نظم الري والبزل

م.د. عاصم ناصر المنصور

دكتوراه (أدارة تربة ومياه) كلية الزراعة – جامعة البصرة 2022م

ماجستير هندسة الري والصرف الحقلي –كلية الزراعة –جامعة عين شمس 2015 م

المحاضرة الثامنه

- Factors influencing irrigation method selection.
- Irrigation efficiency.
- Applications and examples of irrigation efficiency.

- عوامل اختيار طرق الري
- كفاءات الري
- تطبيقات وامثلة حول كفاءات الري

❑ Factors influencing irrigation method selection.

عوامل اختيار طرق الري

1) خصائص المحصول ومرحلة النمو

- ❑ نوع المحصول:

1. المحاصيل الصيفّية (ذرة، قطن) تناسب الري بالخندق/الخطوط (furrow) أو التنقيط،
2. المحاصيل العشبية والمساحات الكبيرة (علف، محاصيل حقلية) قد تناسب الري بالرش أو السطحي،
3. الأشجار والبساتين الأفضل عادة التنقيط أو الحوض (basin) للغراسات الشجرية.

- ❑ حساسية المحصول للماء والملوحة:

1. محاصيل حسّاسة للملوحة تحتاج مياهًا أفضل أو غسيلًا متكررًا — وهذا يؤثر في اختيار نظام يسمح بغسل تراكُم الأملاح (مثلاً الري بالغمر أو اضافة دورية لغسل الطبقة الجذرية).
2. نمط الغطاء النباتي وكثافة الزراعة: كثافة عالية + مسافات ضيقة ← تنقيط أو رَشّ محمول؛ صفوف متباعدة ← خطوط/furrow.

2) موارد المياه (كمية، انتظام، جودة)

❖ وفرة المياه وكميتها

- ❑ إذا كانت الكمية محدودة/محددة زمنياً → ري موضعي (drip) لرفع كفاءة الاستخدام.
- ❑ إذا توافر فائض مؤقت أو موسم مطير → الأنظمة السطحية قد تكفي.
- ❑ انتظام التزويد: مصادر متقطعة تفضّل نظم تخزينية + تنقيط.

❖ جودة الماء (ملوحة ومواد معلقة):

- ❑ مؤشرات شائعة: ECw (التوصيل الكهربائي للمياه) — تقيم عام:
  - ➢ اقل من 0.7 dS/m: ممتاز،
  - ➢ 0.7–3: مقبول لمعظم المحاصيل،
  - ➢ اكبر من 3: قد يسبب مشاكل تحتاج إدارة (اختيار المحاصيل، غسيل/صرف).
- ❑ مياه تحتوي على جسيمات/مواد عالقة → خطر انسداد في خطوط التنقيط؛ هنا نحتاج ترشيحًا جيدًا أو نظام رش أكبر فتحمل الجسيمات.
- ❑ قابلية المعالجة: هل يمكن معالجة الماء (ترشيح/تحلية) من الناحية الاقتصادية؟

3) خواص التربة

- **نفاذية التربة (Infiltration rate):**
  - منخفضة < 5 mm/hr،
  - متوسطة 5–15 mm/hr،
  - مرتفعة > 15 mm/hr.

التربة ذات نفاذية منخفضة لا تناسب الري بالتنقيط عالية التدفق أو الري بالرش بكثافة عالية قرب السطح دون تعديلات؛ الحقول ذات نفاذية عالية قد تواجه تسرب عميق مع أنظمة الري الثقيلة.

- **سعة احتفاظ الماء (FC – PWP):**

اراضي رملية سريعة النفاذية لكن الماء الجاهز الكلي TAWمنخفض → متطلب جدول ري متكرر (تنقيط مناسب).

اراضي طينية TAW أعلى لكنها عرضة لتكوين برك عند الري السطحي.

- **بنية التربة وميلها للصودية (sodicity):** الصوديوم يقلل النفاذية ويؤثر على اختيار نظام الصرف والبزل المسبق.
- **عمق الجذر**: يؤثر على عمق اضافة المياه (تنقيط عميق أو سطحي).

4) طبوغرافية المكان (الانحدار وامتداد الحقل)

- **الانحدار (slope):**
  - الحوض والحدود يفضلان أرضًا مسطّحة أو منحدرًا طفيفًا (< 0.5–1%).
  - المروز Furrows قد تقبل انحدارًا حتى ~1–2% مع تصميم مناسب.
  - الانحدار الكبير يجعل التحكم بالصرف والتوزيع السطحي صعبًا — يفضَّل الرش أو التنقيط.
  - شكل وامتداد الحقل: الحقول الطويلة جدًا تسبب تفاوت توزيع في الري السطحي؛ تقسيم الحقول أو الانتقال إلى نظم متحرّكة/ رشّ يصحح ذلك.

5) البنية التحتية المتاحة (قنوات، مضخات، طاقة)

- وجود شبكة قنوات مترابطة أو سهولة توصيل المياه: القنوات المكشوفة تناسب الري السطحي لكنها تؤدي لخسائر تبخر وتسرب.
- مصدر الطاقة وتكلفتها: أنظمة الرش والتنقيط تحتاج ضخًا مستمرًا — تكلفة الطاقة عامل حاسم. إذا كانت الطاقة رخيصة ومتوفرة → نظم ميكانيكية أفضل؛ إن كانت الطاقة محدودة → نظم الجاذبية (اذا تسمح التضاريس) أفضل.
- وجود معدات للترشيح (فلاتر) والتعامل مع الانسداد (مهم للتنقيط).

6) الاعتبارات الاقتصادية (تكلفة رأس المال والتشغيل)

- التكلفة الأولية: تركيب التنقيط عالي التكاليف مقارنة بالري السطحي التقليدي.
- تكلفة التشغيل : طاقة، صيانة، قطع غيار، فلترة، فورمات الصيانة.
- العائد الاقتصادي المتوقّع: في محاصيل ذات قيمة عالية (خُضار، بساتين) قد يبرّر التنقيط أو الرش الاستثمار.
- تحليل جدوى: فترة استرداد رأس المال، حساسية لتكلفة المياه والطاقة.

7) المتطلبات الإدارية والمهارية

- التشغيل والصيانة: التنقيط يتطلّب خبرة في تركيب، فحص انسدادات، تنظيم ضغط، تنظيف. الري السطحي أبسط في التشغيل.
- التوافر المحلي للعمالة المهرة وقطع الغيار: إذا كانت تكنولوجيا متقدمة لن تُدعم، فربما نظام أبسط أفضل.
- حساسية النظام للأعطال: في التنقيط، خلل صغير قد يؤدي لتوزيع غير متجانس بسرعة.

8) الممارسات البيئية والمخاطر

- تأثير على جودة المياه الجوفية: الري المفرط أو الصرف غير المدارة قد يسبب تلوّث الجوفية (مبيدات/أسمدة).
- الملوحة وتراكم الأملاح: اختيار نظام يسمح بغسيل طبقي عند الحاجة أو وجود صرف مناسب.
- تأثير على التنوع الحيوي: بعض الأنظمة (كالقنوات المكشوفة) تؤثر على التنوع في البيئة المحليّة.
- المخاطر المناخية: في مناطق عاصفة، الري بالرش يتأثر بشدة بالرياح.

9) متطلبات الصرف (Drainage)

إذا كانت الحقول معرضة لارتفاع مستوى المياه الجوفية أو تجمع المياه السطحية، يجب اختيار نظام يتوافق مع إمكانية توفير صرف جيد (مثلاً نظم تحت السطحية تتطلب/تتكامل مع شبكات تصريف).

10) المرونة والتوسع المستقبلي

هل يمكن توسيع النظام بسهولة (إضافة خطوط تنقيط، مضخات، شبكات)؟

نظم مرنة أفضل لمزارع متغيرة المحاصيل.

11) متطلبات التسميد والكيماويات (Fertigation & Chemigation)

إذا كانت الرغبة في اضافة الأسمدة أو المبيدات عبر نظام الري، فالتنقيط والرش مناسبان. يلزم نظام فلترة ومزج وقياس جيد.

12) الاعتبارات الاجتماعية والسياسات المحلية

تقاليد الري المحلية، توافر التدريب، سياسات دعم (قروض، منح، حوافز لتحديث الري)، قوانين إدارة المياه، حقوق مياه الجيران.

13) مدى التحمل للاحتياج الموسمي (seasonality)

إذا كان الطلب عاليًا في مواسم محددة فقط، يجب اختيار نظام يضمن التخزين أو القدرة على التشغيل بالمواسم (سدود، خزانات، مضخات قابلة لإيقاف/تشغيل).

✓قاعدة لاختيار طريقة الري

1. حدّد المحصول ومرحلة نموّه واحتياجه للماء.
2. قيّم كمية وجودة المياه (EC, TDS, عكارة).
3. حلّل التربة: نفاذية، TAW، عمق جذور.
4. افحص الطبوغرافيا: انحدار وشكل الحقل.
5. احسب التكاليف المتاحة واعتبارات الطاقة.
6. قيّم البنية التحتية والمهارات والصيانة المحلية.
7. قرّر احتياجات الصرف وإمكانيات الغسل.
8. اختبر البدائل (تنقيط/رش/سطحي) مع تحليل جدوى اقتصادي وبيئي.
9. اختَر الأنسب بحسب توازن الكفاءة/التكلفة/البيئة/القابلية للتنفيذ.

توصيات سريعة (مقترحات عملية)

- ✓ بساتين مثمرة (نخيل، حمضيات، بساتين): التنقيط غالبًا الأفضل لخفض التبخر وزيادة الانتاجيه المائيه WP، خاصة مع مياه محدودة.
- ✓ محاصيل صيفّية عالية القيمة (خُضار، طماطة في البيوت البلاستيكية): التنقيط أو الرش الدقيق مع fertigation.
- ✓ محاصيل حقلية واسعة (قمح، شعير، ذرة واسعة المساحة): غالبًا الري السطحي (furrow/border) أو رش على نطاق واسع حسب التكلفة والطبوغرافيا.
- ✓ أراضي شديدة الانحدار أو رياح قوية: الرش قد يتأثر بالرياح ← التنقيط أو أنظمة رش مصممة للحدّ من الانجراف.
- ✓ مياه مالحة أو عالية العكارة: تجنّب التنقيط بدون فلترة ومعالجة؛ إذا استُخدم التنقيط فلابد من نظام ترشيح وممارسات مضادة للانسداد وإدارة غسيل دورية.

كفاءات أنظمة الري

يتم نقل ماء الري من مصادره إلى الحقول وتجهيزه للمحاصيل الزراعية بطرق مختلفة، وبعبارة أخرى فأن ماء الري ينقل من نقطة ضخه وحتى مكان استغلاله من قبل النبات، وعليه يتخلل هذه العملية بعض الفاقد المائي تؤثر على كفاءة الري، وفيما يلي بعض المصطلحات المتنوعة لكفاءة الري والتي يمكن من خلال معرفتها التوصل إلى الأسلوب الأمثل في إيصال الماء بكفاءة عالية:

كفاءات أنظمة الري

لماذا نهتم بكفاءة الري؟

لأنها تحدد كم من الماء الذي يدخل المنظومة فعلاً يُستفاد منه للنبات مقابل ما يُهدر (تبخر، تسرب، فقد في القنوات، توزيع سيء...). تحسين الكفاءة يوفّر المياه، يخفض التكاليف، ويزيد إنتاجية المياه (Water Productivity).

ويُعدّ مفهوم كفاءة الري من المفاهيم الأساسية في هندسة الري وإدارة المياه، ويهدف إلى قياس مدى نجاح منظومة الري في إيصال المياه بصورة فعّالة إلى منطقة الجذور، وتقليل الفواقد، وتحسين إنتاجية المياه.

وكفاءة الري تعتمد على ثلاثة عوامل رئيسية:

1. الهيدرولوجيا (Hydrology)
2. خصائص النظام الهندسية (System Engineering)
3. إدارة المزارع والجدولة (Management & Scheduling)

الأنواع الرئيسية لكفاءات الري (تعريفات وصيغ)

1) كفاءة الاضافة Application Efficiency, (Ea)

التعريف: وهي تمثل نسبة كمية المياه المخزونة في المنطقة الجذرية للمحصول في التربة إلى كمية المياه الواصلة إلى بداية الحقل.

هذه الكفاءة تتأثر بـ:

- ✓ تصميم الأحواض والمساطب
- ✓ معدلات الرشح
- ✓ اختلافات التربة
- ✓ إدارة وقت الإيقاف (Cut-off)

$$E_a = 100\frac{W_s}{W_f} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

E_a= كفاءة إضافة الماء

W_s= كمية المياه المخزونة في منطقة الجذور

W_f= كمية المياه الواصلة إلى بداية الحقل

إن كفاءة إضافة المياه تبين مصادر الفاقد المائي في الحقل، والتي تكون على هيئة فاقد جريان سطحي (R_f) وفاقد تسرب عميق (D_f) أسفل منطقة الجذور، وعليه فأن:

$$W_f = W_s + R_f + D_f \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

إذن:

$$E_a = 100\frac{W_f - (R_f + D_f)}{W_f} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

وهذا يوضح بأن الفاقد المائي لا يعتمد على طريقة الري المتبعة فقط، وإنما على جملة من العوامل المشاركة في زيادة حجم الفاقد والتقليل من كفاءة الري وتشمل هذه على:

(1) مقدار التصرف

(2) خواص التربة

(3) العمق

(4) النفاذية

(5) تركيب طبقات التربة

(6) مدى استواء سطح الأرض

(7) خواص النبات.

بناء على ما تقدم يتبين بأن كفاءة الري بطريقة الري السطحي تتراوح ما بين 40% و 60%، أما بطريقة الري بالرش فهي 60% - 75%، وطريقة الري بالتنقيط فتصل إلى أكثر من 90%.

2) كفاءة النقل Conveyance Efficiency, (Ec)

هي كفاءة نقل الماء من مصدر الضخ حتى وصوله بداية الحقل، يشمل ذلك حساب الفاقد المائي نتيجة للبخر والرشح من قنوات نقل الماء إضافة لتلك الفواقد الناتجة عن طريق النتح من قبل النباتات النامية على ضفاف القناة. ويمكن تقدير هذه الكفاءة باستخدام المعادلة التالية:

$$E_c = 100 \frac{W_f}{W_r}$$

E_c= كفاءة نقل الماء
W_f = كمية المياه الواصلة إلى بداية الحقل
W_r= كمية المياه التي يتم ضخها من المصدر

سؤال متى تكون مهمة ؟

الجواب : في الأنظمة التي تعتمد قنوات مكشوفة طويلة أو شبكة توزيع كبيرة.
الفواقد هنا تشمل:

- ✕ تسرب القنوات
- ✕ التبخر
- ✕ التجاوز على الحصص المائية
- ✕ أخطاء التشغيل

3) كفاءة التوزيع (Distribution Uniformity, DU)

تعتمد على:

- ✓ انتظام التصريف
- ✓ انسداد المنقطات
- ✓ تفاوت الضغوط
- ✓ اختلاف التربة

وهو معيار التوزيع داخل الحقل ويوجد شكلان شائعان لقياس التوزيع:

1. الربع المنخفض لانتضامية التوزيع (Low Quarter Distribution Uniformity DU):

$$DU = \frac{\text{متوسّط كمية المياه في الربع الأدنى}}{\text{متوسّط الكل}} \times 100\%$$

(حيث تُقاس التسربات أو الحصص في نقاط شبكة، ثم يؤخذ المتوسط لأدنى 25% من القيم).

2. معامل كريستيان (Christiansen's Uniformity Coefficient, CU):

$$C_U = 100\left[\frac{1 - (\sum |X - \bar{x}|)}{\sum X}\right]$$

حيث هي القيمة x المقاسة و $\bar{X}$ هي المتوسط

ملاحظة عملية: DUأقل من CUفي القياسات؛ DUأكثر ارتباطًا بتأثيرات الجفاف المحلية في النبات (لأن الربع الأدنى يحدد أي النباتات ستعاني أولًا).

6- كفاءة توزيع الماء

تبين هذه الكفاءة دلالة 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 التالية:

$$E_d = 100\left(1 - \frac{y}{d}\right) \quad \text{.....(8)}$$

E_d = كفاءة التوزيع

d= متوسط عمق الماء المخزون في منطقة الجذور

y= الزيادة أو النقصان عن معدل عمق الماء القياسي في منطقة الجذور

يمكن بواسطة هذه المعادلة تقييم طريقة الري نفسها بمواقع مختلفة، كما يمكن بواسطتها المقارنة بين كفاءة التوزيع لطرق الري المختلفة. القيم المنخفضة لكفاءة التوزيع تعني ضرورة إضافة كمية ماء إضافية أكثر بالإضافة إلى زيادة فترة التشغيل وما يرافقها من زيادة في التكاليف مقارنة بقيم كفاءة التوزيع العالية.

3- كفاءة استعمال الماء

وهي نسبة كمية الماء المستغل بفائدة من قبل النبات خلال موسم النمو لتلك المياه المنقولة إلى الحقل.

$$E_u = 100\frac{W_u}{W_d}$$ ....

كفاءة استعمال الماء = Eu

كمية الماء المستغل بفائدة من قبل النبات =Wu

كمية الماء المنقول إلى الحقل =Wd

4-كفاءة خزن الماء

هي نسبة كمية الماء المخزون في منطقة الجذور إلى كمية الماء المستنفذ من قبل النبات قبل الري.

$$E_s = 100\frac{W_s}{W_n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

E_s = كفاءة خزن الماء
W_s= كمية الماء المخزون في منطقة الجذور
W_n= كمية الماء المستنفذ بواسطة النبات في منطقة الجذور

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.

5-كفاءة المقنن المائي

$$E_{cu} = 100 \frac{W_{cu}}{W_d} \quad \text{.....(7)}$$

E_{cu} = كفاءة المقنن المائي

W_{cu}= المقنن المائي للمحصول

W_d= كمية الماء المفقودة بواسطة التسرب العميق والبخر وتلك المستنفذة من قبل منطقة الجذور

وبدلالة هذه الكفاءة يمكن معرفة مقدار الماء المفقود بالبخر والتسرب العميق نتيجة كثافة الغطاء النباتي ونفاذية التربة العالية، ونوع التربة، ونظام توزيع المجموعة الجذرية للمحصول.

6) كفاءة الشبكة الكلّية (Overall System Efficiency)

تجمع كفاءات مختلفة:

إنتاجية الماء (Water Productivity, WP / Water Use Efficiency)

التعريف: كمية المحصول المنتجة لكل وحدة ماء مستخدمة أو مطبقة.

أمثلة وحدات: kg/m^3 أو ton/ha/mm.

WP= إنتاج المحصول kg/ كمية الماء المستخدمة m^3

قيم نموذجية لكل نظام (تُعطى كمدى إرشادي)

الري السطحي التقليدي (فيوضان/حدود/furrow):

(Ea): 40–65% (متغير كثيرًا حسب التصميم)

DU: منخفضة إذا لم تُدار بشكل جيد (20–70%)

الري بالرش (Sprinkler):

Ea): 60–80%)

DU: جيد إذا مصمم ومضبوط (60–85%)

الري بالتنقيط (Drip):

Ea): 80–95%)

DU: عالي داخل منطقة الجوار للخطوط، لكن يكون هناك تدرّج (لو لم تُصمم جيدًا يمكن اختلاف للمسافات بين القطرات)

قنوات النقل المكشوفة: (Ec) يمكن أن يكون 40–85% اعتمادًا على الخسائر والتبطين.

(القيم أعلاه افتراضية; يجب قياس الحقل عمليًا).

العوامل التي تؤثر على كل كفاءة

على (Ea): طريقة الاضافة، سرعة التدفق، وقت اليوم (التبخر)، نفاذية التربة، عمق الجذور، وجود رياح، حالة السطح (مبلل/جاف).

على (Ec): طول القناة، تسرب الجانبي، تبخر القنوات، السرقة/التسريبات، حالة الصيانة.

على DU: تصميم الرشّات (زاوية، ارتفاع)، ضغط النظام، تآكل الفوهات، انسداد أنابيب، اختلاف ضغط بين الفروع.

على (E {sched}): دقة تقدير ETc، توفر حساسات رطوبة، المعرفة التشغيلية للمزارع.

على WP: ليس فقط كمية الماء بل جودة الري، توقيته، ممارسات التسميد، وإدارة الآفات.

كيف نقيس هذه الكفاءات عمليًا؟ (طرق وأدوات)

مقاييس التدفق (Flow meters): لقياس كميات الماء المسحوبة والمطبقة.

أحواض التقاط (catch cans) أو صحنات قياس لقياس توزيع الرشّات وحساب DU.

حساسات رطوبة التربة (volumetric soil moisture sensors) لقياس استجابة التربة قبل وبعد الري وتقدير ماء مفيد.

ليزيمتر Lysimeterلقياس تبخر ونضح وصافي استخدام النبات (دقيق جدًا لكن مكلف).

حسابات ميدانية: قياس ماء المسحوب من المصدر، قياس ما وصل إلى الحقل، ثم قياس الفاقد/الفائدة بالمقارنة مع النمو والإنتاج.

طرق عملية لرفع كل كفاءة (توصيات تطبيقية)

لرفع (Ea):

التحوّل إلى التنقيط حيث أمكن للمحاصيل المناسبة.

تحسين توقيت الري (استنادًا لـ ETcوحساسات الرطوبة).

تجزئة الحقول وتقسيمها لفواصل مناسبة لتقليل التجاوز.

تقليل التبخر أثناء التطبيق (ري ليلاً أو في ساعات الصباح الباكر).

ضبط معدلات التدفق بما يتوافق مع نفاذية التربة.

لرفع (Ec):

تبطين القنوات، أو تحويل للنقل المغلق (أنابيب).

صيانة دورية وإصلاح التسريبات.

تقليل وقت وقوف الماء في القنوات.

تحكم في السرقة والتسريب.

لرفع DU:

توحيد ضغوط النظام (إضافة محامل ضغط، صمامات توازن).

صيانة الفوهات والمرشات، اختبار التوزيع عبر catch cans.

تصميم مناسب لمسافات الأقطار وتركيب الرشّات ذات جودة.

في التنقيط: فلترة جيدة، إضافة أنظمة مضادات الانسداد، تنظيم الفوهات والبعد بين الخطوط.

لرفع إنتاجية الماء (WP):

اعتماد نظم تحكم أوتوماتيكية أو نصف أوتوماتيكية.

استخدام جدولة مبنية على ETO وKcأو حساسات رطوبة.

دمج التسميد عبر الري (fertigation) لتحسين كفاءة استخدام العناصر.

تدريب المزارعين على ممارسات الجدولة والصيانة.

أخطاء شائعة ومفاهيم مغلوطة

الخلط بين DU وEa: DU يقيّم التجانس وليس بالضرورة كمية الماء المهدرة عن طريق التسرب، بينما (E_a) يقيّم كمية الماء المفيد من المطبق.

التركيز على تحسين أحد المعاملات فقط (مثلاً تركيب التنقيط) دون التأكد من صلاحية جودة الماء أو وجود فلترات، ما يؤدي إلى فشل النظام وعودة انخفاض الكفاءة.

تجاهل الـconveyance losses؛ تحسين التطبيق في الحقل عديم الجدوى إذا كانت القنوات تضيع كميات كبيرة قبل الوصول.

مقاييس أداء مقترحة للمتابعة (KPIs)

مقياس دوري لـ: (Ec), (Ea), DU (كل موسم أو نصف موسم).

(WP (kg/m³ لكل محصول سنويًا.

زمن ومعدل التسرب في القنوات (للكشف عن تسريبات كبيرة).

نسبة الحقول ذات انسداد/عيوب في خطوط التنقيط.

ملاحظة:

لا يوجد رقم واحد «للكفاءة المثالية»؛ الاختيار والقياس والتحسين يجب أن يكونا مخصّصين لكل مزرعة.

ركّز أولًا على قياس الوضع الحالي (قياسات بسيطة: عدادات تدفق، catch cans، حساسات رطوبة) ثم ضع خطة تحسين متدرجة: إصلاح قنوات → تحسين التوزيع → تطبيق تكنولوجي (تنقيط/تحكم) → تدريب وصيانة.

الاستثمار في نظم قياس ومراقبة غالبًا ما يعيد نفسه عبر تحسينات الكفاءة وتقليل هدر المياه وتوفير الطاقة.

أولاً: تطبيقات على كفاءة التطبيق (Application Efficiency (Ea

مثال 1 – ري سطحي (أحواض):

تم تطبيق 1200 m³/ha على حقل ذرة.

بعد قياس الرطوبة قبل وبعد الري، تبيّن أن الزيادة الفعلية في خزان التربة كانت 750 m³/ha.

المطلوب: احسب كفاءة التطبيق.

الحل:

E_a = \frac{\text{الماء المفيد}}{\text{الماء المطبق}} \times 100

= \frac{750}{1200} \times 100 = 62.5\%

تفسير عملي:

هناك فاقد كبير بالتسرب العميق والجريان السطحي؛ يحتاج الحقل إلى تحسين التسوية وإدارة زمن الغمر.

مثال 2 – ري بالرش:

في تجربة باستخدام 12 صحن قياس (Catch cans)، كان متوسط المطر الصناعي = 18 mm،

بينما كانت الزيادة الفعلية في خزان التربة (ماء مفيد) = 13.5 mm.

E_a = 13.5 /18*100 = 75%

مثال 3 – ري بالتنقيط:

كمية الماء المطبقة يوميًا = 4 mm/day

الماء الذي استهلكته النباتات فعليًا تبعًا لـETc = 3.6 mm/day

Ea = 3.6/4*100 = 90%

ملاحظة: هذا قريب من القيم الحقيقية للتنقيط الجيد.

ثانياً: تطبيقات على كفاءة النقل (Ec Conveyance Efficiency)

مثال 4 – نقل الماء عبر قناة ترابية:

سُحب من المصدر 3000 m^3،

ووصل إلى الحقل 2100 m^3فقط.

Ec = 2100/3000*100 = 70%

تعليق: خسارة 30% بسبب التسرب والتبخر. يوصى بالتبطين أو التحويل إلى أنابيب.

ثالثاً: تطبيقات على كفاءة التوزيع (Distribution Uniformity (DU

مثال 5 – قياس DUبالرش بواسطة (Low Quarter):

قراءات الـ 12 صحن قياس كانت (mm):

32 – 30 – 28 – 27 – 26 – 33 – 29 – 31 – 28 – 27 – 26 – 2

متوسط الحقل العام =

= 28.5mm

متوسط الربع الأدنى (أقل 25%)

أقل ثلاث قراءات: 26، 26، 25

متوسطها = 25.7 mm

DU = 25.7/28.5 *100 = 90.1

تعليق: توزيع ممتاز للرش، يدل على ضغط مناسب وتوزيع جيد للفوهات.

خامساً: الكفاءة الكلية للنظام Overall Irrigation System Efficiency

مثال 7 – مشروع ري:

كفاءة النقل Ec = 0.75

كفاءة التطبيق Ea = 0.70

كفاءة الجدولة Es = 0.90

E overall = 0.75 *0.70 *0.90

= 0.4725 = %47.25

التفسير:

أقل من نصف الماء المسحوب من المصدر يُستفاد منه فعلاً.

التحسين يجب أن يبدأ من النقل (التبطين) ثم التطبيق.

سادساً: تطبيقات على كفاءة الري في التنقيط

مثال 8 – انسداد في جزء من الشبكة:

في شبكة تنقيط، التدفق الاسمي للقطارة = 4 L/hr

القياسات في 10 نقاط كانت:

4.1 – 3.0 – 2.9 – 2.7 – 2.5 – 4.2 – 3.9 – 3.8 – 4.0 – 4.1

المتوسط = 3.52 L/hr

متوسط الربع الأدنى (أقل 25%) = 2.7 L/hr

DU = 2.7/3.52*100 = 76.7%

التفسير:

هناك انسداد في منطقة من الخطوط يجب تنظيفها بالتحمض (Acid flushing) أو الغسل.

سابعاً: مثال كبير شامل – كفاءة الري لمحصول الحنطة

المعطيات:

ETcخلال الموسم = 450 mm

المطر = 80 mm

الماء المطبق = 560 mm

كفاءة النقل = 85%

الخطوات

1) الماء الذي وصل فعليًا إلى الحقل:

476 mm /560 = 0.85

2) الماء المفيد للنبات (المستَخدم):

خزان التربة أظهر أن 410 mm هي الزيادة الفعلية.

Ea = 410/476×100 = 86%

3) الكفاءة الكلية:

E overall = 0.85 * 0.86 = 73%

4) إنتاجية الماء (WP):

إنتاج الحنطة = 5 طن/هكتار

الماء المستهلك (ETc – الأمطار) = 370 mm = 3700 m³/ha

WP =5000/3700 = 1.35 kg/m³

شكراً لحسن الإصغاء