وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية
المعهد التقني/ الموصل

الحقيبة التعليمية

القسم العلمي: تقنيات البيئة والموارد المائية

اسم المقرر: تطبيقات في الري

المرحلة / المستوى: الاول

الفصل الدراسي: الثاني

السنة الدراسية: 2024 - 2025

معلومات عامة

اسم المقرر:	**تطبيقات في الري**						
القسم:	تقنيات البيئة والموارد المائية						
الكلية:	المعهد التقني الموصل						
المرحلة / المستوى	الاول						
الفصل الدراسي:	الثاني						
عدد الساعات الاسبوعية:	نظري	1	عملي	2			
عدد الوحدات الدراسية:	2						
الرمز:	**WRTI136**						
نوع المادة	نظري		عملي		كلهما	✓	
هل يتوفر نظير للمقرر في الاقسام الاخرى	كلا						
اسم المقرر النظير							
القسم							
رمز المقرر النظير							

معلومات تدريسي المادة

اسم مدرس (مدرسي) المقرر:	رنا محمد عبد
اللقب العلمي:	**مدرس مساعد**
سنة الحصول على اللقب	
الشهادة :	**ماجستير**
سنة الحصول على الشهادة	
عدد سنوات الخبرة (تدريس)	**1**

الوصف العام للمقرر

تعريف الطالب بطرق إيصال المياه والاستفادة منها لري الأراضي الزراعية واكتساب المهارات اللازمة لتنفيذ مشروع اورائي ونظم الري فيها وكيفية أجراءها

الاهداف العامة

تطبيق مفاهيم إدارة المياه:

- ان يتعلم الطالب كيفية إدارة المياه بكفاءة لتقليل الفاقد وتحسين استخدام المياه في الزراعة.
- ان يطبق الطالب تقنيات إدارة المياه مثل التخزين، والتوزيع، والتحكم في تدفق المياه.

الأهداف الخاصة

فهم أساسيات الري:

- ان يتعرف الطالب على مفاهيم الري الأساسية وأهمية الري في الزراعة.
- ان يفهم الطالب المبادئ العلمية التي تحكم حركة المياه في التربة وكيفية تأثيرها على نمو المحاصيل.

معرفة تقنيات وأنظمة الري:

- ان يدرس الطالب أنواع أنظمة الري المختلفة مثل الري بالتنقيط، والري بالرش، والري السطحي.
- ان يفهم الطالب كيفية تصميم وتطبيق أنظمة الري المناسبة لأنواع مختلفة من المحاصيل وظروف التربة.

الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

1.
   - ان يتعلم الطالب كيفية تصميم أنظمة الري التي تلبي الاحتياجات الخاصة بالمزارع وتتناسب مع الظروف البيئية.
   - ان يستخدم الطالب البرامج والأدوات الهندسية لتخطيط وتصميم أنظمة الري.
2. **تقييم فعالية أنظمة الري:**
   - ان يقيم الطالب فعالية وكفاءة أنظمة الري المختلفة من خلال تحليل أداء النظام والنتائج المحصولية.
   - ان يتعرف الطالب على طرق تحسين وتحديث أنظمة الري بناءً على التقييمات والنتائج.
3. **التعامل مع قضايا التربة والمياه:**

- ان يفهم الطالب تأثير الري على خصائص التربة مثل التماسك، والتهوية، ونمو الجذور.
- ان يتعامل الطالب مع قضايا مثل التملح وتلوث المياه وكيفية معالجة هذه المشاكل.

4. **تعزيز الوعي البيئي**:
   - ان يفهم الطالب تأثيرات الري على البيئة وكيفية تقليل الأثر البيئي السلبي.
   - ان يطبق الطالب تقنيات الري المستدامة للحفاظ على الموارد المائية وحماية البيئة.
5. **تطوير مهارات البحث والتحليل**:
   - ان يطور الطالب مهارات البحث والتحليل للتعرف على أحدث الاتجاهات والتقنيات في مجال الري.
   - ان يحلل الطالب الدراسات والحالات العملية لتطبيق المعرفة المكتسبة على أرض الواقع.
6. **تطبيق المعرفة العملية**:
   - ان يطبق الطالب المبادئ النظرية والعملية في إعداد تقارير فنية وحل المشكلات المتعلقة بالري في البيئات الزراعية المختلفة.
   - ان يدرب الطالب على العمل الميداني وتجربة تصميم وتنفيذ مشاريع الري.

تساعد هذه الأهداف الطلاب على اكتساب المعرفة والمهارات اللازمة لفهم وتطبيق مبادئ الري بكفاءة، مما يعزز قدرتهم على إدارة المياه في الزراعة بشكل فعال ومستدام.

المتطلبات السابقة

- **لا يوجد**

ت	الأهداف السلوكية او مخرجات التعليم الأساسية	الية التقييم
	•طبيق مفاهيم إدارة المياه:	الامتحان النظري والعملي والتقارير الاسبوعية
1	تعلم كيفية إدارة المياه بكفاءة لتقليل الفاقد وتحسين استخدام المياه في الزراعة.	الامتحان النظري والعملي والتقارير الاسبوعية

2	تطبيق تقنيات إدارة المياه مثل التخزين، والتوزيع، والتحكم في تدفق المياه.	الامتحان النظري والعملي والتقارير الاسبوعية
3	**•تقدير متطلبات المحاصيل المائية:**	الامتحان النظري والعملي والتقارير الاسبوعية
4	حساب احتياجات المحاصيل المختلفة من المياه بناءً على متغيرات مثل نوع المحصول، ومرحلة النمو، وظروف الطقس.	الامتحان النظري والعملي والتقارير الاسبوعية

أساليب التدريس (حدد مجموعة متنوعة من أساليب التدريس لتناسب احتياجات الطلاب ومحتوى المقرر)

الاسلوب او الطريقة	مبررات الاختيار
1. المحاضرات النظرية	المقرر نظري + عملي
2. التطبيق العملي	
3.	
4.	
5.	
6.	

المحتوى العلمي

اسم المادة	باللغة العربية	تطبيقات في الري	السنة الدراسية الاولى	عدد الساعات الاسبوعية			
	باللغة الانكليزية	Irrigation **Applications**		نظري	عملي	المجموع	عدد الوحدات
لغة التدريس للمادة		عربي	المستوى الاول الفصل الثاني (الدروس الاجبارية)	1	2	3	2

المفردات النظرية

الأسبوع	تفاصيل المفردات
2 – 1	مناسيب القنوات المفتوحة ، رسم المقاطع الطولية والعرضية للقنوات
3	الرشح من القنوات
5 – 4	تطبيق القنوات، فوائده، أنواع التبطين، المواد المستعملة في التبطين
7 – 6	أعمال التعديل والتسوية للأراضي (حساب أعماق الحفر والردم)
9 – 8	الري السطحي
11 – 10	الري الشريطي
13 – 12	الري بالمروز
15 – 14	تطبيقات الحاسبة حول مادة الري

المفردات العملية

الأسبوع	تفاصيل المفردات
3 – 2 – 1	رسم مقاطع طولية وعرضيه لقنوات ري
5 – 4	تجربة لقياس رشح الماء من القنوات
6	زيارة علمية لأحد مشاريع الري
9 – 8 – 7	إجراء أعمال التعديل والتسوية لحقل معين
11 – 10	تمارين حول الري الشريطي
13 – 12	تمارين حول الري بالمروز
15 – 14	تطبيقات الحاسبة حول مادة الري

قنوات الري

بعد اختيار الموقع المناسب أو المخطط له لتصميم قنوات الري، تجب دراسة الموقع من النواحي الآتية:

1. الجدوى الاقتصادية لإنشاء القناة: وهي من أهم النقاط الواجب دراستها، ومنها نستطيع معرفة الفائدة من إنشاء القناة من خلال دراسة اقتصادية تتضمن **كلفة الإنشاء الأولية والنهائية وكذلك مدى الفائدة التي تروم الجهات المستفيدة الوصول إليها من إنشاء القناة**.
2. فحوصات التربة: و تشمل بصورة خاصة الهندسية منها، و التي تتعلق بمدى أستقرارية التربة و تحملها لأحمال القناة و المنشآت الأخرى الملحقة بها التي ستنشأ عليها، فإذا كانت التربة ضعيفة فإنها لا تصلح لإنشاء القنوات عليها بل يتم اللجوء إلى إنشاء ما يسمى بالقنوات المعلقة.
3. أعمال المسح: و تشمل إيجاد مناسيب لنقاط مختارة في الموقع لمعرفة طبيعتها من حيث الارتفاع و الانخفاض ثم رسم خريطة كنتورية للموقع ليتم اختيار المناطق المرتفعة لتصميم القنوات و المنخفضة لتصميم المبازل.
4. قرب و بعد مصدر التجهيز (المصدر المائي) عن الموقع.
5. توفر مصادر الطاقة الكهربائية، و في حالة عدم وجودها يتم اللجوء لاستعمال المولدات الكهربائية و كذلك المضخات التي تعمل بمحركات الديزل (و هذا يدخل ضمن دراسات الجدوى الاقتصادية).

قناة ري مفتوحة

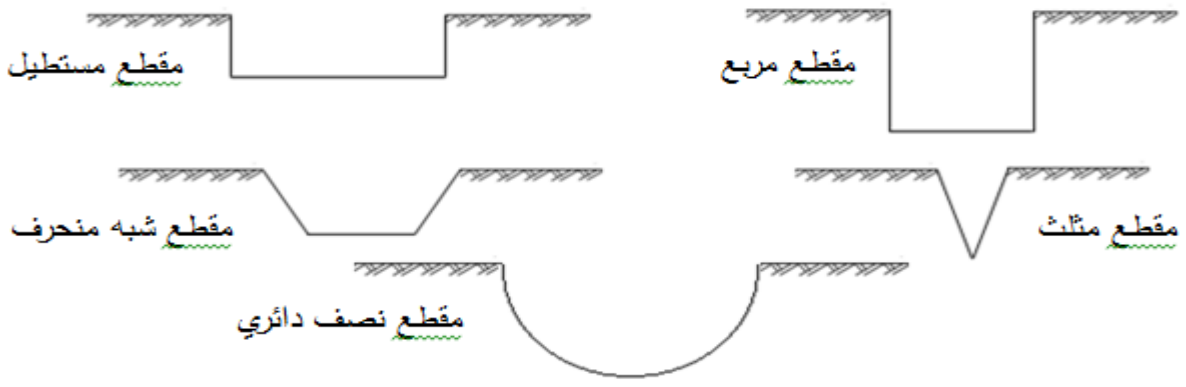
قناة ري معلّقة

سرعة تدفق الماء (الجريان) في القنوات:

إن قيمة التصريف المار بالقناة يجب تحديدها مسبقًا و ذلك **حسب الحصص المائية لذلك الموقع و حسب فترات الري المتفق عليها**. و بعد معرفة التصريف يتم اللجوء إلى اختيار أحد المقاطع أو الأشكال الآتية تبعًا لطبيعة أرض الموقع و بخاصة تحمل التربة و استقراريتها:

من المعادلات المستعملة في تقدير سرعة الجريان في القنوات **معادلة مانننك Manning**:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$



حيث أن: V السرعة (م/ثا) و n معامل مانينك للخشونة و S فرق الضغط الناتج عن ارتفاع الماء ويساوي h_f/L في الأنابيب أو هو انحدار سطح الماء في القنوات و R نصف القطر الهيدروليكي ويساوي حاصل قسمة مساحة المقطع المائي A على طول المحيط المبتل P في القناة ($R = \frac{A}{P}$).

يعتمد معامل مانينك للخشونة على عوامل كثيرة منها، خشونة السطح المتاخم و عمق الماء في القناة و انتظام المقطع و امتداد المجرى و مقدار الترسيب و التآكل و العوارض و حجم وشكل القناة و التصريف و جميع هذه العوامل متداخلة فيما بينها. و عليه فإن معامل مانينك للخشونة متغير بالرغم من أخذه ثابتاً في التطبيقات العملية حيث تعطى في جداول تبين قيمته اعتماداً على طبيعة المادة، وللخبرة العملية وحسن التخمين أهمية كبيرة في اختيار قيمة n الملائمة.

قيم معامل مانينك للخشونة "n" للقنوات المحفورة المفتوحة

قناة ترابية مستقيمة و منتظمة	قيمة معامل مانينك للخشونة "n"
نظيفة و مستقيمة و منتظمة	0.02 – 0.016
نظيفة و بعد تحلل التربة و الصخور	0.025 – 0.018
فيها حشائش قصيرة و بعض الأعشاب	0.033 – 0.022
قناة ترابية مستقيمة و منتظمة	**قيمة معامل مانينك للخشونة "n"**
ملساء و منتظمة	0.04 – 0.025
منهارة و غير نظامية	0.05 – 0.035

مثال1: جد التصريف المار بقناة ري بشكل مستطيل عرض قاعها 3 م و عمق الماء فيها 0.5م، علمًا أن الميل التصميمي n=0.025 الهيدروليكي للقناة (10 سم لكل كم) و معامل خشونة تربة القناة؟

الحل:

$$\Theta\ V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$\Theta\ Q = A \times V$$

$$\therefore Q = A \times \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$A = b \times d = 3 \times 0.5 = 1.5 m^2$$

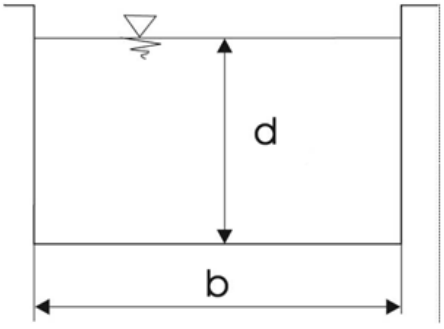
$$R = \frac{A}{P}$$

$$P = 2d + b = (2 \times 0.5) + 3 = 4m.$$

$$\therefore R = \frac{1.5}{4} = 0.375m.$$

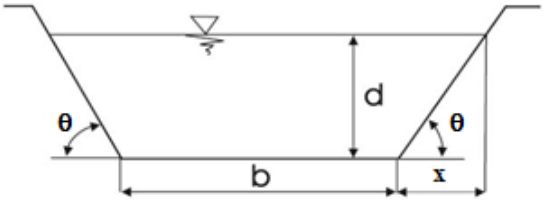
$$\therefore Q = 1.5 \times \frac{1}{0.025} \times 0.375^{2/3} \times 0.0001^{1/2} = 0.312 m^3/sec.$$

مثال2: جد التصريف المار بقناة ري بشكل شبه منحرف عرض قاعها 3



م و بميل جانبي (1 عمودي: 1 أفقي)، علمًا أن الميل التصميمي الهيدروليكي للقناة (10 سم لكل كم) و 0.5م و عمق الماء فيها معامل خشونة تربة القناةn=0.025؟

الحل:



$$\frac{v}{h}=\frac{d}{x}$$

$$\therefore x=\frac{h\times d}{v}=\frac{1\times 0.5}{1}=0.5m.$$

$$\therefore b_{top}=2x+b_{bottom}=(2\times 0.5)+3=4m.$$

$$\Theta\ V=\frac{1}{n}R^{2/3}S^{1/2}$$

$$\Theta\ Q=A\times V$$

$$\therefore Q=A\times\frac{1}{n}R^{2/3}S^{1/2}$$

$$A=\frac{1}{2}\{b_{bottom}+b_{top}\}\times d=\frac{1}{2}\{3+4\}\times 0.5=1.75m^2$$

$$R=\frac{A}{P}$$

$$P=2\sqrt{d^2+x^2}+b_{bottom}=2\times\sqrt{0.5^2+0.5^2}+3=4.4142m.$$

$$\therefore R=\frac{1.75}{4.4142}=0.3964m.$$

$$\therefore Q=1.75\times\frac{1}{0.025}\times 0.3964^{2/3}\times 0.0001^{1/2}=0.3778m^3/sec.$$

أسئلة عامة

م و بميل جانبي (1 عمودي: 0.75س1: جد التصريف المار بقناة ري بشكل شبه منحرف عرض قاعها 2 م و عمق الماء فيها 1.5 سم لكل كم) و معامل خشونة تربة القناة 18.50 أفقي)، علمًا أن الميل التصميمي الهيدروليكي للقناة n=0.02ثا/م^3 1 ≅ **الجواب:** ؟

م و بميل جانبي (1 عمودي: 1 أفقي)، علمًا أن الميل 0.5س2: جد التصريف المار بقناة ري بشكل شبه مثلث عمق الماء فيها التصميمي الهيدروليكي للقناةn=0.025 ؟ (10 سم لكل كم) و معامل خشونة تربة القناة

م^3/ثا 0.0315**الجواب:**

س3: قناة ري بشكل شبه مستطيل عرض قاعها 3 م و الميل التصميمي الهيدروليكي للقناة (10 سم لكل كم)، تمرر تصريفًا مقداره 0.312 م. جد نسبة الزيادة في تصريف القناة عندما يرتفع منسوب الماء فيها 10 سم، و 0.5 م^3/ثا) عندما يكون عمق الماء فيها نسبة النقصان في تصريف القناة عندما ينخفض منسوب الماء فيها 10 سم.

الجواب: 31.2 ، 28.7%

تصميم قنوات الري الترابية:

لغرض إيجاد المقطع المناسب لقنوات الري لا بد من إيجاد السرعة المناسبة بحيث لا تؤدي إلى ترسيب المواد العالقة في قاع القناة، أو تآكل مقطع القناة غير المبطنة و يطلق على القنوات التي لا يحدث فيها ترسيب أو نحر بأنها قنوات متزنة أو مستقرة، **حيث يجب مراعاة النقاط الآتية عند تصميم مقطع القناة**:

1. أن يكون المقطع اقتصاديا و يقصد بهذا أن المقطع صغير و عمق القناة قليل حيث كلما زاد عمق الحفر كلما كانت كلفة إنشاء القناة باهظة، فضلاً عن ذلك فإن المقطع يجب أن يصمم بحيث لا يحتاج إلى صيانة كبيرة.

2. أن يكون المقطع الأفضل هو المقطع الذي يعطي أصغر مساحة مقطع للجريان و أصغر محيط مبتل. و من أكثر المقاطع استعمالاً هي المقطع المستطيل و الذي فيه عرض قاع القناة (b) يساوي ضعف عمق القناة أو عمق الجريان (d)، أي أن ($\mathbf{b = 2d}$) و المقطع الثاني هو المقطع شبه المنحرف و الذي فيه ($\mathbf{b = 2d \tan \frac{\theta}{2}}$) و θ هي الزاوية المتحققة من الميول الجانبية للقناة.

3. يمكن إيجاد بعدي القناة {عرض قاع القناة (b) و عمق القناة أو عمق الجريان (d)} و بخاصة في القنوات المعرضة للنحر و لتجنب حدوث النحر يمكن الاعتماد على السرعة القصوى للتصميم و حسب الجدول الآتي:

قيم السرعة القصوى للتصميم لقنوات الري لتجنب حدوث النحر

نوع تربة القناة	السرعة القصوى المسموح بها (م/ثا)
تربة عادية	0.9 – 0.6
تربة رملية خفيفة إلى متوسطة	0.6 – 0.3
تربة رملية مزيجية أو رملية طمية	0.9 – 0.6
تربة ثقيلة أو صلبة	1.1 – 0.9
تربة حصوية أو صخرية	1.5

مثال 1: صمم قناة ري على تربة صلبة بمقطع على شكل مستطيل بحيث تمرر تصريفًا مقداره 1 م³/ثا و بميل هيدروليكي (10 سم لكل كم) و معامل خشونة تربة القناة 0.025؟

الحل: نلاحظ من جدول السرعة القصوى المسموح بها لهذه القناة (1.1 – 0.9 م/ثا) و لتكن 1 م/ثا

$$\Theta\ Q = A \times V$$

$$\therefore A = \frac{Q}{V_{max}} = \frac{1}{1} = 1m^2$$

$$b = 2d$$

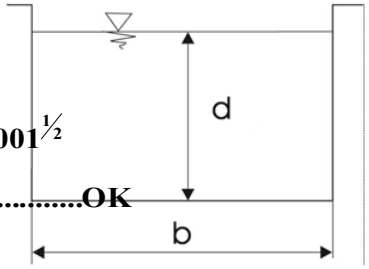
$$A = b \times d = 2d \times d = 2d^2$$

$$\therefore d = \sqrt{\frac{A}{2}} = \sqrt{\frac{1}{2}} = 0.7071m.$$

$$\therefore b = 2 \times 0.7071 = 1.4142m.$$

$$P = 2d + b = 2 \times 0.7071 + 1.4142 = 2.8284m.$$

$$\Theta\ R = \frac{A}{P} = \frac{1}{2.8284} = 0.3536m.$$



$$\Theta\ V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$\therefore V = \frac{1}{0.025} \times 0.3536^{2/3} \times 0.0001^{1/2}$$

$$\therefore V = 0.2m/\sec. < V_{max} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots OK$$

$$\Theta\ Q = A \times V$$

$$\therefore Q = 1 \times 0.2 = 0.2m^3/\sec < 1 \ldots\ldots\ldots NOTOK$$

put :

$$d = 1.3m.$$

$$\therefore b = 2 \times 1.3 = 2.6m.$$

$$\therefore A = 2.6 \times 1.3 = 3.38m^2$$

$$\therefore P = 2 \times 1.3 + 2.6 = 5.2m.$$

$$\therefore R = \frac{3.38}{5.2} = 0.65m.$$

مثال 2: صمم قناة ري على تربة عادية بمقطع على شكل شبه منحرف بميل جانبي (1 عمودي: 1 أفقي) بحيث تمرر تصريفًا مقداره 1.5 م^3/ثا و بميل هيدروليكي 0.02؟ (15 سم لكل كم) و معامل خشونة تربة القناة

$$v = \frac{1 \times 0.65^{2/3} \times 0.0001^{1/2}}{0.025} = 0.3001m/\sec. < 1m/\sec \ldots\ldots ok$$

$$Q = A \times v = 3.38 \times 0.3001 = 1.0145m^3/\sec. \geq 1m^3/\sec \ldots ok$$

الحل: نلاحظ من جدول السرعة القصوى المسموح بها لهذه القناة (0.6 – 0.9 م/ثا) و لتكن 0.9

$\Theta\ Q = A \times V$

$\therefore A = \dfrac{Q}{V_{max}} = \dfrac{1.5}{0.9} = 1.6667m^2$

$\theta = \tan^{-1}(\dfrac{1}{1}) = 0.7854 redian$

$x = \dfrac{hd}{v} = \dfrac{1 \times d}{1} = d$

$b = 2d \tan\dfrac{\theta}{2}$

$A = \dfrac{1}{2}\{(2x + b) + b\} \times d = \dfrac{1}{2}\{(2d + b) + b\} \times d$

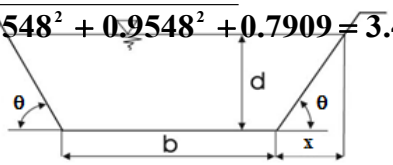
$\therefore A = \dfrac{1}{2}\{(2d + 2b)\} \times d = (d + b) \times d = d^2 + bd = d^2 + 2d^2 \tan\dfrac{\theta}{2}$

$\therefore A = d^2(1 + 2 \times \tan\dfrac{0.7854}{2}) = 1.6667$

$\therefore d = 0.9548m.$

$\therefore b = 2 \times 0.9548 \times \tan\dfrac{0.7854}{2} = 0.7909m.$

$P = 2\sqrt{x^2 + d^2} + b = 2\sqrt{d^2 + d^2} + b = 2 \times \sqrt{0.9548^2 + 0.9548^2} + 0.7909 = 3.4913m.$



$\Theta\ R = \dfrac{A}{P} = \dfrac{1.6667}{3.4913} = 0.4774m.$

$\Theta\ V = \dfrac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$

$\therefore V = \dfrac{1}{0.02} \times 0.4774^{2/3} \times 0.00015^{1/2}$

$\therefore V = 0.374m/sec. < V_{max} .....OK$

$\Theta\ Q = A \times V$

$\therefore Q = 1.6667 \times 0.374 = 0.6234m^3/sec < 1.5.....NOTOK$

put :

$b = 2.3m.; d = 1m.$

$\therefore A = 3.3m^2$

$\therefore P = 5.1284m.$

$\therefore R = 0.6453m.$

$v = \dfrac{1 \times 0.6453^{2/3} \times 0.00015^{1/2}}{0.02} = 0.4564m/sec. < 0.9m/sec .....ok$

$Q = A \times v = 3.3 \times 0.4564 = 1.5062m^3/sec. \geq 1.5m^3/sec ...ok$

م³/ثا و بميل هيدروليكي (10 1.5س1/: صمم قناة ري على تربة عادية بمقطع على شكل مستطيل بحيث تمرر تصريفًا مقداره سم/ثا و على ألا يتجاوز عرض قاعة القناة الـ 3 م؟0.9 و أن السرعة القصوى 0.02سم لكل كم) و معامل خشونة تربة القناة

أفقي) بحيث تمرر 1.5س1/: صمم قناة ري على تربة عادية بمقطع على شكل شبه منحرف بميول جانبية (1 عمودي: سم/ثا 0.9 و أن السرعة القصوى 0.02 م³/ثا و بميل هيدروليكي (10 سم لكل كم) و معامل خشونة تربة القناة 1.5تصريفًا مقداره و على ألا يتجاوز عرض قاعة القناة الـ 3 م؟

مزايا و عيوب قنوات الري و علاجها:

تمتاز قنوات الترابية **بقلة تكاليفها الأولية أو التأسيسية**، أما عيوبها فيمكن حصرها بالآتي:

1. فقدان الماء بصورة كبيرة عن طريق تسرب الماء إلى التربة.
2. سهولة نمو الأدغال و الحشائش على جوانب القناة و كذلك الطحالب مما يقلل سرعة جريان الماء في القناة و بالتالي يؤدي هذا إلى:
   أ. زيادة نفقات تنظيف و صيانة القناة.
   ب. خسارة في الأراضي الزراعية لأنها تأخذ مساحة واسعة.
3. سهولة انهيار الجوانب نتيجة لعوامل التعرية و التآكل و سير الأشخاص و العجلات و حتى الحيوانات عليها.

و لغرض علاج مشاكل القنوات الترابية، يتم اللجوء إلى الآتي:

1. **المناوبة (المراشنة)**: هي فترة بين دَوري تشغيل (فترة تشغيل + بطالة)، و تتلخص أهدافها بالآتي:
   أ. تقليل كميات المياه المفقودة من قنوات الري.
   ب. تنظيم توزيع المياه بين مناطق مختلفة بغض النظر عن موقع هذه المناطق على طول مسار القناة.
   ج. يمكن و أثناء فترة التوقف (البطالة)، تطهير القنوات و القيام بأعمال الصيانة و تنظيم أعمال المختصين من مهندسين و فنيين و تمكينهم من الإشراف على الري و مراقبة وصول المياه لجميع المزارعين.

2. **تبطين القنوات**: يقصد بالتبطين إكساء سطح القناة الترابي بمادة ثابتة غير نفاذة، أو بأي مادة شبيهة أخرى، والغرض من ذلك هو تقليل فاقد الرشح، فضلاً عن بعض المنافع الأخرى التي يمكن أن يوفرها التبطين، ويمكن تلخيص هذه الفوائد بما يأتي:
   أ. <u>السيطرة على الرشح</u>: بالتأكيد أن عملية التبطين تقلل من كمية المياه المفقودة نتيجة للرشح، فالقناة المبطنة تكلف تقريباً من 2 إلى 2.5 مرة بقدر القناة غير المبطنة، ففي حالة وجود كميات كبيرة من تلك المياه نتيجة للرشح، فإن عملية التبطين في مثل هذه الحالة تعطي مردودًا اقتصاديًا كبيرًا، بخاصة كونها توفر جزءًا كبيرًا من الماء الذي عادة لا يقدر بثمن. والجدول في أدناه يبين مقدار فاقد الرشح في القنوات المختلفة.

التسلسل	نوع القناة	معدل الرشح الأولي $م^3$/ثا لكل مليون $م^2$ من مساحة السطح المبتل	معدل الرشح الثابت $م^3$/ثا لكل مليون $م^2$ من مساحة السطح المبتل
1	غير مبطنة	7.4	3.4

2	قناة مبطنة بالطابوق، أبعاده 30×15×5 سم مع ملء الفواصل بالأسمنت	0.17	0.009
3	قناة مبطنة بخرسانة بسمك 10 سم (6:3:1)	0.13	0.007
4	قناة مبطنة بخرسانة بسمك 10 سم (24:12:5:1)	0.40	0.13

ب. منع تغدق الأراضي الزراعية: يسبب الرشح من القنوات ارتفاع الماء الأرضي في الأراضي الزراعية المحيطة بالقنوات، وهذا يؤدي إلى انتقال الأملاح القلوية لسطح التربة التي بدورها تجعل الأرض غير صالحة للزراعة. وهذه العملية تدعى تغدق (تشبع) الأراضي، فتبطين القنوات يمنع الرشح ويحافظ على التربة الزراعية، فتنفيذ مشاريع الصرف الزراعي فضلاً عن تبطين القنوات يساعد على استصلاح الأراضي الغدقة المتضررة.

ج. زيادة سعة القناة: يمكن زيادة سعة القناة بوساطة التبطين، فالقناة التي يكون سطحها مبطنًا وناعمًا تبدي مقاومة أقل لجريان الماء فيها، و بالتالي يتدفق الماء بسرعة أكبر، أي أن التصريف يكون اكبرًا مقارنة مع القناة غير المبطنة، وعادة تتم إعاقة تدفق المياه في القنوات غير المبطنة بوساطة الأعشاب النامية في أرضية القناة وجوانبها. فالتبطين يزيد من سعة القناة، وبالتالي يقلل من مقطع القناة، وبذلك تكون أبعاد مقاطع القنوات في المشاريع الجديدة اقل، وبالتالي تقلل من الأعمال الترابية عند حفرها. وهذا يؤدي إلى الوفر الكبير في أعمال الحفر والردم وكذلك في المساحة الزراعية.

د. تقليص تكاليف الصيانة: إن القنوات غير المبطنة عادة ما تكون بحاجة إلى تكلفة عالية لديمومة عملها بشكل مناسب، وهذه التكاليف تشتمل على الترميمات والصيانة السنوية والتي يمكن تلخيصها بالآتي:

- إزالة المواد المترسبة من فترة إلى أخرى.
- ترميمات طفيفة.
- إزالة الأعشاب والنباتات المائية.

فالتبطين يقلل من هذه التكاليف إلى حد كبير، كما أن القنوات المبطنة تقلل من تكاليف الصيانة لديمومتها ولتعمل بشكل مناسب.

هـ. التخلص من أخطار الفيضانات: تتعرض القنوات غير المبطنة لمخاطر الفيضانات، بخاصة عند حدوث انكسار في جوانبها، بينما تكون القنوات المبطنة بمواد متماسكة يصعب حصول أي تأثير للفيضانات فيها.

أنواع التبطين: يمكن تبطين قنوات الري الترابية بإحدى الطرائق الآتية و ذلك **حسب ظروف القناة و توفر المواد الأولية بالقرب منها و الكلفة و الجدوى الاقتصادية**:

1. التبطين بتربة قليلة النفاذية: و هي عبارة عن مونة طينية تمنع التسرب بمقدار قد يصل إلى حوالي 80%، و لكن من عيوب هذه التربة أنها تتشقق عندما تتعرض للجفاف، لذا فهي تلائم القنوات التي لا تعمل بالمناوبات، أما الخلطة التي تصلح للاستعمال فهي كالأتي:
   أ. خلطة من الرمل والطين (50% - 75% رمل، 30% - 40% طين).
   ب. خلطة من الحصى والطين (30% - 40%).
   ج. خلطة من الرمل ونسبة كبيرة من الطين (30%-40% رمل، 70%–6% طين).
   د. خلطة من السلت والطين (30%- 5% طين، 60% - 4% طمي، 10% رمل).

   أما طريقة التبطين، فتتم كالآتي:
   (1) تجهز أرضية وقاع القناة حسب المقطع التصميمي.
   (2) ترص التربة جيداً وترش بالماء قبل وضع الطين.

(3) تقسم أرضية القناة وجوانبها على هيئة مربعات أو مستطيلات الشكل (أبعادها تتراوح ما بين 3 و 4 متر) بوساطة قطع خشبية في الاتجاه الطولي.

(4) توضع خلطة الطين في كل مربع بعد الأخرى مع عمل فواصل تمدد، ويتغير سمك طبقة الطين حسب نوع الخلطة من 5 إلى 18 سم.

(5) يغطى السطح بالرمل أو القش، ويبلل تماماً لمدة أسبوعين.

2. التبطين بالحجارة أو الطابوق: تعد هذه من أقدم الطرق المستخدمة في أعمال التبطين، هذه تسمح بتدفق الماء بسرعات عالية قد تصل إلى 3م/ثا، وعادة توضع الحجارة إما بدون خلطة أو باستعمال خلطة لغرض زيادة قوة التماسك، ففي الحالة الأولى لا تمنع التسرب من القنوات، إنما تزيد من مقاومة القناة للنحر، أما التبطين باستخدام الخلطة فهو يمنع التسرب بشرط أن ترتب الحجارة بشكل رتيب، وقد تتعرض طبقة التبطين لضغوط مائية لأعلى نتيجة المياه المحبوسة أسفل التبطين وبدون مخرج. ولتقليل هذا الخطر تترك ثقوب على مسافات 1.0 متر – 1.2 متر بدون خلطة. أما إذا كانت تربة التأسيس رملية أو طمية يجب وضع مرشحات أسفل مدخل هذه الفتحات. أما بالنسبة للتبطين بالطابوق فعادة تستخدم في المناطق التي تكون فيها الأيدي العاملة متوفرة بكثرة ورخيصة، وتوفر مادة الخام في المواقع القريبة من القنوات، وعدم إمكانية الحصول على مواد تبطين أخرى بأسعار منافسة للطابوق. يجب أن لا تزيد نسبة الأملاح في الطابوق المستخدم عن 2%، وتكون نسبة الطين فيه بين 10% - 20%، ويجب أيضاً عمل فتحات تسمح بتخفيف ضغط الماء إلى أعلى.

3. التبطين بالخرسانة: هذه أقوى طريقة للتبطين، لأنها يمكن أن تنقل الماء بسرعات عالية تصل إلى 3م/ثا، وهي تقلل من تكاليف إنشاء مقاطع القنوات، علاوة على أنها تقلل أو تمنع نمو الأعشاب، وإذا عني بتصميمها وتنفيذها فهي قد تدوم لفترات طويلة قد تصل إلى 40 سنة أو أكثر. و تنفذ عملية التبطين على هيئة مسطحات لا تزيد أبعادها عن 5 × 5 متر للحد من التشققات نتيجة التمدد والانكماش، وتملأ الفواصل بين المربعات بمادة من البيتومين والمطاط. وسمك الخرسانة عادة يتراوح بين 7.5 و 10 سم، والميول الجانبية لا تزيد عن 1 : 1 ، والتبطين ق تتم بإحدى الطرق الآتية:

أ. التبطين بصب الخرسانة في الموقع: هذه أرخص طريقة للتبطين بالخرسانة، وفيها توضع الخرسانة مباشرة على تربة التأسيس، ونسبة الأسمنت إلى الحصى- تساوي 1 : 7 أو 1 : 6 ، على أن يكون 80% من الحصى- يقل قطره عن 18 ملم، وأكبر حجم فيه لا يزيد عن 37 ملم. أما الرمل فيجب أن يكون متدرج في الحجم ونسبته إلى الحصى- تتراوح ما بين 38% - 49%. فإذا كانت أسطح التبطين معرضة لقوى خارجية مثل الضغوط الترابية وضغوط المياه لأعلى أو لأسفل، يجب أن تجهز الخرسانة بالتسليح بالحديد كما هو متبع في تصميمات الخرسانة المسلحة. وفي حالة عدم وجود ضغوط ترابية يكون غرض التسليح فقط هو منع حدوث تشققات نتيجة لانكماش أو تمدد الخرسانة، ومقاومة أية تأثيرات غير مرئية أخرى مثل الهبوط.

ب. التبطين برش الخرسانة على أسطح الأرضيات تحت ضغط: تستخدم هذه الطريقة لتبطين القنوات ذات التصرفات الصغيرة، ترش الرضيات والجوانب بالخلطة إلى السمك المطلوب باستعمال المدفع الأسمنتي الذي يرش الخلطة تحت ضغط الهواء على شبكة من حديد التسليح موضوعة على تربة التأسيس بقطر 3 مم تفصلها مسافات بينية تتراوح بين 10 – 15 سم في الاتجاهين، مع ترك فواصل للتمدد والانكماش، وسمك طبقة التبطين تتراوح بين 4 سم و 6 سم، وذلك حسب طبيعة التربة وتصرف القناة، هذا النوع من التبطين ملائم للقنوات التي تشق في أرض طبيعية.

ج. التبطين ببلاطات خرسانية سابقة الصب: هذا النوع يعد غير اقتصادياً في المشاريع الصغيرة، وهو أقل مقاومة لضغوط المياه وانتفاخ التربة، ولكنه غير مكلف من ناحية الصيانة والتصليح، كما أن عملية تنفيذه وصيانته لا تتطلب مهارات عالية أو معدات خاصة. فالبلاطات الجاهزة تصنع بسمك 5 – 6.5 سم، أما الطول والعرض فيختلفان حسب أبعاد القناة، وعادة يكون الطول ما بين 20 و 60 سم.

4. التبطين بالبيتومين أو الإسفلت: تمتاز هذه الطريقة بكونها مرنة ويسهل إصلاحها، وتتكون الخلطة من البيتومين والحصى. والرمل المتدرج، وتوضع في أماكن التبطين بسمك 6 مم وهي في درجة حرارة مرتفعة، وهذا النوع من التبطين من أرخص الطرق، ولكنها لا تلائم الترب الطينية التي تتعرض للانكماش الشديد عند الجفاف. أما عيوب هذه الطريقة فهي:
   أ. عمرها أقل من الخرسانة الإسمنتية.
   ب. لا تسمح بسرعات كبيرة (لا تزيد عن 1.0 م/ثا).
   ج. تتعرض للتلف نتيجة نمو بعض الأعشاب فيها.
   د. تحتاج إلى صيانة مستمرة على فترات تتراوح بين 2 – 3 سنوات.
   هـ. تناسب القنوات الصغيرة.
5. التبطين بالأغشية: تبطن القنوات بأنواع مختلفة من الأغشية المطاطية أو البلاستيكية بسمك من 0.2 – 1.0 ملم، توضع هذه الطبقات على أرضية وجوانب القنوات وتدفن نهاياتها بالتراب وترص في مكانها، وهذه الطبقات تتحمل أشعة الشمس الشديدة وثقل الأقدام، ولكن يفضل أن تغطى بطبقة من التربة بسمك 15 سم، وأحياناً تستخدم تحت الخرسانة لمنع التسرب.
6. التبطين بمواد تغلق مسامات التربة: تعالج أرضية وجوانب القنوات بمواد صماء تمنع الرشح، وتجري عدة دراسات لغاية الآن لحقن هذه المواد مثل البنتونايت في المياه المتدفقة في القناة لغرض إغلاق مسامات التربة. ولكن هذه الطريقة لم تثبت نجاحها الدائم لغاية الآن، وهذه العملية قد تحدث تلقائياً بسبب وجود مواد السلت العالقة في الماء التي تغلق المسامات.

الجدوى الاقتصادية لتبطين القنوات:

لتقييم الجدوى الاقتصادية لمشاريع تبطين قنوات الري يتطلب الأمر:

1. تقدير كافة التكاليف المنفقة على المشروع.
2. مقدار العائد المتوقع منه.

وتعد نتائج الدراسة الاقتصادية بمثابة معلومات ضرورية وأساسية يجب توفرها للمستثمر كي يقرر على ضوءها في اتخاذ القرار المناسب للشروع في عملية التبطين أو خلاف ذلك.

قد تختلف اقتصاديات التبطين من مكان لآخر، إلا أنه وجد بأن التبطين قد يصبح اقتصادياً في بعض الحالات، ففي حالات خاصة ولاعتبارات فنية معينة، قد يكون تبطين القنوات ضرورياً، فمثلاً وجود قناة ري في تربة منقولة بمنطقة مرتفعة، أو قناة أو جزء منها تقع في تربة مكونة من طبقتين، العليا صخرية والسفلى ذات نفاذية عالية، فمثل هذه الحالات قد تكون القنوات فيها غير آمنة ما لم تبطن.

عادة تبطن مثل هذه القنوات بمادة صلبة ثابتة قد تكون تكلفتها باهظة كي تقاوم سرع التدفق العالية، فما عدا هذه الحالات لا بد أن يقدم المهندس تبريرات ترتكز على أسس اقتصادية جيدة كي يمكن استثمار رأس المال لأغراض التبطين.

بشكل عام أنه من الضروري تقييم الأمور والفائدة التي يمكن أن توفرها عملية التبطين وكذلك الفقدان المائي بقيم مادية (دينار)، ثم تقارن مع تكلفة التبطين، وبناءَ على ذلك يتم التحليل الاقتصادي، فمثلاً كأخذ نسبة الفائدة إلى التكلفة كدليل أو مؤشر لتبرير التبطين أو من عدمه، ومثال على ذلك، صرف مبلغ مقداره 35 ألف دينار على عمليات التبطين في أحد مشاريع الري، ونتيجة لذلك تم توفير

1.4 مليون متر مكعب من المياه التي استخدمت في زراعة أراضي بمحاصيل مستديمة تبلغ مساحتها 1600 دونم، أي أن معدل ما صرف على عملية التبطين يساوي 20.5 دينار للدونم الواحد، ولما كانت هذه الأراضي قد زرعت موالح (حمضيات) فكان ربح الدونم الواحد حوالي 75 دينار سنوياً، لذا يمكن اعتبار عملية التبطين في مثل هذه الحالة من الناحية الاقتصادية ناجحة في هذا المشروع.

يمكن من الناحية الرياضية تبرير الأنفاق على مشروع معين إذا كانت العوائد السنوية تزيد على التكلفة السنوية (بما فيها من الفوائد التي يمكن أن تجنى من رأس المال)، أي أن نسبة العوائد إلى التكلفة يجب أن تكون أكبر من واحد، أما بالنسبة للتبريرات للقنوات القائمة فعلياً تختلف عن تلك التبريرات للقنوات التي هي تحت التنفيذ أو المراد تنفيذها، ذلك لأن أعمال الحفريات في القنوات الجديدة تكون أقل، فضلاً عن العديد من المزايا الأخرى، وعلى كل حال، **يجب أن تتوازن تكاليف التبطين مع كميات الحفريات الترابية وقلة تكاليف الصيانة وقلة متطلبات الصرف وقلة الإسراف في المياه**.

أحتياجات الحقل الإروائية:

يقصد بها كمية المياه التي تعطى فعلاً لكل دونم من الحقل في كل ريّة، و ذلك من واقع التجارب العملية التي تحدد مقدار الضائعات الفعلية في الحقل. و لا تعتمد احتياجات الري على الإستهلاك المائي فحسب، و إنما على **كفاءة الري و كمية و فترة سقوط الأمطار و كمية المياه المخزونة في المنطقة الجذرية**. يمكن التعبير رياضيًا عن احتياجات الحقل الإروائية كما يأتي:

$$FIR = \frac{ET + LR}{E_i} - W_s - R_e$$

حيث أن: FIR احتياجات الحقل الإروائية و ET الاستهلاك المائي و LR متطلبات الغسل و E_i كفاءة الري و W_s كمية المياه المخزونة في التربة و R_e كمية الأمطار الفعالة.

و يمكن حساب احتياجات الحقل الإروائية **تبعًا لطول موسم نمو المحصول و للمساحة المزروعة الكلية**.

): هي كمية المياه الإضافية التي يجب أن تمر خلال المنطقة الجذرية Leaching Requirements (LRمتطلبات الغسل للحفاظ على مستوى معين من الملوحة، و تقوم بغسل الأملاح الزائدة و المتراكمة في المنطقة الجذرية. و يمكن التعبير عنها رياضيًا كنسبة بين التوصيل الكهربائي لمياه البزل ($ds.cm^{-1}$ دسي سيمنز/سم) إلى التوصيل الكهربائي لمياه الري ($ds.cm^{-1}$ – دسي سيمنز/سم)، أو النسبة بين عمق ماء البزل إلى عمق ماء الري، و كما يأتي:

$$LR = \frac{E_{C_{iw}}}{E_{C_{dw}}} = \frac{D_{dw}}{D_{iw}}$$

إن الغسل المستمر للتربة بكميات واطئة نسبيًا يكون أكثر فعالية من الغسل المتقطع و بكميات عالية و لنفس الحجم الكلي المستخدم في الغسل. و تتباين متطلبات الغسل مع ظروف التربة و طريقة الري المتبعة.

مثال: احسب متطلبات الغسل عند زراعة محصول الزيتون إذا تم إرواؤه بماء توصيله الكهربائي 2 دسي سيمنز/سم إذا علمت أن الزيتون يستطيع النمو عندما يكون التوصيل الكهربائي للتربة 5 دسي سيمنز/سم؟

الحل:

$$\Theta\ LR = \frac{E_{C_{iw}}}{E_{C_{dw}}}$$

$$\therefore LR = \frac{2}{5} = 40\%$$

إذن ينبغي أن يضاف 40% من مياه الري كمتطلبات غسل لمنع تراكم الأملاح في المنطقة الجذرية لنمو محصول الزيتون.

المقنن الحقلي الإروائي:

هو كمية الماء التي تعطى فعلاً لكل دونم من الحقل محسوبة كتصريف في اليوم الواحد و يساوي عادة (**الإستهلاك المائي + الضائعات المائية الحقلية –** و التي تقدر للمحاصيل الشتوية بما نسبته 33% و للصيفية 40% من الإستهلاك المائي). و يعتمد المقنن الحقلي الإروائي بالدرجة الأساس على **الدورات الزراعية و أنظمة تجهيز المياه**.

- الدورة الزراعية: هي تكرار زراعة محصول معين في أرض محددة مرة واحدة كل فترة من السنين، فيقال أن الدورة ثنائية إذا تكررت زراعة المحصول مرة واحدة كل سنتين و يقال أن الدورة ثلاثية إذا تكررت زراعة المحصول مرة واحدة كل ثلاث سنوات و هكذا. و تعمل الدورة الزراعية أساسًا **على حفظ التوازن بين العناصر الغذائية الموجودة في التربة و للمحافظة على خصوبة التربة**. فهناك من المحاصيل ما يساعد على تجديد خصوبة الأرض كالجت (البرسيم الحجازي)، كما أن بعضها كالذرة و القمح لا يجود إلاّ في الأرض التي بها أقل كمية من الأملاح بينما الرز يجود في الأرض التي تصل ملوحتها إلى 1.5%. و من دواعي استعمال الدورات الزراعية هو أنه في حالة تبادل زراعة النباتات ذات الجذور الطويلة مع قصيرة الجذور فإن ذلك يؤدي إلى انتفاع بعمق كبير من التربة. و تعد العوامل المُناخية و وفرة المياه من العوامل الداعية لنظام هذه الدورات.

- أنظمة تجهيز المياه: تختلف أنظمة تجهيز المياه من بلد لآخر و حتى من مشروع لآخر حسب **توفر المياه و طبيعة الملكية الزراعية و الظروف الطبيعية لذلك البلد و عوامل أخرى**. و تهدف جميع أنظمة التجهيز إلى رفع كفاءة الري من خلال تقليل الضائعات المائية و توفير الاحتياجات المائية الفعلية للمحاصيل المزروعة. و من أهم أنظمة التجهيز هي:

1. نظام التجهيز عند الطلب (On demand system): يوفر هذا النظام الحصة المائية التي يحتاجها المزارع في الوقت الذي يناسبه، و يعد هذا النظام مثاليًا حيث يرتبط بدرجة كفاءة إدارة عمليات الري و بدرجة وعي المُزارع

و يتطلب وجود شبكة توزيع مياه ذات سعة كبيرة و منشآت جيدة لقياس المياه و السيطرة عليها. و يناسب هذا النظام الملكيات الزراعية التي تتباين مساحاتها و حاجتها للمياه.

2. نظام التجهيز المستمر (The continuous flow system): يتم التجهيز في هذا النظام بتوفير الحصة المائية للمُزارع على شكل تصريف مستمر، و يتطلب في هذا النظام وجود مصدر مائي مستمر التجهيز أو مخزون مائي كافٍ و هنا لا بد من تخطيط و إدارة فعاليات الري قبل بداية الموسم الزراعي حيث لا يمكن للمُزارع أن يحصل على حصة مائية أكبر من التصريف المحدد له. و من مزايا هذا النظام كلفته الابتدائية المنخفضة حيث لا يحتاج إلى شبكات ري معقدة، كما أن منشآت السيطرة صغيرة و عمليات الإدارة بسيطة.

3. نظام التجهيز المتناوب – المراشنة أو المناوبة (The rotation system): يتم التجهيز حسب هذا النظام بالكميات المقررة و لفترات زمنية محددة وفق جدول و خطة معدّة مسبقًا. يتم توزيع المياه لكل مجموعة من المزارعين المستفيدين من قناة فرعية بتوفير حصة مائية كافية وفق جدول ثابت يتناسب مع المساحات المزروعة التي تخدمها تلك القناة. يمتاز هذا النظام بمرونته إذ يمكن تغييره حسب الظروف، حيث تطلق مياه الري في القنوات الفرعية و قنوات التوزيع أيامًا محددة ثم تتوقف أيامًا أخرى و تبقى المياه بصورة دائمة في القناة الرئيسة. و بصورة عامة فإن مناوبات الري إما أن تكون ثنائية حيث توزع المياه إلى مجموعتين متساويتين في المساحة أو ثلاثية حيث توزع المياه لثلاث مجاميع متساوية في المساحة كلما أمكن و تطلق المياه في المناوبتين (الثنائية و الثلاثية) لفترات متساوية.

كفاءات الري:

يتم نقل ماء الري من مصادره إلى الحقول وتجهيزه للمحاصيل الزراعية بطرائق مختلفة، وبعبارة أخرى فأن ماء الري ينقل من نقطة ضخه وحتى مكان استغلاله من قبل النبات، وعليه يتخلل هذه العملية بعض الفاقد المائي تؤثر في كفاءة الري، لذا يتطلب تقييم نظام الري الأخذ بنظر الاعتبار مدى ملاءمة هذا النظام فضلاً عن كفاءته. **و تعد عملية الري "كافية" عندما نحافظ على بقاء الماء متيسرًا ضمن حدود المنطقة الجذرية و إذا تحددت الكمية الواجب إضافتها من مياه الري فإن تحقيق "كفاءة الري" يصبح ممكنًا بتلافي الضائعات المائية.**

تتأثر كفاءة الري بعوامل عدة منها: (تصميم نظام الري و نوع التربة و درجة تحضيرها و تسويتها و توفر المياه و نوع المحصول)، و عليه فإن الهدف من تقدير كفاءات الري **هو إيضاح أين يمكن عمل تحسينات تؤدي بالنتيجة إلى زيادة فاعلية نظام الري و كفاءته؟**. و هنا لا بد من تقييم فعاليات الري منذ استلام المياه من مصدر التجهيز و حتى استعمالها في عملية الري.

على ضوء ما تقدم، يمكن تعريف "**كفاءات الري**" بأن **هي مظاهر السيطرة على إدارة مياه الري بوجود تقييم لتلك المياه من وقت تركها المصدر المائي حتى استعمالها من قبل النبات**. و تشمل هذه الكفاءات ما يأتي:

1. **كفاءة النقل (نقل الماء)** E_C : هي كفاءة نقل الماء من مصدر الضخ حتى وصوله بداية الحقل، يشمل ذلك حساب الفاقد المائي نتيجة للتبخر والرشح من قنوات نقل الماء فضلاً عن تلك الفواقد الناتجة عن طريق النتح من قبل النباتات النامية على ضفاف القناة. ويمكن تقدير هذه الكفاءة باستخدام المعادلة الآتية:

$$\%E_c = \frac{W_f}{W_d} \times 100$$

كمية المياه التي يتم ضخها من المصدر.W_d كمية المياه الواصلة إلى بداية الحقل و W_f كفاءة نقل الماء و E_c حيث أن:

2. **كفاءة الإرواء (إضافة الماء)** E_a : تستخدم لقياس ما يمسك من الماء المضاف للحقل في المنطقة الجذرية و الذي يستعمله النبات، و بعبارة أخرى فهي تمثل نسبة كمية المياه المخزونة في المنطقة الجذرية للمحصول في التربة إلى كمية المياه الواصلة إلى بداية الحقل. ويمكن تقدير هذه الكفاءة باستخدام المعادلة الآتية:

$$\%E_a = \frac{W_s}{W_f} \times 100 \; ; \; \%E_a = \frac{W_f - (D_f + R_f)}{W_f} \times 100$$

كمية المياه الواصلة إلى بداية الحقل. W_f كمية المياه المخزونة في المنطقة الجذرية[1] و W_s كفاءة الإرواء و E_aحيث أن:

و تلعب مهارة المزارع و كفاءته في إدارة عملية الري و كذلك نوع و خصائص التربة و درجة تحضيرها و تسويتها و طريقة الري المتبعة دورًا هامًا في تحديد كفاءة الإرواء.

3. **كفاءة خزن الماء** E_s : هي نسبة كمية الماء المخزون في منطقة الجذور إلى كمية الماء المستنفذ من قبل النبات قبل الري. وتصبح قيمة كفاءة الخزن مهمة جداً حينما لا تكون كمية الماء المخزون في منطقة الجذور كافية خلال فترة الري لما لها من تأثير على عملية غسل الأملاح من التربة وضرورة زيادته إلى القدر الذي يضمن ذلك. ويمكن تقدير هذه الكفاءة باستخدام المعادلة الآتية:

$$\%E_s = \frac{W_s}{W_n} \times 100$$

كمية المياه التي تحتاجها W_n كمية المياه المخزونة في المنطقة الجذرية و W_s كفاءة خزن الماء و E_sحيث أن:

المنطقة الجذرية خلال الرية الواحدة، و تتحدد بـ (سعة مسك التربة للماء/1 م من عمق المنطقة الجذرية و عمق المنطقة الجذرية و مساحة الحقل و نسبة استنفاد التربة للماء و فترة الري)، و يمكن حسابها من المعادلة الآتية:

$$(W_n = \frac{\text{نسبة الاستنفاد} \times \text{عمق المنطقة الجذرية} \times \text{سعة مسك التربة للماء/ 1 م} \times \text{مساحة الحقل}}{\text{فترة الري}})$$

4. **كفاءة توزيع المياه** E_d : تشير هذه الكفاءة إلى مدى تجانس توزيع الماء ضمن منطقة الجذور، مما يؤدي إلى استجابة النبات للنمو بشكل جيد في حالة التوزيع المتجانس وبعكسه في حالة عدم التوزيع بشكل متجانس ضمن منطقة الجذور، وهذا يؤدي إلى جفاف قطاع التربة مما يتطلب عندئذٍ إضافة الماء لتجنب ما قد ينجم من جفاف وظهور الأملاح. ومعادلة كفاءة توزيع الماء يمكن أن تكتب بالصيغة الآتية:

$$\%E_d = \left(1 - \frac{y}{d}\right) \times 100$$

الزيادة أو النقصان عن معدل عمق y متوسط عمق الماء المخزون في منطقة الجذور و d كفاءة التوزيع و E_dحيث أن:

الماء القياسي في منطقة الجذور.

و يمكن بوساطة هذه المعادلة تقييم طريقة الري نفسها بمواقع مختلفة، كما يمكن أيضًا المقارنة بين كفاءة التوزيع لطرق الري المختلفة، فالقيم المنخفضة لكفاءة التوزيع تعني ضرورة إضافة كمية ماء إضافية أكثر فضلاً عن زيادة فترة التشغيل وما يرافقها من زيادة في التكاليف مقارنة بقيم كفاءة التوزيع العالية.

5. **كفاءة استعمال المياه** E_u : وهي نسبة كمية الماء المستغل بفائدة من قبل النبات خلال موسم النمو لتلك المياه المنقولة إلى الحقل. ويمكن تقدير هذه الكفاءة باستخدام المعادلة الآتية:

$$\%E_u = \frac{W_u}{W_d} \times 100$$

---

[1] في الغالب تضاف كميات من المياه أكبر من قابلية التربة على الاحتفاظ بها بسبب حصول الضائعات المائية، لذا يمكن التعبير عن W_s بالمعادلة $\{W_s = W_f - (D_f + R_f)\}$، حيث أن D_f كمية الماء المفقود بالتخلل و R_f الماء المفقود بالسيح.

كمية الماء W_d كمية الماء المستغل بفائدة من قبل النبات و W_u كفاءة استعمال الماء و E_uحيث أن:
المنقول إلى الحقل.

6. **كفاءة المقنن المائي** E_{cu} : بدلالة هذه الكفاءة يمكن معرفة مقدار الماء المفقود بالتبخر والتسرب العميق نتيجة كثافة الغطاء النباتي ونفاذية التربة العالية، ونوع التربة، ونظام توزيع المجموعة الجذرية للمحصول. ويمكن تقدير هذه الكفاءة باستخدام المعادلة الآتية:

$$\%E_{cu} = \frac{W_{cu}}{W_d} \times 100$$

كمية الماء المفقودة بواسطة W_d المقنن المائي للمحصول و W_{cu} و كفاءة المقنن المائيE_{cu}حيث أن:
التسرب العميق والبخر وتلك المستنفذة من قبل منطقة الجذور.

م^3/ثا. فإذا علمت أن مساحة 0.10 م^3/ثا، يستلم منها في أحد الحقول 0.12مثال: كمية من مياه الري في قناة ري رئيسة تقدر بـ الحقل المذكور 4 هكتار و عمق المنطقة الجذرية 2 م و عدد ساعات الري 10 ساعة و مقدار الضائعات المائية (التخلل و السيح) خلال فترة الري 500 م^3 و سعة مسك التربة للماء 18 سم/1 م و أن عملية الري تبدأ عندما تستنفد التربة 50% من مياه الري.
أحسب كفاءة نقل الماء و كفاءة الإرواء و كفاءة خزن الماء؟
الحل:

$$\Theta\ \%E_c = \frac{W_f}{W_d} \times 100$$

$$\therefore \%E_c = \frac{0.1}{0.12} \times 100 \cong 83\%$$

$$\Theta\ \%E_a = \frac{W_s}{W_f} \times 100$$

$$\Theta\ W_s = W_f - \frac{D_f + R_f}{I_{period}} = 0.1 - \frac{500}{10 \times 60 \times 60} = 0.08611 m^3/sec.$$

$$\therefore \%E_a = \frac{0.08611}{0.1} \times 100 \cong 86\%$$

$$\Theta\ \%E_s = \frac{W_s}{W_n} \times 100$$

$$W_n = \frac{\text{نسبة الاستفاد} \times \text{عمق المنطقة الجذرية} \times \text{سعة مسك التربة للماء/ 1 م} \times \text{مساحة الحقل}}{\text{فترة الري}}$$

$$W_n = \frac{2 \times 10000 \times \frac{18}{100} \times 2 \times \frac{50}{100}}{10 \times 60 \times 60} = 0.1 m^3 / sec.$$

$$\therefore \%E_s = \frac{0.08611}{0.1} \times 100 \cong 86\%$$

أسئلة عامة

لتر/ثا. فإذا علمت أن مساحة الحقل 90 لتر/ثا، يستلم منها في أحد الحقول 100س1/: كمية من مياه الري في قناة ري رئيسة تقدر بـ م و عدد ساعات الري 5 ساعة و مقدار الضائعات المائية (التخلل و السيح) خلال 1.5المذكور 4 دونم و عمق المنطقة الجذرية فترة الري 270 م^3 و سعة مسك التربة للماء 18 سم/1 م و أن عملية الري تبدأ عندما تستنفد التربة 50% من مياه الري. أحسب كفاءة نقل الماء و كفاءة الإرواء و كفاءة خزن الماء؟

الجواب: (90% و 83% و 100%)

م^3/ثا. فإذا علمت أن مساحة 0.10 م^3/ثا، يستلم منها في أحد الحقول 0.125س2/: كمية من مياه الري في قناة ري رئيسة تقدر بـ الحقل المذكور 8 دونم و عمق المنطقة الجذرية 1 م و عدد ساعات الري 5 ساعة و مقدار الضائعات المائية (التخلل و السيح) سم/1 م و أن عملية الري تبدأ عندما تستنفد التربة 50% من مياه الري. 14.4خلال فترة الري 360 م^3 و سعة مسك التربة للماء أحسب كفاءة نقل الماء و كفاءة الإرواء و كفاءة خزن الماء؟

الجواب: (80% و 80% و 100%)

نوعية مياه الري

لاشك أن الماء هو عصب الحياة وأهم مكون من مكوناتها، وصدق الله عز وجل إذ يقول في كتابه العزيز **(وجعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون)** (الأنبياء/30)، ويوجد الماء في الخلية الحية بنسبة تتراوح بين 50-60 % من وزن الخلية كما يوجد بنسبة 70 % من الوزن الكلي للخضروات وتزيد النسبة إلى أكثر من 90 % من وزن الفاكهة، وهو العنصر الأساسي لاستقرار الإنسان وازدهار حضارته وأينما وجد الماء وجدت مظاهر الحياة.

وتعتمد التنمية الزراعية على الموارد المائية المتاحة للاستغلال الزراعي وأصبحت العنصر الحاكم في هذه التنمية وبقدر ما يتوفر لنا سوف تزداد الرقعة الزراعية إلى أقصى قدر مستطاع ويعد ذلك التوسع ضرورة أساسية من ضرورات التنمية.

إن متطلبات نوعية مياه الري تختلف من دولة إلى أخرى من دول العالم، و هذا لا يدعو للأستغراب و ذلك **لتنوع المُناخ و التربة و النبات و طرائق الري و أنظمة البزل المتبعة**.

وصف المياه:

تستخدم الآن في مجال المياه بعض **التعريفات والمصطلحات العلمية الحديثة لوصف المياه وهي:**

Water quantity.هي كمية المياه المتاحة للاستخدام :

Water quality.درجة نقاوة المياه و التي تكون صالحة لنوع الاستخدام المطلوب :

Fresh water) هي المياه العذبة التي تحتوى على تركيز من الأملاح الذائبة أقل من 500 جزء في المليون ppm.[2]:)

[2] **التركيز بوحدة عدد الأجزاء في المليون ppm** : وزن المادة المذابة بالملي غرام في كيلو غرام مذيب أو لتر مذيب (ملغم/لتر، ملغم.لتر$^{-1}$، **meg/l** or **meg.l^{-1}**).

Sewage water.وهى مياه الصرف الصحي الناتج عن الاستخدام البشري :

Waste water.مياه غير عذبة مثل مياه الصرف الصحي وصرف المصانع وكذلك الصرف الزراعي :

Salty water) %3 عن تقل لا ذائبة أملاح على تحتوى التي والمحيطات البحار مياه هي :ppm.(

Brackish water.هي مياه خليط من المياه العذبة والمياه الملحية وهى غالبا توجد حيث التقاء الأنهار بالبحار أو المحيطات :

Hard water.هي المياه التي تحتوى على تركيز من عناصر الكالسيوم و المغنسيوم ويسبب عسر لهذه المياه عند الاستخدام :

Soft water.هي المياه التي لا تحتوى على تركيز من عناصر الكالسيوم و المغنسيوم و يسبب عسر عند الاستخدام :

Polluted water هي المياه التي تحتوى على واحد أو أكثر من الملوثات (ملوثات معدنية – عضوية) و التي تجعل من هذه المياه غير صالحة للاستخدام المطلوب.

Purified water.هي المياه التي لا تحتوى على الملوثات المعدنية أو العضوية وصالحة للاستخدام البشري :

أنواع المياه:

(أ) **مياه سطحية Surface Water**: هى المياه التى تتواجد على سطح القشرة الارضية بحيث تكون متاحة للاستخدام بسهولة **وهى تنقسم تبعا الى ملوحتها الى:**

(1) **مياه مالحة Salt Water**: هي المياه التي تحتوي على قدر عال من الملوحة لاحتوائها على كميات كبيرة من الاملاح المعدنية الذائبة. و تعد البحار والمحيطات المصدر الرئيس للمياه المالحة.

(2) **مياه عذبة Fresh Water**: هي المياه التي تتميز بضآلة كمية الأملاح بها أو حتى انعدامها في بعض الأحيان وتعد الأنهار والجداول والجليد القطبي و الأمطار هي المصدر الرئيس للمياه العذبة.

(ب) **مياه جوفية Ground Water**: وهى المياه التي توجد في باطن الأرض وقد تكون عذبة أو مالحة، و تتميز عن المياه الأخرى بأنها أقل عرضة للتلوث بنفايات المصانع والمجاري. ولكن في العصر الحديث لم يتركها الإنسان بل دفن النفايات السامة والمشعة في الأرض فوصلت آثار منها إلى المياه الجوفية ولوثتها.

ثالثا : خواص واستعمالات المياه:

(أ) الخواص الكيميائية :

- **الأملاح الكلية الذائبة:** تؤثر الأملاح الكلية الذائبة في المياه على الضغط الأزموزي[3] لجذور النبات مما يقلل من إمتصاص الجذور للمياه فضلاً عن سمية بعض الأيونات مثل الكلوريد.
- **المواد الصلبة:** تعد المواد الصلبة الذائبة وغير ذائبة مؤشرات أساسية عند إجراء نظم معالجة المياه كما أن تركيز الأملاح ونوع الأيونات يؤثر فى نوعية المياه.
- **الأكسجين المستهلك الحيوي والكيماوي:** يعد من أهم مؤشرات التلوث بالمواد العضوية ويعبران عن كميات الأكسجين التي تحتاجها المياه حتى يتم أكسدة جميع المواد الذائبة وغير ذائبة بطريقة كيماوية أو حيوية.
- **العناصر الثقيلة:** هي مجموعة من العناصر النادرة التي توجد بكميات قليلة ولكن لها تأثيرات سمية للنبات أو الحيوان إذا وجدت في المياه بتركيزات تفوق الحدود الحرجة.

[3] الضغط الأزموزي: هو الضغط اللازم لوقف سريان أو نفاذ (الماء في محلول الملحي) إلى المحلول المركز من خلال غشاء شبه نفاذ. وتعتمد قيمته على عوامل عدة منها، نسبة تركيز الملوحة للماء المالح و على الأملاح الذائبة الكلية TDS وعلى نوعية الأملاح الذائبة و على درجة الحرارة.

(ب)الخواص الطبيعية :

- **العكورة:** تنتج من وجود الغرويات العالقة في المياه وهى مؤشرات أولى للمواد الصلبة غير الذائبة.
- **اللون:** و هو يعطى دلالة أولية عن مدى التحلل ونسبة الطحالب الخضراء التي قد تسبب مشاكل في نظم الري.
- **الرائحة:** تصبح الرائحة ذات أهمية ويجب مراعاتها عندما تحيط كتلة سكنية بالأراضي الزراعية وهى تشير إلى استخدام مياه الصرف الصحي.
- **درجة الحرارة:** وهى تؤثر في معدل النمو الحيوي ومعدلات التخلص من المسببات المرضية ومعدل الترسيب للمواد الصلبة في المياه. و درجة حرارة ماء الري لمعظم النباتات (المثلى 25 ºم و العظمى 35 ºم و الصغرى 15 ºم). يقل إنتاج محصول النباتات الزراعية الحساسة لدرجة الحرارة المنخفضة مثل الخيار و الرقي إذا كانت درجة حرارة ماء الري أقل من 20 ºم.

(ج) الخواص البيولوجية:

تعد زيادة محتوى المياه من الكائنات الحية الدقيقة التالية من أهم الفروق الجوهرية بين المياه العذبة ومياه الصرف الصحي أو الزراعي الملوثة بها ومن أهمها:

- **مجموعة الفيروسات:** فيروسات الغدد - الفيروسات المعوية- فيروسات الالتهاب الكبدي.
- **مجموعة البكتريا:** بكتريا القولون المرضية- بكتريا القولون البرازية- مجموعة السالمونيلا- مجموعة الشيجلا.
- **مجموعة الديدان الطفيلية:** الأنكلستوما- الأسكارس- الدودة الدبوسية- التينيا ساجيناتا – التينا سوليم.
- **مجموعة البروتوزوا:** وهى كائنات وحيدة الخلية مثل الأنتاميبا.

وتكمن خطورة هذه الكائنات فى التسبب لأمراض عديدة للأنسان والحيوان عن طريق الأستخدام المباشر أو تعرض الثمار لها. و بصورة عامة يمكن تقسيم مياه الري اعتمادًا على الخواص البيولوجية إلى الآتي:

1. ماء غير مشكوك به صحيًا.
2. ماء غير خالٍ من أضرار صحية، لاحتوائه على نفايات. و يسمح باستعماله بعد تصفيته خوفًا من انتشار الأمراض و **لا ينصح باستعماله في أرض مزروعة بالخضراوات.**
3. ماء موبوء جدًا، و يشمل ماء المجاري القادمة من المستشفيات أو المصحات أو مستشفيات العزل و غيرها، **و هو ماء غير صالح للري لا للمحاصيل و لا للخضر.**

التحاليل المستخدمة فى الرصد البيئى لمراقبة جودة المياه :

(أ) التحاليل الكيمياوية :

(1) الأس الهيدروجينى (pH). (2) الأملاح الكلية الذائبة (EC)

(3) الكاتيونات والأنيونات. (4) نسبه الكربونات المتبقية (RSC).

(5) نسبة الصوديوم المدمص (SAR).

(6) النتروجين النتراتي والأمونيومي والنتريتي والكلي.

(NO_3–N ,NH_4–N ,NO_2–N , Total Nitrogen)

(7) الفوسفور (P) و الكالسيوم (Ca) و المغنسيوم (Mg).

(8) العناصر الصغرى: الزنك (Zn) و النحاس (Cu) و المنغنيز (Mn) و الحديد (Fe) و البورون (B).

(9) العناصر الثقيلة: التيتانيوم (Tn) و السليكون (Si) و الرصاص (Pb) و الكادميوم (Cd) و الموليبدنم (Mo) و الكروميوم (Cr) و السلينيوم (Se) و الزرنيخ (As) و الكوبالت (Co) و النيكل (Ni).

(10) الزيوت والشحوم Oil & Grease.

(11) المركبات الفينولية phenolic compounds.

(12) الهرمونات Hormones.

(13) متبقيات المبيدات Pesticide مثل

Lindane (Aldrin, Dieldrin, Malathion, Endrin).

(15) الأكسجين المستهلك كيميائياً (COD).

(16) الأكسجين المستهلك حيوياً (BOD).

(17) المواد العالقة والذائبة فى المياه Total suspended and Dissolved solids.

(ب) التحاليل البيولوجية:

(14) الميكروبات المرضية The Pathogenic Indicators

أ- بكتريا القولون الكلية Total coliforms.

ب- بكتريا القولون البرازية Feacal coliforms.

ج- السالمونيلا والشجيلا Salmonella and shigella.

(ج) التحاليل الطبيعية:

(18) العكورة Turbidity.

(19) اللون Color.

(20) الرائحة Smell.

(21) درجة الحرارة Temperature.

خامسا : العوامل التي تتحكم في صلاحية المياه للري:

(1) التركيز الكلى للأملاح.

(2) نوع الأملاح السائدة مثل NH_4 & NO_3 & Cl& Na& CO_3 & HCO_3.

(3) وجود بعض العناصر الثقيلة نتيجة خلط مياه الصرف الصناعي بدون معالجة بتركيزات تؤدي إلى تسمم النبات مثلPb, Cd, Hg, Cr, Ni, Co, As, Se.

(4)Fe, Zu, Cu, وجود بعض العناصر الصغرى بتركيزات مرتفعة تسبب أضرار للنبات مثل Mn, B.

(5) كميات مياه الري المتاحة و الفترة بين الريات و توفر موارد مائية أخرى منخفضة الملوحة يمكن استخدامها في غسيل الأملاح المتراكمة نتيجة استخدام المياه العادمة.

(6) خواص التربة الطبيعية والكيميائية والمائية.

(7) كفاءة شبكة الصرف.

(8) الخدمة الزراعية واستخدام المخصبات والإضافات الأخرى.

(9) الدورة الزراعية والتركيب المحصولي.

(10) الأحوال الجوية.

(11) وجود بعض الميكروبات المرضية في مياه الري نتيجة الخلط بمياه الصرف الصحي غير المعالجة **وهي** بكتريا القولون البرازية Feacol Coliform و بكتريا القولون السبحية Coliform bacteria. و بكتريا القولون Feacol Streptococci الكروية

(12) التضاريس الأرضية.

(13) طريقة الري المستخدمة (ري بالغمر- بالرش – بالتنقيط).

سادسا : معايير صلاحية مياه الري:

توجد معايير دولية يمكن بها تقييم صلاحية المياه للري من خلال ما يأتي:

) لتحديد صلاحية مياه الري1989 ,FAOمواصفات منظمة الزراعة و الأغذية (

طبيعة المشكلة		الوحدة			شدة التأثير		
					لا توجد	قليلة - متوسطة	شديدة
الملوحة (تؤثر في وفرة مياه المحاصيل)							
EC_w		$ds.m^{-1}$			0.7 >	3.0 – 0.7	3.0 <
TDS		Ppm			450 >	2000 – 450	2000 <
تأثير معدل غيض الماء في التربة (يؤخذ تأثير نسبة أمتزاز الصوديوم مع الملوحة سوية)							
نسبة[4] أمتزاز الصوديوم SAR	3 – 0 =	و EC_w $ds.m^{-1}$	=		0.7 <	0.2 – 0.7	0.2 >
	6 – 3 =		=		1.2 <	0.3 – 1.2	0.3 >
	12 – 6 =		=		1.9 <	0.5 – 1.9	0.5 >
	20 – 12 =		=		2.9 <	1.3 – 2.9	1.3 >
	40 – 20 =		=		5.0 <	2.9 – 5.0	2.9 >
السمية المحدودة لأيونات (الصوديوم و الكلوراید و البورون) (تؤثر في المحاصيل الحساسة)							
Na^+							
الري السطحي		Ppm			3.0 >	9.0 – 3.0	9.0 <
الري بالرش		Ppm			3.0 >	3.0 <	
Cl^-							
الري السطحي		Ppm			4.0 >	10.0 – 4.0	10.0 <
الري بالرش		Ppm			3.0 >	3.0 <	
B^+		Ppm			0.7 >	3.0 – 0.7	3.0 <
تأثيرات عرضية (النترات و البيكاربونات)							
$(NO_3 – N)$		Ppm			5.0 >	30.0 – 5.0	30.0 <
HCO_3							
الرش الفوقي		Ppm			1.5 >	8.5 – 1.5	8.5 <
الرقم الهيدروجيني أو دالة الحامضية							
pH					8.4 – 6.5		

[4] $$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

المواصفات العالمية و العراقية و الأمريكية لتحديد صلاحية مياه الشرب

المعامل Parameter	مواصفات منظمة الصحة العالمية (WHO 1996) ppm*(	المواصفات القياسية العراقية IQS 1996 . ppm*(	مواصفات وكالة حماية البيئة الأمريكية USEPA 1975. ppm*(
TDS	1000	1000	500
pH	9.5 – 6.5	8.5 – 6.5	–
TH(العسرة الكلية)	–	500	500
K^{+1}	–	–	20
Na^{+1}	200	200	200
Mg^{+2}	50	50	125
Ca^{+2}	200	150	200
Cl^{-1}	250	250	250
SO_4^{-2}	250	250	250
HCO_3^{-1}	–	–	500
NO_3^{-1}	50	50	–