاسباب أخرى.
- 5- غالباً ما يتحدد نمو الجذور وتزداد كثافتها في منطقة الابتلال مما يؤدي إلى ضعف النمو والتقزم، ويجعل النباتات النامية عرضة للاضطجاع عند هبوب الرياح.
- 6- تلف وتكسر الأنابيب والمنقطات خاصة في حالة استعمال مواد أولية غير جيدة، في التصنيع كما تتعرض إلى عبث القوارض الموجودة في الحقل.
- 7- في المناطق التي تشتد فيها الرياح قد تسبب حركة الحبيبات على سطح التربة الجافة الواقعة بين المنقطات ضرراً للمحاصيل.
- 8- تتجمع الاملاح المترakمة على مسافة قريبة من المنقطات إلى الانتقال إلى المنطقة الجذرية بفعل الامطار مما يتطلب غسل الاملاح بين فترة وأخرى باستعمال طرق ري أخرى، وقد تساعد الامطار في المواسم الممطرة إلى غسل الاملاح (تزيد عن 250 مم سنوياً). قد يسبب تجمع الاملاح خارج منطقة الجذور اثراً سلبياً عندما تكون هنالك زخات مطر بمعدلات قليلة، إذ تعمل على اذابة الاملاح وارجاعها مرة أخرى إلى منطقة الجذور فتسبب موت النباتات، لذا عندما تكون هنالك مثل هذه الزخات (خفيفة ولكن لوقت طويل)، فمن الضروري تشغيل المنظومة لدفع المحلول الناتج عن المطر خارج منطقة الجذور.

مكونات منظومة الري بالتنقيط

- تتكون منظومة الري بالتنقيط من شبكة الأنابيب الرئيسية، وأخرى فرعية ترتبط بها منقطات لا تتجاوز تصارييفها 15 لتر في الساعة، وتحدد ابعادها بالمسافات بين النباتات، تتكون منظومة الري بالتنقيط من:

1- وحدة الضخ pumping unit: تقوم هذه الوحدة بسحب الماء من المصدر المائي والذي يكون عادة حوض ترسيب للتخلص من الشوائب والمواد العالقة خصوصاً عندما تكون المياه المستخدمة في الري بالتقنيط مياه سطحية غير جوفية.

2- وحدة السيطرة الصدرية Control head unit: تتكون هذه الوحدة من المقاييس الخاصة بحساب التصريف والصمامات، إضافة إلى حاقيات الأسمدة ومسيطرات تلقائية والمرشحات.

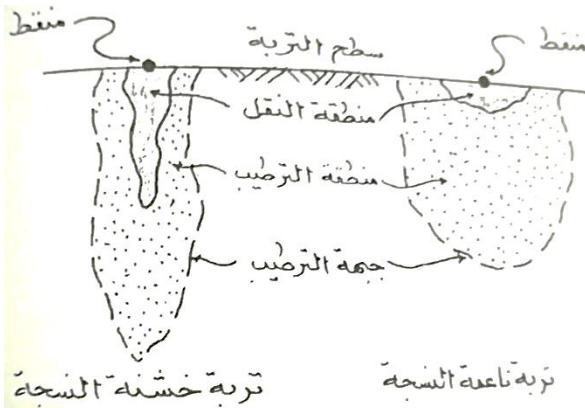
3- وحدة شبكة المنظومة: تتألف من خطوط رئيسية Main Line التي تتسلم الماء من وحدة السيطرة وتجهزه إلى

الخطوط شبه الرئيسية والتي بدورها تقوم بإيصال الماء إلى المشعبات manifold line التي تنقل الماء إلى الخطوط الفرعية الجانبية وبالتالي يصل الماء إلى المنقطات.

4- المنقطات Drippers: هي عبارة عن رؤوس تجهيز للماء تصنع من مادة البولي أثلين ترتبط بالانبوب الفرعي بمسافات متساوية تعتمد عادة على نوع النبات المزروع، وخصائص التربة،

وفكرتها العامة هو تبديد الطاقة العالية للماء، والتي تتم بعدة طرق منها ان يمر الماء من ممرات طويلة وضيقة، أو استخدام مبدأ الدوامات الداخلية، وتصمم المنقطات لكي تعطي تصاريح تتراوح بين 2-10 لتر ساعة⁻¹، تحت ضغط تشغيلي مقداره 15 م تقريباً.

نمط توزيع الرطوبة في التربة تحت نظام الري بالتقنيط



يعتمد نظام الري بالتقنيط على مبدأ أساسي هو إضافة الماء بكميات كافية وشبه مستمرة لمنطقة نمو الجذور تنتوزع أفقياً وعمودياً تبعاً لنوع التربة، لذا فإن معرفة أنماط توزيع الرطوبة ضرورة لا بد منها لتحديد كمية ومعدل الإضافة إضافة الماء للتربة ومواصفات شبكة التوزيع ونوع المنقطات والمسافات بينها وبرنامج التشغيل والارواء. ويمكن تمييز ثلاث مناطق خلال توزيع الرطوبة في المنطقة الجذرية من منقط واحد وهي:

شكل نمط التوزيع الرطوبي تحت الري بالتقنيط

منطقة النقل Transmission zone، منطقة الترطيب

Wetting zone وجبهة الترطيب Wetting front. وعلى العموم فإنه لا توجد حدود واضحة بين المناطق الثلاث لان

توزيع الرطوبة في حالة متدرجة وغير مستقر والشكل أدناه يوضح هذه المناطق في تربتين احدهما خشنة والأخرى ناعمة وبافتراض ان المنقطين لهما نفس التصريف.

صيانة منظومات الري بالتنقيط

تحتاج منظومة الري بالتنقيط وإدامة مستمرة تتمثل في:

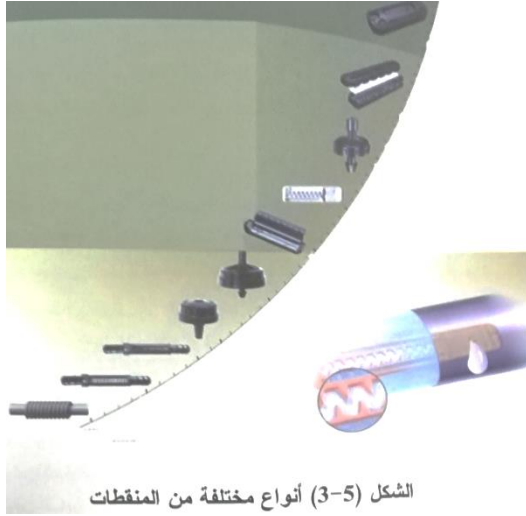
- 1- معالجة مشاكل الانسداد من الرمل والطين وتجمع الاملاح والبذور الناعمة أو الرواسب الكبريتية أو الحديدية أو العضوية أو نمو الطحالب والبكتريا. وعلى العموم تلحق بمنظومات الري بالتنقيط وحدة ترشيح لعزل المواد العضوية والطينوالرمل، بينما يمكن منع نمو الطحالب والبكتريا بإضافة الكلور، اما الرواسب الكاربونية أو الفوسفاتية فيمكن منع تكوينها بتعديل pH الماء بالحوامض المخففة مثل HCl وتمنع البكتريا من النمو باستخدام الهايبيكلورات (القاصر) في النظام
- 2- ملاحظة الأنابيب الحاملة للمنقطات والتأكد من انها غير متضررة بسبب اشعة الشمس أو القوارض.
- 3- يفضل عدم ترك المنظومة دون عمل حيث يزيد وجود الماء في الشبكة من عمرها الإنتاجي.
- 4- اجراء فحص مستمر للمنقطات إذ انها أكثر أجزاء المنظومة تعرضاً للانسداد بسبب الشوائب والاطيان وتراكم الاملاح.
- 5- غسل المنظومة باستمرار من خلال فتح نهايات الأنابيب وتشغيل المنظومة لمدة مناسبة.
- 6- استبدال الأنابيب والمنقطات التالفة.
- 7- تنظيف خزان الماء باستمرار لضمان ضخ مياه خالية من الشوائب والفطريات والاشنات مما لا يسبب انسداد المنقطات.
- 8- غسيل وحدة التسميد أو المبيدات.

المنقطات Emitters

يجري الماء عبر أنابيب التجهيز الفرعية إلى المنقطات التي يضاف الماء خلالها إلى التربة، لذلك يعد المنقط قلب منظومة التنقيط، والمنقط ينقط الماء بتسايف واطئة بين 2-10 لتر ساعة¹ تحت ضغط تشغيل في الأقل 10م أو بحدود ضغط جوي واحد ويجب أن تتوفر في المنقطات الشروط التالية:

- 1- ذات تصريف واطئ ومنتظم وثابت لا يتغير بدرجة معنوية نتيجة الفروقات الطفيفة في جهد الضغط.
- 2- ان يكون المقطع العرضي للجريان كبيراً نسبياً لتقليل مشاكل الانسداد.
- 3- ان يكون رخيصاً ومحكماً وصغيراً.

المنقط اذا عبارة عن جهاز صغير مثقب على أنبوب التنقيط يسمح بجريان صغير وتصريفه ثابت نسبياً



الشكل (3-5) أنواع مختلفة من المنقطات

وفتحته لا تتجاوز في الغالب 2 مم. توجد حالياً أنواع عديدة من المنقطات بأشكال واحجام وخصائص مختلفة، تختلف المنقطات في أساليب تبديدها لطاقة الماء الجاري خلالها، ومن أكثر الأساليب استخداماً في تصميم المنقطات هو اعتماد الاحتكاك في المسارات الطويلة أو سلسلة من الفوهات أو الحركة الدوامية، وتختلف المنقطات في عدد مخارج الماء فهناك أحادية المخرج أو متعددة المخارج، حيث ان النوع الأخير يكون ذا تصريف عال نسبياً ويوزع الماء على على مساحة أوسع ويوفر حجم ابتلال للتربة أكبر للمنطقة الجذرية.

تصمم منظومة الري بالتنقيط لتحقيق أسلوب ري متكرر وريات خفيفة لتجهيز حجم معين من التربة بالماء خلافاً لما يحصل في الري السطحي أو الري بالرش، حيث ان التجهيز يكون لمعظم حجم التربة، لذا يتطلب تعديل مساحة ونمط الابتلال. وبعض هذه الأنواع ممثلة في الشكل المجاور.

هيدروليكية المنقطات لشبكة الري بالتنقيط

يعتبر المنقط الجزء الأهم في منظومة الري بالتنقيط، الذي يثبت على أنبوب التنقيط ليسمح بجريان قليل الذي يكون على شكل قطرات أو رذاذ والغاية من استخدامها تبديد طاقة الماء من خلال حركته داخل جسم المنقط على شكل دوامات أو أي أسلوب اخر.

ان تنوع المنقطات جاء نتيجة لتنوع الطريقة المتبعة في التشييت فمنها ما يعتمد على الاحتكاك ومنها ما يعتمد على المسارات الطويلة والحركة الدوامية، وقد تجمع بعض المنقطات بين أكثر من أسلوب في تشييت الطاقة.

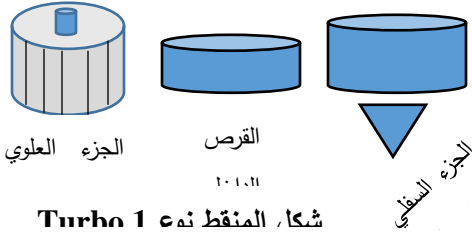
حركة الماء داخل الأنابيب أو الخارج من المنقط سيخضع لاربع حالات من الجريان وفقاً لرقم رينولد Re ، إذ يعتبر الجريان طباقياً Laminar عندما يكون $2000 \geq Re$ ، وطباقياً جزئياً unstable عندما $2000 > Re \geq 4000$ ، واضطرابي جزئي patially turbulent عندما $4000 > Re \geq 10000$ ، بينما يكون اضطرابي كلي fully turbulent عندما $10000 > Re$. ويحسب رقم رينولد من المعادلة 111:

$$Re = \frac{VD}{\eta}$$

إذ ان V سرعة الجريان، و D قطر المقطع العرضي لمسار الجريان داخل المنقط، و η اللزوجة الكيميائية للماء.

تم التركيز في العراق على ثلاث أنواع من المنقطات هي Turbo 1 و Turbo 2 و Spiral كونها تنتج في مصنع النعمان.

المنقط نوع 1, 2 turbo



الشكل المجاور يبين مكونات وتصميم المنقط، يتكون الجزء السفلي من المنقط من رأس مدبب يحتوي على فتحة داخلية بنفذ منها الماء بقطر 1-2 مم، بينما يحتوي الجزء العلوي على فتحة خروج الماء من المنقط، الجزء الوسطي للمنقط يحتوي على قطعة بلاستيكية صلبة بفتحة طرفية قطرها 0.5-1 مم، غرضها تشتيت طاقة الماء.

ان تصريف المنقط نوع turbo يعتمد عموماً على الضغط التشغيلي للشبكة إضافة إلى قطر الفتحة في الرأس المدبب، ويمكن حساب التصريف من المعادلة الاتية:

$$q = kH^x \dots\dots\dots 112$$

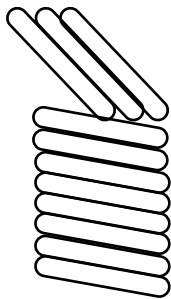
إذ ان q تصريف المنقط (لتر ساعة⁻¹) و H الضغط المسلط بالمتر، و x اس الدالة ويعبر عن نوع الجريان في المنقط، و k معامل التناسب الذي يعتمد على قطر الفتحة الداخلية للمنقط ومعامل التصريف coefficient of discharge c.d ويمكن حسابه من المعادلة أدناه:

$$K = c.d * a^{*x} \sqrt{2g} \dots\dots\dots 113$$

إذ ان a مساحة مقطع الجريان في المنقط (سم²)، و g التعجيل الأرضي سم ثا⁻²

أما Turbo 2 فهو يشبه الأول عدا ان القرص الوسطي يكون مرناً بدلاً من الصلب وهذه المرونة تكون فائدتها إضافة إلى تبديد الطاقة فهي تتصيف ذاتي للمنقط كون هذا القرص المرن حساس للتغير في الضغط التشغيلي.

المنقط نوع spiral



هو عبارة أنبوب بقطر يتراوح من 0.5 - 0.8 مم مصنوع من البلاستيك يتكون هذا المنقط من عدة حلقات (حسب الحاجة) الغرض منها تشتيت طاقة الماء، ان تصريف المنقط يحسب من المعادلة 114.

$$q = kH^x L^y \dots\dots\dots 114$$

إذ ان L طول المنقط (كل لفة 5 سم) ، و y ثابت يعتمد على عدد اللفات.

ولغرض تقييم عمل المنقطات استخدم معامل الاختلاف التصنيعي كمعيار اختلاف التصارييف الخارجة من المنقطات ويستخرج معامل الاختلاف التصنيعي من المعادلة 115 ويلاحظ كفاءة المنقطات لشركة ما من الجدول.

$$C.V. = sd/qav \text{ for one emitter}$$

$$C.V.e = sd/Np^{0.5} qave \dots\dots\dots 115$$

إذ ان $C.V.e$ و $C.V.$ معامل الاختلاف للمنقط و مجموعة منقطات على الترتيب، و Sd الانحراف المعياري لتصارييف المنقطات و qav معدل التصريف للمنقطات و NP عدد المنقطات المستعملة للنبتة الواحدة.

معامل الاختلاف التصنيعي	كفاءة المنقط
<0.05	ممتازة
0.07 > 0.05	متوسطة
0.11 > 0.07	دون المتوسط
0.15 > 0.11	رديء
> 0.15	مرفوض

ضائع الطاقة الثانوي

ان ارتباط المنقط بالانبوب يسبب ضائعات تضاف إلى ضائعات الاحتكاك للانبوب ولذا يمكن حساب هذه الطاقة الضائعة بتحويل المنقط إلى طول مكافئ يضاف إلى طول الأنبوب الحقيقي ويحب من المعادلة 116.

$$Ld = 7.43.85 * hm/Q^{1.852} \dots\dots\dots 116$$

إذ ان hm ضائع الفاقد الثانوي (م)، و Ld الطول المضاف إلى الأنبوب (م)، و Q تصريف الأنبوب الجانبي (م³ ثا⁻¹) ضائع الاحتكاك الأصلي يحسب كما في الري بالرش (معادلة دارسي وويسباخ). ثم يضاف إليه ضائع الفاقد الثانوي.

انتظامية التقييط **uniformity for drop irrigation**

تعرف انتظامية التقييط بمدى انتظام خروج الماء من المنقطات في الحقل. كلما كانت الانتظامية عالية كان توزيع الماء في الحقل منتظما وقريبة إلى الحالة المثالية، وهي ان تكون كافة المنقطات في الحقل متساوية التصريف تقريبا. ويحسب اما من المعادلة 117 أو المعادلة 118 (هيئة صيانة التربة الامريكية):

$$Eu = 100(1 - 1.27 (C.V./\sqrt{NP})(qn/qa) \dots\dots\dots 117$$

$$Eu = 100(qn/qa) \dots\dots\dots 118$$

إذ ان Eu انتظامية التقييط (%)، و qn معدل التصريف لمنقطات الربع الواطئ (لتر ثا⁻¹)، و qa معدل التصريف لجميع المنقطات في المنظومة (لتر ثا⁻¹).

معامل اختلاف الضغط ($\% \Delta p$)

ان الضائع الحاصل في الطاقة بسبب الاحتكاك بالإضافة إلى اختلاف انحدار الأرض يؤدي إلى اختلاف في الضغط المسلط على المنقطات، ويحسب من المعادلة 119.

$$q \text{ var} = q \text{ max} - q \text{ min} / q \text{ max} \dots\dots\dots 119$$

إذ ان $q \text{ var}$ اختلاف التصريف ضمن المنظومة، و $q \text{ max}$ اعظم تصريف للمنقط ضمن الوحدة الثانوية الواحدة (لتر ثا⁻¹)، و $q \text{ min}$ اقل تصريف للمنقط ضمن الوحدة الثانوية الواحدة (لتر ثا⁻¹).
وبما ان أقصى تصريف للمنقطات ضمن خط التنقيط الواحد يحصل عند المنقط الأول و ادناه عند المنقط الأخير فيمكن إعادة المعادلة 119 بشكل المعادلة 120.

$$q \text{ var} = q_i - q_o / q_i \dots\dots\dots 120$$

إذ ان q_i تصريف المنقط الأول (لتر ثا⁻¹)، و q_o تصريف المنقط الأخير (لتر ثا⁻¹).

وعندما يراد حساب اختلاف التصريف ضمن الوحدة الثانوية الواحدة فتصبح المعادلة 120 كما في المعادلة 121.

$$\Delta q \text{ var} = q_i - q_o / q \text{ var} \dots\dots\dots 121$$

وبتعويض عن q في المعادلة 112 نحصل على المعادلة 122

$$\Delta p = h_i^x - h_o^x / q \text{ var}^x \dots\dots\dots 122$$

إذ ان Δp معامل تغيير الضغط ضمن الوحدة الثانوية، و h_i^x الضغط عند المنقط الأول ضمن الوحدة الثانوية الواحدة، و h_o^x الضغط عند المنقط الأخير ضمن الوحدة الثانوية الواحدة.

مساحة الإبتلال والاستهلاك المائي تحت نظم الري بالتنقيط

تتأثر المساحة المبتلة بعد نقاط الانبعاث Emission point والفواصل بينها في حالة المنقطات متعددة المخارج Multi Exit ان المهم في تحديد المساحة المبتلة ليس تصريف المنقط الكلي بل تصريف نقاط الانبعاث وترتيبها حول المنقط فضلا عن الفاصلة بين المنقطات على امتداد أنبوب التنقيط، لذا فان المنقط ذو المخرج الواحد يعد نقطة انبعاث واحدة. تحسب نسبة المساحة المبتلة من المساحة الكلية للنبات الواحد pw % كما في المعادلة 123:

$$Pw = (SW * SR / SR * Sp) 100\% = (SW / SR) * 100\% \dots\dots\dots 123$$

إذ ان SW عرض الشريحة المرطبة (م)، و SP المسافة بين نقاط الانبعاث (المنقطات) (م)، و SR المسافة بين الخطوط (م). تتراوح قيمة Pw عادة من 30 - 60% حسب نوع المحصول وعمره.

ان الاستهلاك المائي تحت نظام الري بالتنقيط يجب أن يعدل في ضوء الجزء المضلل من المساحة الكلية بواسطة المحصول، حيث ان جزءا محددًا من مساحة الحقل تبطل بالماء خلافا للري السطحي والري بالرش، لذا تحسب النتج اليومي في نظام الري بالتنقيط وفق المعادلة 124 وعندما يكون Ps المساحة المضللة بالنبات كنسبة مئوية من المساحة الكلية.

$$T = ET (Ps / 85) \dots\dots\dots 124 \text{ or } T = Cu (ps + 0.15 + (1 - Ps)) \dots\dots\dots 125$$

يمكن حساب صافي عمق الري للرية الواحدة (مم) من المعادلة 125 و 127، وأقصى فترة بين الريات (فاصلة الري)

فتحسب من المعادلة 126

$$NDI = WHC * D * pd * pw \dots\dots\dots 126, \quad II = NDI / T \dots\dots\dots 127, \quad NDI = T * II \dots\dots\dots 128$$

ان دورات الري لا تحكمها الحدود المسموح لاستنزاف رطوبة التربة كما في الري السطحي والري بالرش، لتحقيق مبدأ الري المتكرر و غالبا ما يكون يومي بريات خفيفة الذي يمثل فلسفة الري بالتنقيط. ولحساب اجمالي عمق الري بقسمة صافي عمق الري على كفاءة الري. ان الاختيار الناجح للمنقط يجب أن يأخذ بنظر الاعتبار نوع التربة، المساحة المبتلة، عمق الابلال، تصريف المنقط، عدد ساعات التشغيل وفاصلة الري. يمكن كذل حساب تصريف المنقط بالمعادلة 128:

$$q = (Id * Se * Si) / Te \dots\dots 129$$

إذ ان q معدل تصريف المنقط (لتر ساعة⁻¹)، و Id عمق الماء المضاف في كل رية (مم)، و Se المسافة بين المنقطات على الخطوط (م)، و Si المسافة بين الخطوط (م)، و Te الزمن الكلي للتشغيل لكل وحدة تشغيل ضمن دورة الري (ساعة).

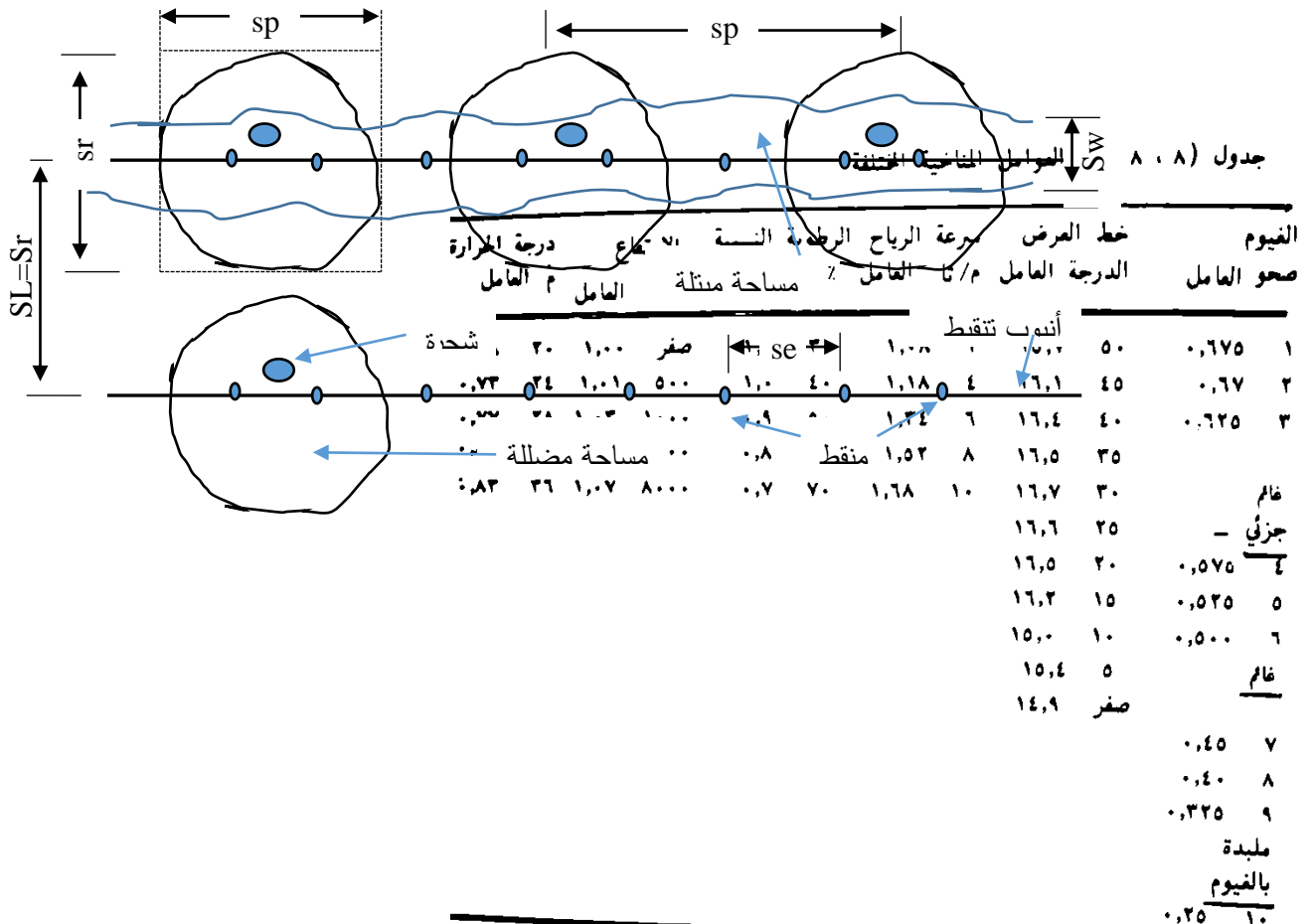
يحسب كل من المساحة المبتلة Ae من الحقل وعدد المنقطات لكل شجرة Ne وعدد الوحدات الأساس التي يمكن تشغيلها في آن واحد n (N جميع الوحدات الأساس) من المعادلات ادناه:

$$Ae = 0.8SW^2 \dots\dots 130, \quad Ne = Aw/Ae \dots\dots 131, \quad (N/n)Te \leq 24 * II \dots\dots 132$$

كما يمكن حساب التصريف المطلوب لكل نبات من المعادلة 133 وعدد المنقطات للنبات الواحد Ne أيضا من المعادلة 134 والمسافة بين المنقطات Sp من المعادلة 135 وبالاستعانة بالجدول المرفقة:

$$Q_{plant} = Ke * Kc * Lp \dots\dots 133, \quad Ne = Lp * 0.3 / Ksq^2 * 1 \dots\dots 134, \quad Sp = Ksq * 1 \dots\dots 135$$

اذ ان Ke عامل المناخ و Kc عامل المحصول و Lp المسافة بين النباتات (م*م)، و Ksq عامل التربة والتصريف.



جدول (٨٠٧) قيم عامل المحصول لاشجار وماصيل حقلية وخصرية

النوع	درجة النضج	العامل	النوع	العامل
التفاح	١	٠.٨٥	الخرشوف	٠.٩٥
الكرز	$\frac{1}{2}$	٠.٦٠	الشمر	١.٠٥
الجوز	$\frac{1}{4}$	٠.٣٠	الفاصوليا	١.٠٠
المشمش	١	٠.٧٥	النحر	١.٠٠
اللوز	$\frac{1}{2}$	٠.٥٠	الجزر	١.٠٠
الكمثري	$\frac{1}{2}$	٠.٣٥	الكرفس	١.٠٠
الحمضيات	١	٠.٦٠	الذرة	١.١٠
	$\frac{1}{2}$	٠.٤٠	التفطن	١.٠٥
	$\frac{1}{4}$	٠.٣٠	الصليبيات (هانة وقرمبيط)	٠.٩٥
الاعناب	١	٠.٧٠	اختيار	٠.٩٠
الموز	١	٠.٨٥	الباذنجان	٠.٩٠
	$\frac{1}{2}$	٠.٦٠	الخس	٠.٩٥
	$\frac{1}{2}$	٠.٣٠	البطيخ	٠.٩٥
القهوة	$\frac{1}{4}$	٠.٩٠	الفلفل	٠.٩٥
	١	٠.٦٠	الفستق	٠.٩٥
	$\frac{1}{2}$	٠.٣٠	البطاطا	١.٠٥
	$\frac{1}{2}$	١.٠٠	الباغ	٠.٩٥
الشاي	١	٠.٦٥	البنجر الكري	١.١٠
	$\frac{1}{2}$	٠.٣٠	قصب السكر	١.١٠
الاشجار الاخرى	$\frac{1}{4}$	٠.٨٥	الطماطة	١.٠٥
	١	٠.٥٥	التبغ	١.٠٥
	$\frac{1}{2}$	٠.٣٨	فول الصويا	١.٠٠

جدول قيم عامل التربة ومعدل التصريف

العامل	التصريف		التربة
	غالون ساعة ⁻¹	لتر ساعة ⁻¹	
0.3	0.5	1.89	خشنة
0.6	1	3.79	
1	2	7.57	
0.7	0.5	1.89	متوسطة
1	1	3.79	
1.3	2	7.57	
1	0.5	1.89	ناعمة
1.3	1	3.79	
1.7	2	7.57	

كفاءات الري Irrigation efficiency**1 : كفاءة نقل المياه Water conveyance efficiency**

تعتبر عن كفاءة نظام نقل المياه من الطبيعة الى الحقول الزراعية ، وتعكس هذه الكفاءة مقدار الضائعات المائية اثناء النقل والتي تكون على شكل رشح جانبي او تخلل عميق او التبخر ويعبر عنها رياضياً :

$$E_c = \left[\frac{W_f}{W_a} \right] * 100$$

حيث أن :

$$E_c = \text{كفاءة نقل الماء (\%)}$$

W_f = كمية المياه الواصلة للحقل ، ويعبر عنها كحجم او عمق مكافئ

W_a = كمية المياه المستلمة من المصدر

2 : كفاءة الارواء Water application efficiency

تستعمل لتقييم نظام الري وقياس كفاءة ما يمسك من الماء المضاف للحقل في المنطقة الجذرية ويعبر عنها رياضياً :

$$E_a = \left[\frac{W_s}{W_f} \right] * 100$$

حيث أن :

$$E_a = \text{كفاءة الارواء (\%)}$$

W_s = ، كمية المياه المخزونة في المنطقة الجذرية

W_f = كمية المياه الواصلة للحقل

عندما تضاف كميات مياه اكبر من قابلية التربة للاحتفاظ بها ، يحصل جريان سطحي او تخلل عميق وهذه العمليتان تعمل على تقليل كفاءة الارواء. واذا ما اخذنا الفوائد بنظر الاعتبار تكون كفاءة الارواء كمايلي:

$$E_a = \left[\frac{W_f - (Df + Rf)}{W_f} \right] * 100$$

حيث أن :

D_f = كمية المياه المفقودة بالتخلل العميق

R_f = كمية المياه المفقودة بالسيح السطحي

العوامل التي تؤثر في كفاءة الارواء

1: التحضير الجيد للتربة.

2: الترب الضحلة ذات النفاذية العالية

3: التصاريف العالية

4: عدم السيطرة على الري

5: الجريان الطويل في الحقول الكبيرة

6: رداءة طريقة الري

7: وجود طبقات غير نفاذة للماء

8: الانحدارات العالية للحقل

كفاءة استعمال الماء الحقلي والمحصولي

يعبر عن مدى انتفاع النبات بالماء المضاف بكفاءة استعمال الماء ويعبر عنها :

أ: كفاءة استعمال الماء من قبل المحصول (Crop Water use efficiency) : وهي النسبة بين انتاج المحصول الى كمية المياه المستعملة من قبل المحصول بصورة التبخر نتح .

$$WUE_C = \left[\frac{Y}{ETa} \right]$$

WUE_C = كفاءة استعمال الماء المحصولي (كغم. م^{-٣})

ET_a = التبخر - نتح الفعلي (م^٣ / موسم)

ب: كفاءة استعمال المياه الحقلية (Field Water use efficiency): وهي النسبة بين انتاج المحصول الى كمية المياه المضافة للحقل .

$$WUE_f = \left[\frac{Y}{Wt} \right]$$

حيث أن :

$$WUE_f = \text{كفاءة استعمال الماء الحقلية (كغم . م }^{-3}\text{)}$$

$$Y = \text{حاصل الحبوب (كغم)}$$

$$Wt = \text{كمية المياه المضافة في عملية الري (م }^3\text{ / موسم)}$$

معامل التناسق (الانتظام) Uniformity Coefficient

يعبر معامل التناسق عن درجة تناسق الماء الغائض في الارض تحت سطح التربة ومدى انتظام توزيعه على امتداد الجريان ويعبر عنه حسب (Christiansen)

$$Cu = 1 - \left[\frac{Y}{d} \right]$$

حيث ان:

$$Cu = \text{معامل التناسق}$$

$$Y = \text{معدل او متوسط الانحرافات المطلقة (مم)}$$

$$d = \text{معدل او متوسط الاعماق او القراءات (مم)}$$

اما Rowtiz فقد طور معاملاً تجريبياً يسمى دليل التناسق (Index of Uniformity) وهو مشابه لمعامل Christiansen ويعتمد على دالة رياضية تمثل تكامل القيم الممثلة لعمق الماء الغائض او لزمن بقاء الماء على سطح التربة عند اي نقطة على امتداد الجريان

$$Cu = 1 - (I^{1/2} / m)$$

$$I = I' - m^2$$

حيث ان :

I = معدل مجموع القيم التي تمثل معدلات مربع كل قيمتين متتاليتين لـ T_0 m = معدل مجموع القيم التي تمثل معدلات كل قيمتين متتاليتين لـ T_0 T_0 = مدة بقاء الماء على سطح التربة او مدة الغمر .

مثال: احسب معامل التناسق من البيانات المستحصلة من اختبار حقلي لحقل مربع كما في الشكل محدد بأربع مرشات (x)
موقع المرشات)

x	17	13	x
18	13	13	19
16	14	10	16
x	15	16	x

التكرار * الانحراف العددي (x)	الانحراف العددي	معدل الاضافة * التكرار	التكرار (n)	الملاحظات
4	4	19	1	19
5	5	10	1	10
1	1	14	1	14
3	1	48	3	16
3	3	18	1	18
6	2	39	3	13
2	2	17	1	17
0	0	15	1	15
24		180 m = 15	12	

$$Cu = 100 \left[1 - \frac{\sum X}{mn} \right]$$

$$Cu = 100 \left[1 - \frac{24}{12 * 15} \right]$$

$$Cu = 86.7 \%$$