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 الرابعة

الاستهلاك المائى والاحتٌياجات المائٌية وطرق حسابها

Water Consumption and Water Requirements and Their Estimation Methods

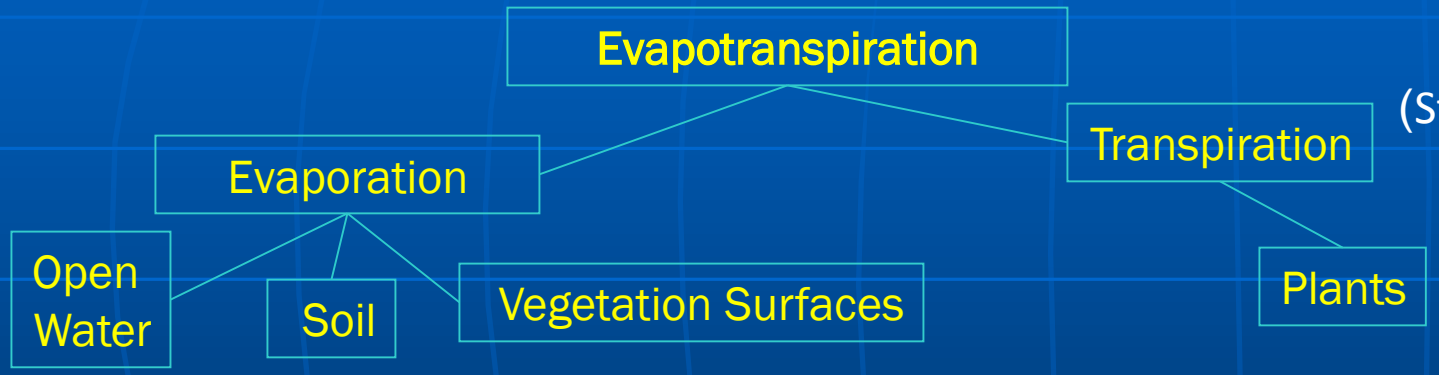
مخرجات التعلم (Learning Outcomes)

بنهاية هذه المحاضرة، يجب أن يكون الطالب قادرًا على أن:

1. يميز بين الاستهلاك المائي والاستهلاك الفعلي والاحتياج المائي.
2. يحدد مكونات الاستهلاك المائي للنبات.
3. يشرح العوامل المؤثرة في الاستهلاك المائي.
4. يطبق الطرق المختلفة لتقدير الاحتياجات المائية.
5. يربط بين الاستهلاك المائي وكفاءة استخدام المياه في الري.

أولاً: مفهوم الاستهلاك المائي (Water Consumption / Water Use)

هو كمية الماء التي يفقدها النظام الزراعي (التربة–النبات–الغلاف الجوي) عن طريق:



* النتح (Transpiration): فقد الماء من خلال المسامات (Stomata) في أوراق النبات.

- التبخر (Evaporation): فقد الماء من سطح التربة أو سطح النبات الرطب.

المجموع الكلي لهما يسمى:

التبخر–النتح (Evapotranspiration, ET) ويمثل الاستهلاك المائي الفعلي للنبات خلال فترة نموه.

Evapotranspiration التبخر-النتح

- **Terminology** المصطلحات
  - Evaporation التبخر
    - Process of water movement, in the vapor form, into the atmosphere from soil, water, or plant surfaces
  - Transpiration النتح
    - Evaporation of water from plant stomata into the atmosphere
  - Evapotranspiration التبخر- نتح
    - Sum of evaporation and transpiration (abbreviated “ET”)
  - Consumptive use الاستهلاك المائي
    - Sum of ET and the water taken up the plant and retained in the plant tissue (magnitude approximately equal to ET, and often used interchangeably)

المصطلحات الأساسية في حركة الماء بين التربة والنبات والغلاف الجوي

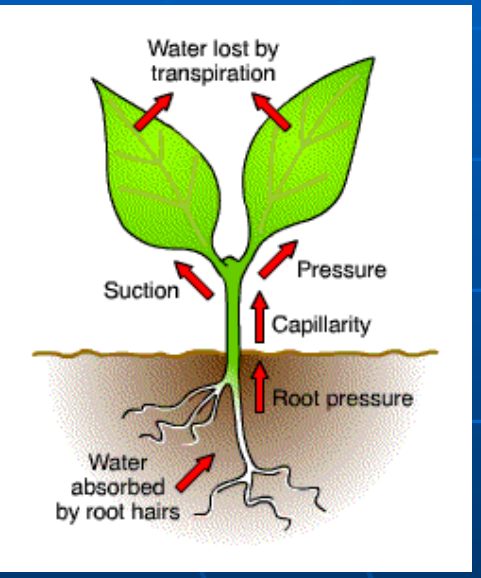
1. التبخر – Evaporation

التعريف:

هو العملية التي يتحول فيها الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية (بخار الماء) وينتقل إلى الغلاف الجوي من سطح التربة أو المسطحات المائية أو الأسطح النباتية.

ويحدث التبخر عندما تتعرض أسطح رطبة (مثل التربة أو سطح الماء) لحرارة الشمس، فيتحول جزء من الماء إلى بخار ويفقد إلى الجو.

- مثال: تبخر الماء من سطح التربة بعد الري أو الأمطار.
- يعتمد معدل التبخر على: درجة الحرارة، سرعة الرياح، الرطوبة النسبية، وطبيعة السطح.



2- النتح Transpiration

التعريف: هو فقد الماء من النبات على شكل بخار من خلال الثغور ((stomataالموجودة في الأوراق إلى الغلاف الجوي.

حيث يُسحب الماء من الجذور عبر الساق ليصل إلى الأوراق، وهناك يتبخر من الثغور. هذه العملية ضرورية للنبات لأنها تساعد على نقل المغذيات وتبريد النبات.

- النتح يعتمد على: نوع النبات، مساحة الأوراق، درجة الحرارة، والرطوبة النسبية.
- يُعتبر النتح المكون الأكبر من فقد الماء في معظم المحاصيل.

3- التبخر–النتح Evapotranspiration

هو مجموع عمليتي التبخر والنتح، أي مجموع فقد الماء من التربة ومن النبات معًا. وتمثل الـ ET الكمية الكلية من الماء التي تعود إلى الجو من سطح الأرض المزروع.

- تعد هذه القيمة الأساس في حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل.
- يُرمز لها عادة بـ ET أو ETo (عندما تكون تبخر–نتح مرجعي).

4 - الاستهلاك المائي .- Consumptive Use

هو مجموع التبخر–النتح زائداً كمية الماء التي يمتصها النبات وتبقى في أنسجته. وغالبًا ما يكون مقداره قريبًا جدًا من ET، لذلك يستخدم المصطلحان أحيانًا بالتبادل. وهو الاستعمال المائي أو الاستهلاك المائي للمحصول يمثل كمية الماء التي لا تعود إلى النظام المائي (التربة أو القناة) لأنها فقدت إلى الجو أو خُزنت داخل النبات.

- لذلك يُستخدم هذا المفهوم في تصميم جداول الري وتقدير كفاءة استخدام المياه.

معدل النتح ونسبة النتح (Transpiration Rate and Transpiration Ratio)

معدل النتح (Rate of Transpiration):

يتراوح معدل النتح عادةً بوحدات أعشار البوصة في اليوم، أو عشرات البوصات خلال موسم النمو الكامل. يختلف معدل النتح بشكل كبير تبعًا لعدة عوامل، منها:

1. نوع النبات
2. مرحلة النمو
3. الظروف الجوية (درجة الحرارة، الإشعاع الشمسي، سرعة الرياح، الرطوبة)
4. محتوى رطوبة التربة

علما ان النباتات لا تنتح بمعدل ثابت؛ فالمعدل يكون منخفضًا في المراحل الأولى من النمو، ثم يزداد مع زيادة المساحة الورقية ليبلغ ذروته في منتصف الموسم، ثم ينخفض تدريجيًا مع نضج النبات.

نسبة النتح : Transpiration Ratio

وهي نسبة كتلة الماء المنتح إلى كتلة المادة الجافة المنتجة في النبات، وتقاس عادةً بالوحدة: غرام ماء / غرام مادة جافة

g H_2O / g dry matter

قيم نموذجية للنسبة:

المحصول	نسبة النتح (غرام ماء / غرام مادة جافة)
الذرة البيضاء (Sorghum)	250
الحنطة (Wheat)	500
الجت (Alfalfa)	900

هذه القيم تُظهر أن النباتات تحتاج إلى كميات كبيرة من الماء لإنتاج كمية صغيرة من المادة الجافة. فمثلًا، لإنتاج 1 غرام من المادة الجافة في نبات الجت، يفقد النبات نحو 900 غرام من الماء بالتبخر والنتح. كلما كانت نسبة النتح أقل، كان النبات أكثر كفاءة في استخدام الماء (Water Use Efficiency – WUE).

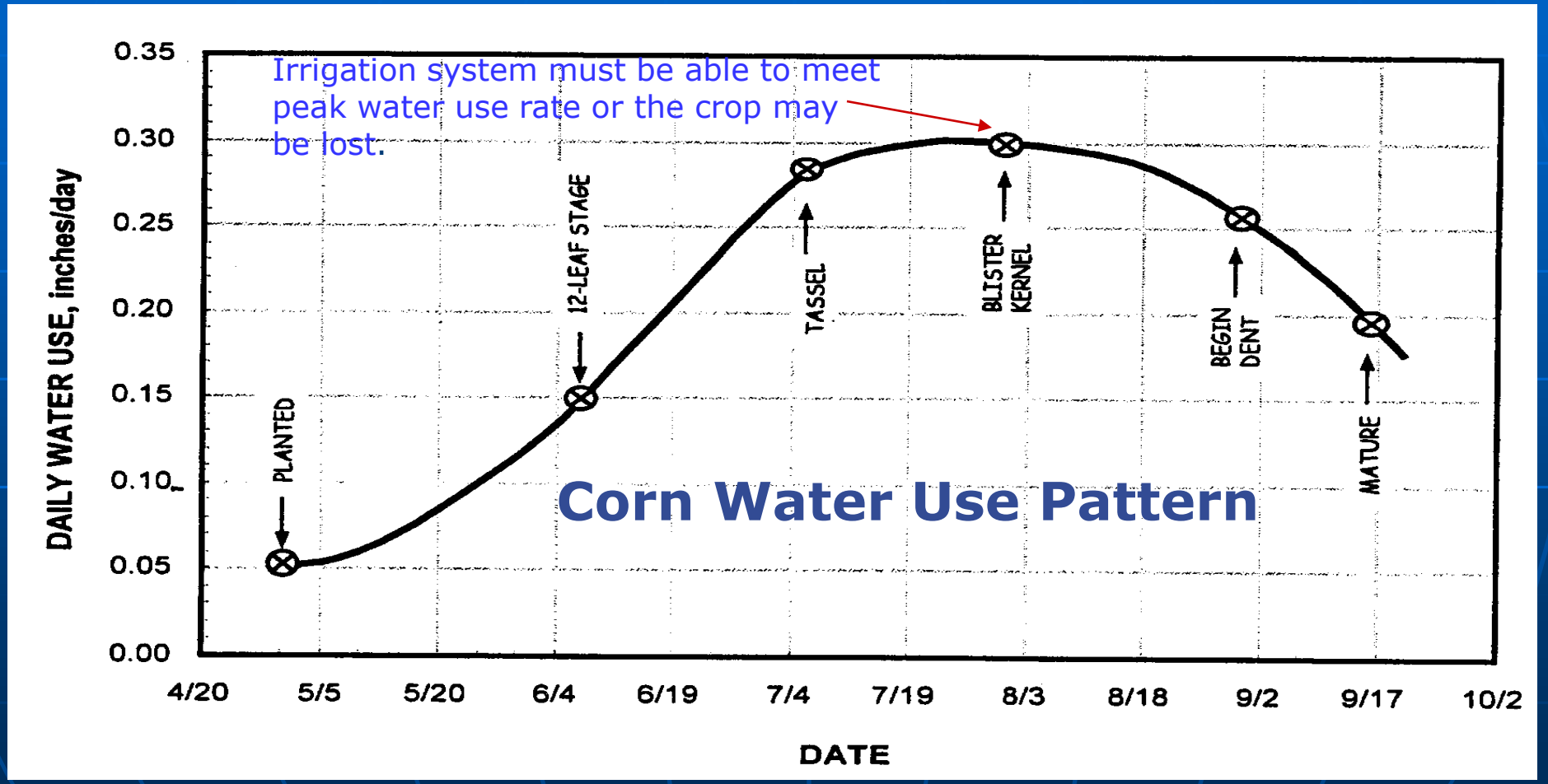
ثانياً: مكونات الاستهلاك المائي (Components of Water Use)

1. Evaporation (E – التبخر من سطح التربة.
2. Transpiration (T – النتح من النبات.
3. Deep Percolation (DP – التسرب العميق أسفل منطقة الجذور (غير مفيد للنبات).
4. Runoff (RO – الجريان السطحي وفقد الماء من سطح الحقل.

ملاحظة: في الحسابات الزراعية، التركيز عادةً يكون على E + T = ET (التبخر–النتح).

Plant Water Use Patterns اسلوب استعمال المياه للنبات

- Seasonal Use Pattern: Peak period affects design



ثالثاً: العوامل المؤثرة في الاستهلاك المائي (Factors Affecting Water Consumption)

العوامل المؤثرة	التفاصيل	التوضيح
مناخية (Climatic)	درجة الحرارة، الإشعاع الشمسي، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح	تحدد كمية التبخر–النتح المرجعي (ETo)
عوامل نباتية (Crop factors)	نوع المحصول، مرحلة النمو، مساحة الأوراق	تختلف معاملات المحصول (Kc) تبعًا لها
عوامل التربة (Soil factors)	نوع التربة، عمق الجذور، المحتوى الرطوبي	تؤثر في قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء
إدارية (Management)	طريقة الري، فاصل الري، وجود الأعشاب، الصرف	الإدارة الجيدة تقلل الفواقد وتحسن كفاءة الاستعمال

Evapotranspiration Modeling نمذجة التبخر والنتح

Estimation based on: التقدير يعتمد على:

- climate المناخ
- crop المحصول
- soil factors عوامل التربة

$$ETc = Kc\ ETo$$

ETc = actual crop evapotranspiration rate معدل التبخر والنتح الفعلي للمحصول

ETo = the evapotranspiration rate for a reference crop معدل التبخر والنتح لمحصول مرجعي

Kc = the crop coefficient معامل المحصول

Evapotranspiration Modeling

Reference Crop ET (ETo)

- ET rate of actively growing, well-watered, “reference” crop
- Grass or alfalfa used as the reference crop (alfalfa is higher)
- A measure of the amount of energy available for ET
- Many weather-based methods available for estimating ETo
  (FAO Blaney-Criddle; Jensen-Haise; Modified Penman; Penman-Montieth)

Crop Coefficient (Kc)

- Empirical coefficient which incorporates type of crop & stage of growth (Kcb); and soil water status-- a dry soil (Ka) can limit ET; a wet soil surface (Ks) can increase soil evaporation
- Kc = (Kcb x Ka) + Ks
- Kc values generally less than 1.0, but not always

2 معامل المحصول (Crop Coefficient, Kc)

هو معامل تجريبي (Empirical Coefficient) يُستخدم لربط التبخر–النتح المرجعي (ETo) بالتبخر–النتح الفعلي للمحصول (ETc).

ويأخذ بنظر الاعتبار:

نوع المحصول وخصائص نموه (Kcb)

حالة رطوبة التربة (Kaو Ks)

الصيغة العامة:

$$Kc = (Kcb \times Ka) + Ks$$

حيث:

Kcb: معامل المحصول الأساسي (Basal Crop Coefficient) – يعكس فقد الماء عن طريق النتح فقط.

Ka: معامل تعديل بسبب جفاف التربة (Dry Soil Coefficient) – يقلل النتح عندما تكون التربة جافة.

Ks: معامل تعديل بسبب رطوبة السطح (Surface Wetness Coefficient) – يزيد التبخر عندما يكون سطح التربة مبللاً بعد الري أو المطر.

ملاحظات مهمة:

القيم النموذجية لـ Kcغالبًا ما تكون أقل من (1.0)، ولكنها قد تتجاوز 1.0 في بعض الحالات (مثل المحاصيل الكثيفة أو ذات الأوراق العريضة). يُستخدم Kc × ETo لحساب التبخر–النتح الفعلي للمحصول:

$$ETc = Kc * Eto$$

نمذجة ET تعتمد على مرحلتين:

1. تقدير الطاقة الجوية المتاحة (تبخر – نتح مرجعي) (ETo) من بيانات المناخ.
2. تعديلها بمعامل Kc لتمثيل نوع النبات وحالة التربة.

هذه النماذج تُعد أساسًا لتحديد جداول الري وكفاءة استخدام المياه. كما يمكن توظيفها في برمجيات مثل CROPWATأو AquaCropلتقدير الاحتياجات المائية بدقة.

رابعاً: مفهوم الاحتياجات المائية (Water Requirements)

الاحتياج المائي للمحصول (Crop Water Requirement, CWR):

هو كمية الماء التي يجب توفيرها للنبات خلال فترة نموه لتعويض الاستهلاك المائي (ETc) وضمان إنتاجية مثلى.

$$CWR \approx ETc + LR + DP + RO$$

حيث:

ETc = الاستهلاك المائي الفعلي للمحصول

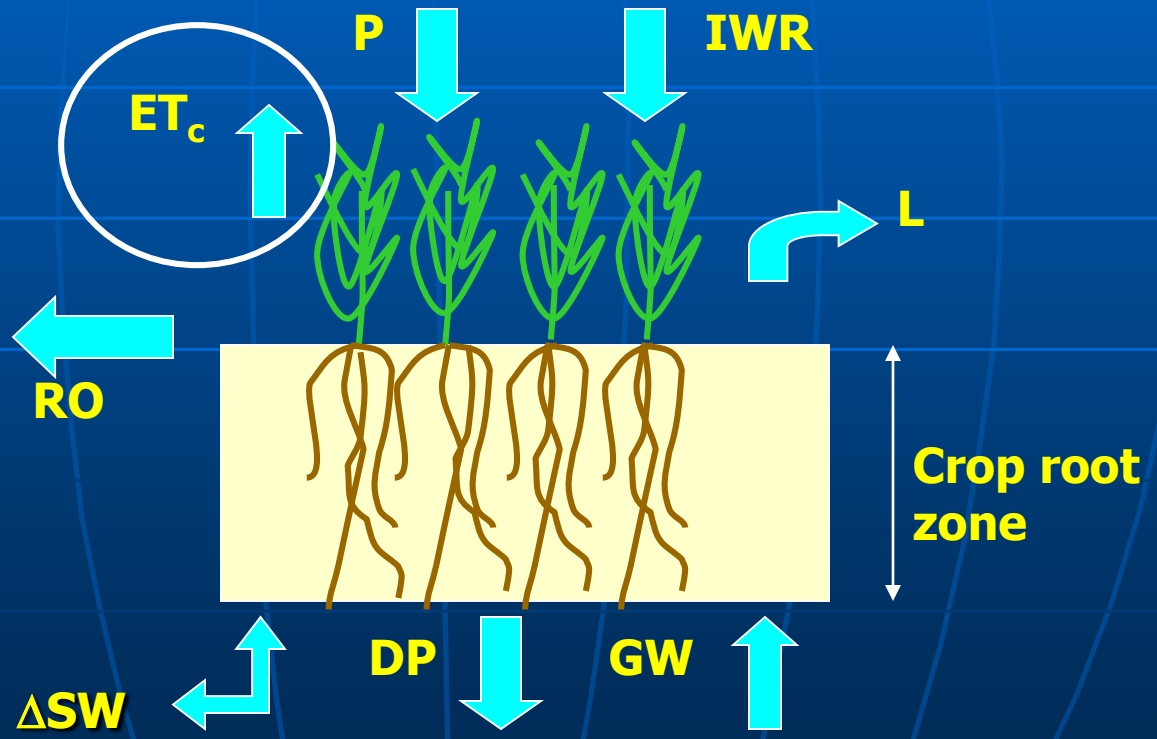
LR = متطلبات الغسل (Leaching Requirement)

DP = التسرب العميق

RO = الجريان السطحي

Soil-Water Balance

$$IWR = ET_c + DP + RO - P \pm \Delta SW - GW + L$$



خامساً: طرق تقدير الاستهلاك والاحتياج المائي (Methods of Estimating ET and WR)

1 ⇛ . الطرق المباشرة (Direct Methods):

تُستخدم لقياس الاستعمال الفعلي للماء في الحقل.

الطريقة	المبدأ	الملاحظات
(اللايسيميتر) Lysimeter	قياس الفرق بين كمية الماء الداخلة والخارجة من التربة	أدق الطرق ولكن مكلفة
(نقص رطوبة التربة) Soil Moisture Depletion	تحديد الفرق بين المحتوى الرطوبي قبل وبعد الري	سهلة لكنها تحتاج دقة في القياس
(ميزان الماء الحقلي) Field Water Balance	حساب كل المدخلات والمخرجات المائية للتربة	تحتاج بيانات دقيقة

Lysimetry

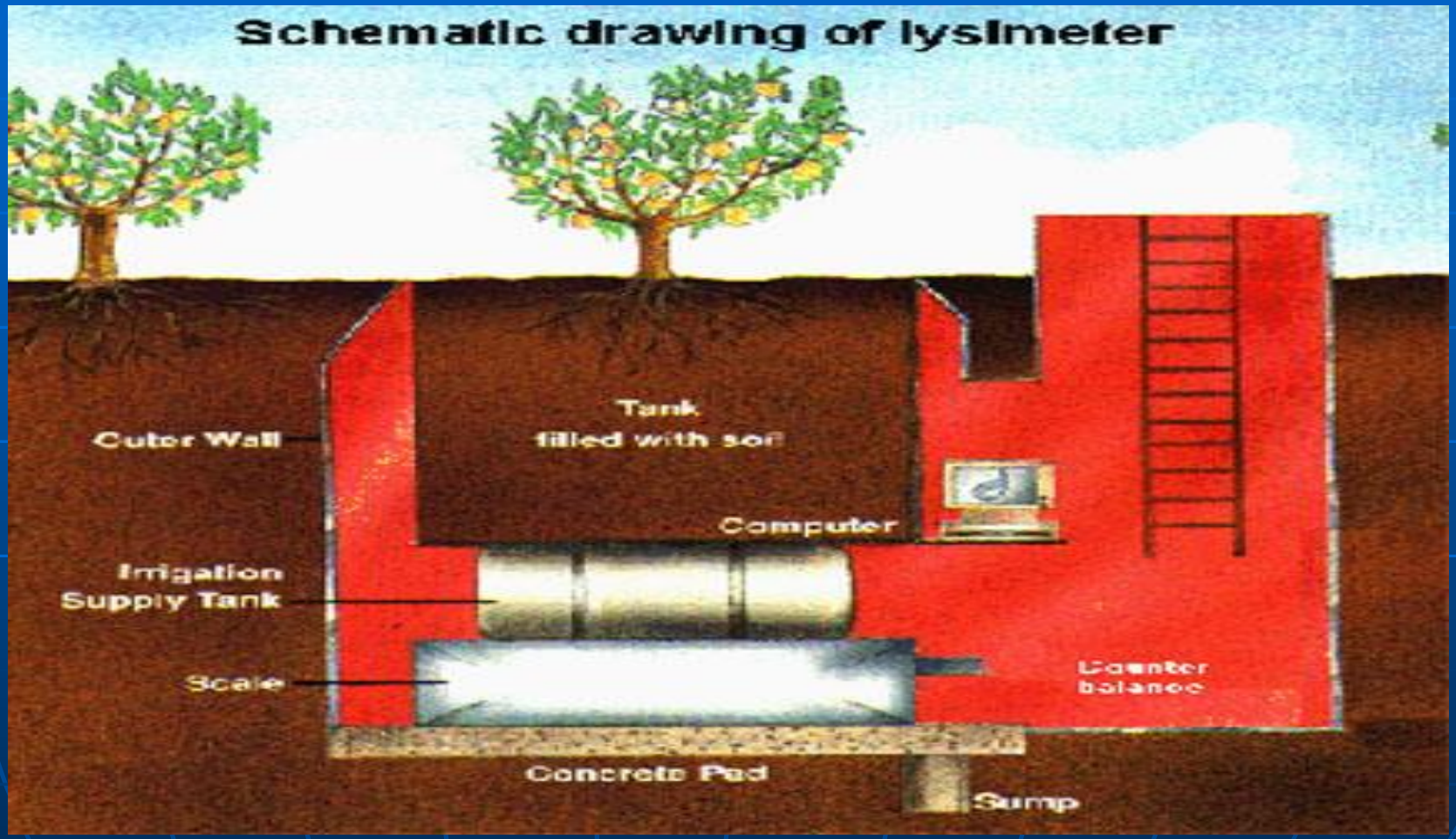
القياس المباشر لـ ET

أجهزة قياس الوزن الدقيقة هي الأكثر دقة (دقة 0.05 ET مم/ساعة أو أكثر).

يجب أن تكون التربة داخل وخارج الحوض متشابهة.

يجب أن يتطابق الغطاء النباتي داخل وخارج الحوض تمامًا (الارتفاع، مساحة الأوراق، الكثافة، القوة).

Measuring ET قياس التبخر- نتح



Weighing Lysimeter جهاز الليسيميتر

2 ◆ . الطرق غير المباشرة (Indirect / Empirical Methods):

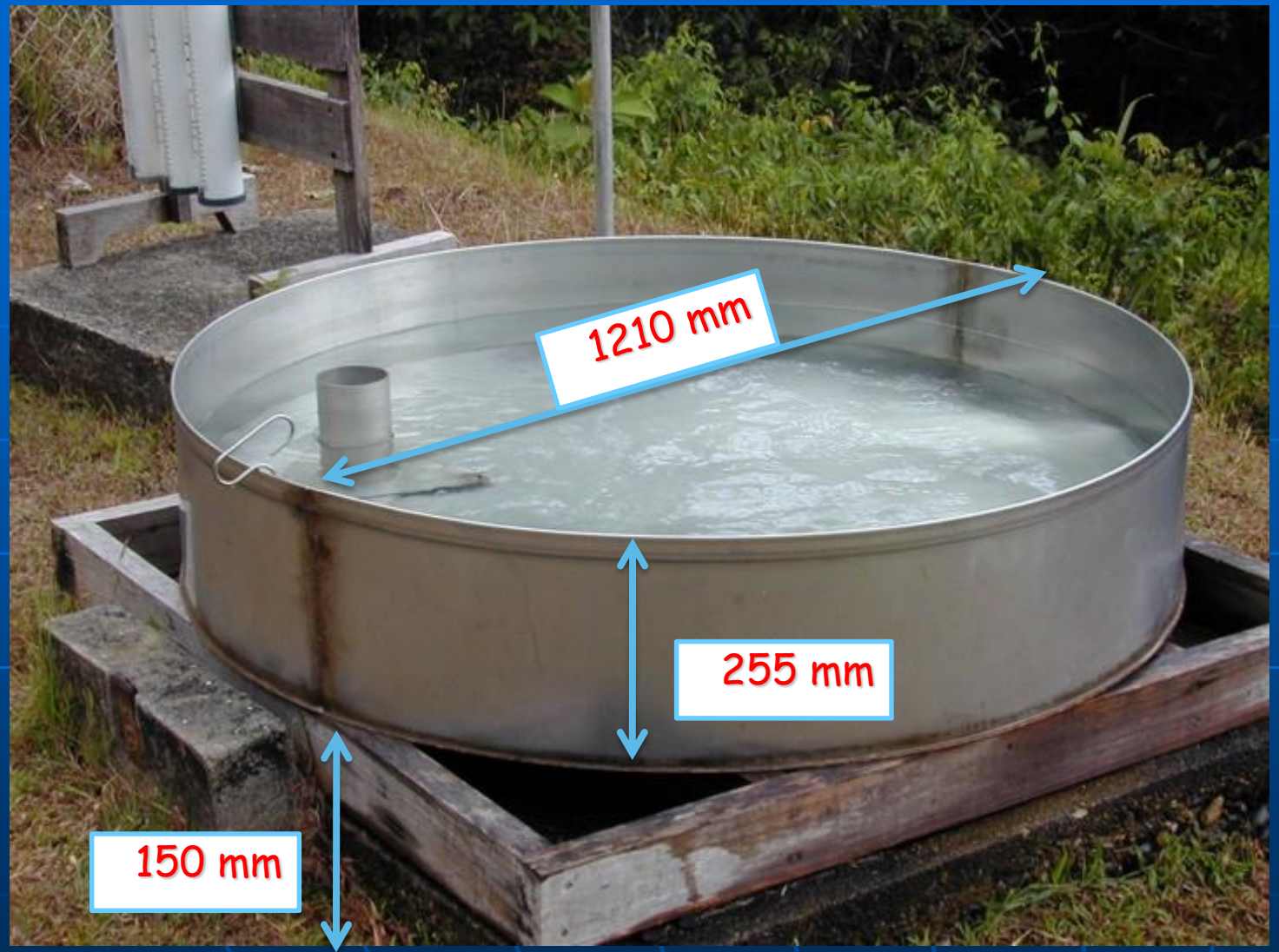
أ. طريقة حوض التبخر (Pan Evaporation Method)

تُعد أقدم وأبسط طريقة لقياس التبخر، وتعتمد على قياس التغير في عمق الماء داخل وعاء قياسي خلال فترة زمنية محددة.

يستخدم مكتب الأرصاد الجوية الأمريكي (U.S. Weather Bureau) حوض تبخر قياسي من الفئة (A) يتميز بالمواصفات الآتية:

* الوعاء أسطواني الشكل مصنوع من الفولاذ المجلفن (Galvanized Steel).
* العمق = 25.4 سم (10 بوصات).
* القطر = 121.9 سم (48 بوصة).
* يُوضع الحوض على منصة خشبية بارتفاع يقارب 15 سم (6 بوصات) عن سطح الأرض.
* يجب أن يكون الموقع مستويًا، بعيدًا عن المباني والأشجار والعوائق التي قد تؤثر في حركة الهواء أو الإشعاع الشمسي.
* يُملأ الحوض بالماء حتى عمق 20.3 سم (8 بوصات)،
ويُعاد تعبئته عندما ينخفض الماء إلى عمق 17.8 سم (7 بوصات).
* يتم قياس التغير في مستوى الماء باستخدام مقياس الخطاف (Hook Gauge).
* دقة القياس تصل إلى 0.01 بوصة ≈ 0.25 ملم.

Measuring Evaporation قياس التبخر



US Class A-Pan وعاء قياس التبخر

المبدأ:

كمية الماء المتبخرة من سطح الحوض خلال 24 ساعة تعطي معدل التبخر اليومي (Pan Evaporation, Epan)، ويُستخدم هذا المعدل لتقدير التبخر–النتح المرجعي (ETo) بعد ضربه بمعامل الحوض (Kp):

$$ETc = Kp \times Kc \times Epan$$

حيث:

(Epan): التبخر من حوض التبخر الأمريكي (Class A Pan)

(Kp): معامل الحوض (Pan Coefficient)

(Kc): معامل المحصول (Crop Coefficient)

Types of Evaporation Pans

A Comparison of Standard Open Pans مقارنة بين احواض التبخر المعتمدة

Pan	Dimensions	Pan Coefficient
US Class A	1.2 m Diameter; 250 mm Deep	0.7 (0.6 to 0.8)
Australian Pan	900 mm Diameter; 900 mm Deep. Large Pan: 1200 mm Diameter and 850 mm Deep	0.9 (0.6 to 1.2)
British Tank	1.83 m Square	0.9 (Very Variable)

ب. طريقة المعادلات المناخية (Climatic Formulas)

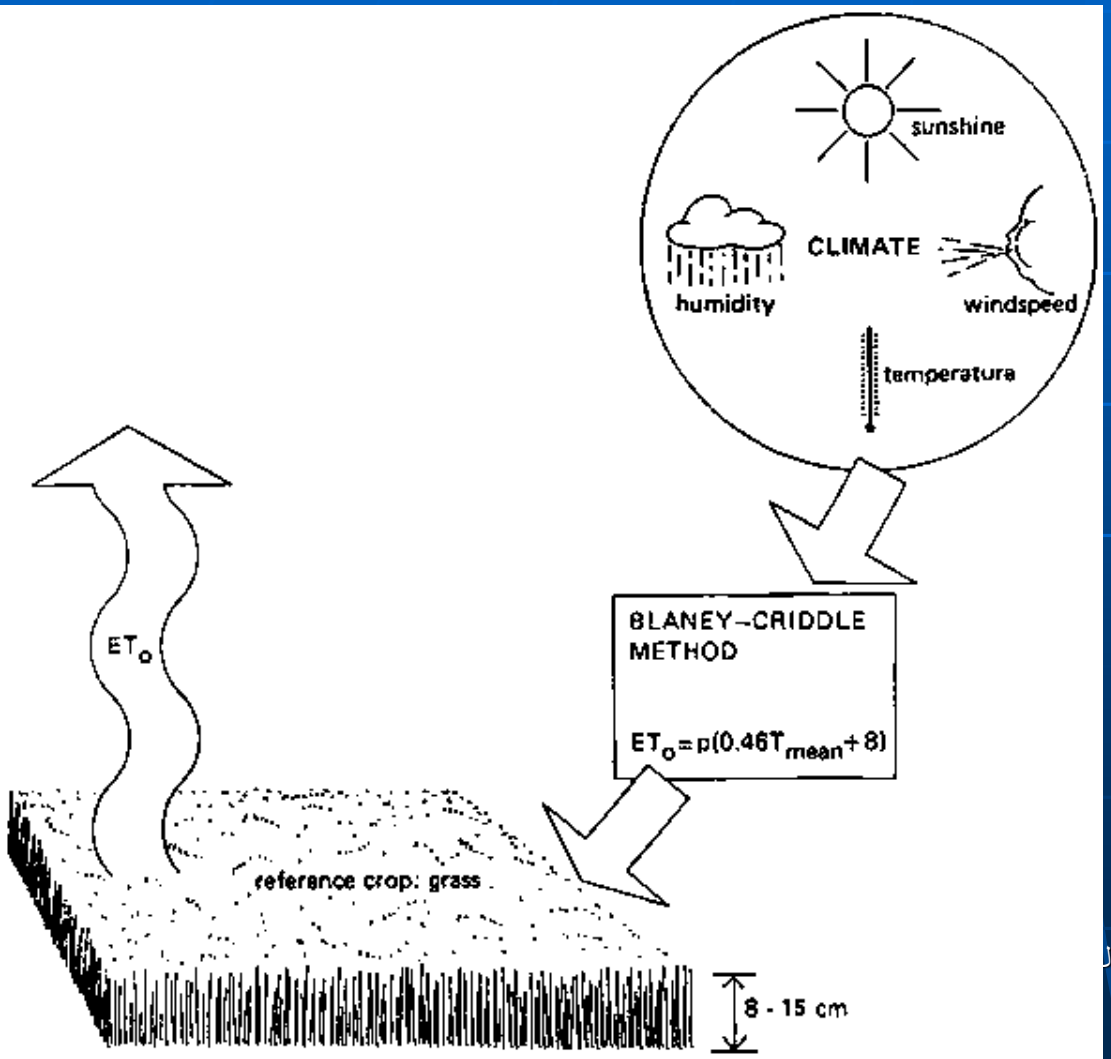
أشهرها:

1. Penman–Monteith (FAO-56) – أدق وأشمل.
2. Blaney–Criddle – تعتمد على درجة الحرارة وطول النهار.
3. Hargreaves–Samani – تحتاج بيانات محدودة (درجة الحرارة فقط).

ثم نحسب $ETc = ETo \times Kc$

التبخر–النتح المرجعي (Reference Crop Evapotranspiration, ETo)

هو كمية الماء التي تفقدها نباتات مرجعية قياسية (غالبًا عشب أخضر بارتفاع 12 سم، يغطِي التربة بالكامل ، ولا يعاني نقص الماء) عن طريق التبخر من سطح التربة والنتح من الأوراق، تحت ظروف مناخية قياسية. يُستخدم هذا المعدل كأساس لتقدير الاحتياجات المائية لمختلف المحاصيل.



المحاصيل المرجعية المستخدمة عادةً:

العشب القصير (Grass) – الأكثر شيوعًا.

الجت (Alfalfa) – ويكون معدل ETo له أعلى قليلًا.

أهمية ETo

1. تمثل الظروف المناخية فقط دون تأثير نوع المحصول.
2. تُعد مرجعًا مشتركًا لمقارنة الاستهلاك المائي بين مناطق مختلفة.
3. تُستخدم في جدولة الري وتصميم الأنظمة المائية.العوامل المناخية المؤثرة ومنها:

* الإشعاع الشمسي ☀
* درجة الحرارة
* الرطوبة النسبية 💧
* سرعة الرياح

ومن طرق حساب التبخر نتح المرجعي ETo:

1. طريقة بنمان–مونتيث (Penman–Monteith, FAO-56) ← الأدق والأكثر شمولاً.
2. طريقة حوض التبخر (Pan Evaporation) ← تعتمد على قياس التبخر من حوض معدني.
3. طرق تجريبية أخرى:
   * بلاني–كريدل (Blaney–Criddle)
   * هارجريفز–سيماني (Hargreaves–Samani)

معادلة بنمان–مونتيث (FAO–56 Penman–Monteith Equation)

🔷 التعريف:

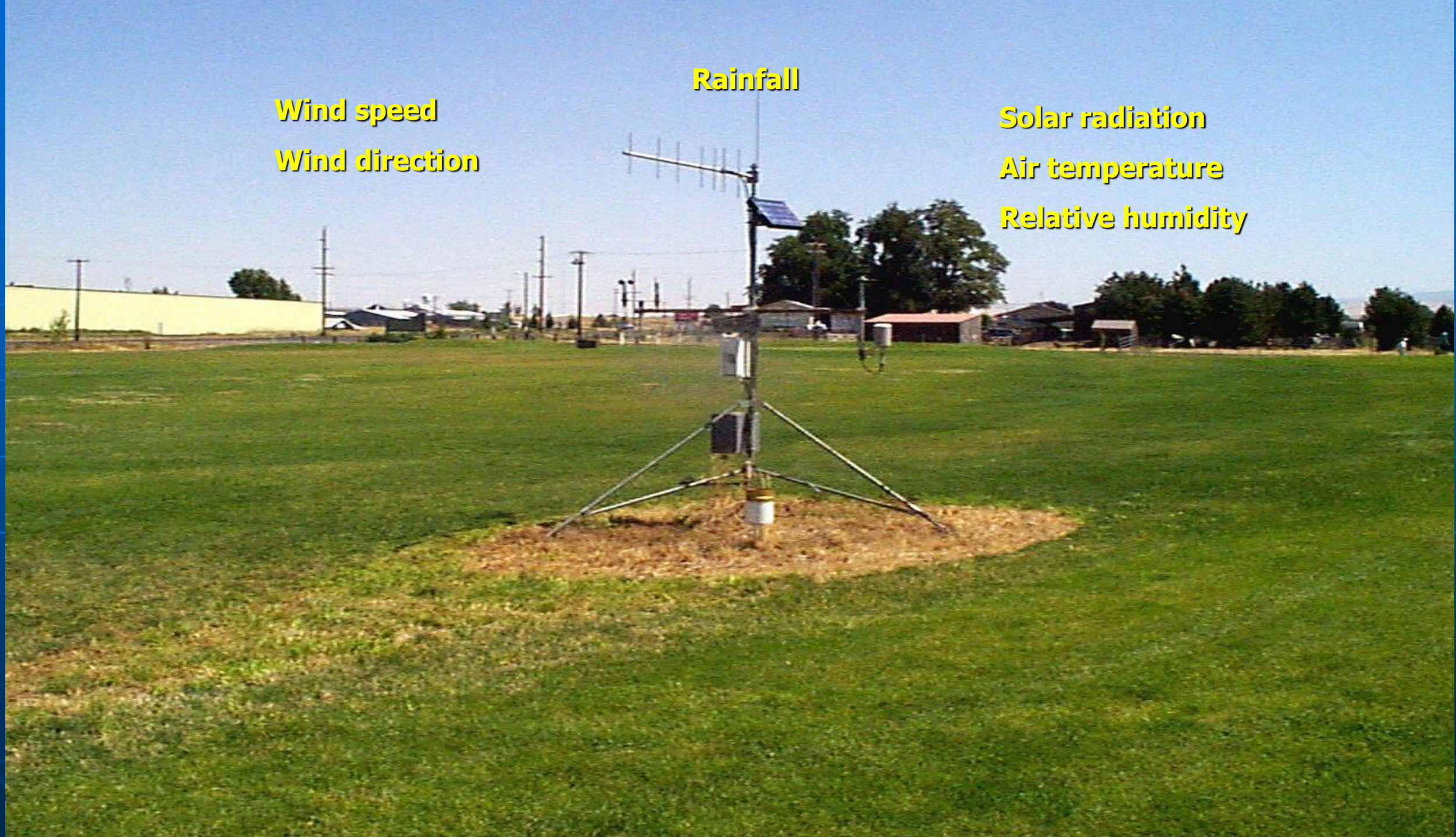
هي المعادلة القياسية العالمية التي توصي بها منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO) لتقدير التبخر–النتح المرجعي (ETo) بدقة اعتمادًا على العوامل المناخية الأساسية.

🔷 الصيغة الرياضية:

$$ET_O = \frac{0.408\,\Delta\,(R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T+273} u_2\,(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma\,(1 + C_d\,u_2)}$$

🔷 حيث:

الرمز	الوصف	الوحدة
(ETo)	التبخر–النتح المرجعي	mm/day
(R_n)	الإشعاع الصافي عند سطح المحصول	MJ/m²/day
(G)	تدفق الحرارة في التربة (غالباً ≈ 0 في اليوم)	MJ/m²/day
(T)	درجة الحرارة المتوسطة اليومية	C°
(u_2)	سرعة الرياح على ارتفاع 2 م	m/s
(e_s - e_a)	فرق ضغط البخار المشبع والفعلي	kPa
(Delta\)	ميل منحنى ضغط البخار المشبع	kPa/°C
(gamma\)	الثابت السيكرومتري (kPa/°C)	Psychrometric constant)


Rainfall
Wind speed
Wind direction
Solar radiation
Air temperature
Relative humidity

◆مميزات معادلة بنمان–مونتيث:

1. تأخذ بنظر الاعتبار كامل العوامل المناخية الرئيسة.
2. مناسبة لمختلف المناطق المناخية حول العالم.
3. تُعد المرجع الأساسي لجميع طرق تقدير ETo الأخرى.

◆ملاحظة تطبيقية:

يُستخدم نموذج FAO–Penman–Monteith في البرامج المناخية الزراعية لحساب التبخر نتح مثل:

* CROPWAT
* CLIMWAT
* AquaCrop

كيف نقلل من تبخر المياه السطحية؟؟

يمكن تقليل التبخر بإتباع الاتي:-

1. جعل بحيرات تخزين المياه او الانهار أكبر عمقاً وأقل سطحاً ، باختيار قطاع عميق يكون بين جبلين مثلاً .
2. بزراعة الأشجار العالية على جوانب البحيرات حتى تعمل كحاجز للرياح .
3. بنشر أنواع معينة من الكيماويات على الماء تقلل من البخر إلا أن هذه الطريقة لا تجدى في وجود رياح شديدة .
4. إزالة النباتات المحبة للمياه مثل زهرة النيل .
5. باستخدام التخزين الجوفي بديلاً عن التخزين السطحي .

العوامل التي تؤثر على التبخر

1. مساحة سطح المياه :- يتناسب مساحة سطح المياه مع معدل التبخر تناسباً طردا
2. نوعية المياه :- فكلما زادت ملوحة المياه قلت البخر . وقد وجد أن التبخر من مياه البحر المالحة ، يقل بمعدل (2-3) مرات قيمته من المياه العذبة في حالة ثبات بقية العوامل ، وكلما زادت الكثافة التثاقلية (Specific Gravity) للمياه قل معدل التبخر .
3. الإشعاع الشمسي :- تؤدى أشعة الشمس إلى زيادة طاقة الجزيئات، ومن ثم زيادة البخر ، وقد يؤدى اعتراض السحب لأشعة الشمس إلى تقليل التبخر.
4. سرعة الرياح والرطوبة النسبية وعدد ساعات سطوع الشمس .

سادساً: معامل المحصول (Crop Coefficient, Kc)

يمثل العلاقة بين الاستهلاك الفعلي (ETc) والتبخر–النتح المرجعي (ETo):

Kc = ETc/ Eto

ويتغير معامل المحصول حسب مراحل نمو المحصول:

1. Initial stage (المرحلة الابتدائية)
2. Crop development (تطور النبات)
3. Mid-season (المرحلة الوسطى)
4. Late season (المرحلة النهائية)

مثال تطبيقي (Worked Example)

بيانات حوض تبخر أمريكي في محطة البصرة:

(Epan = 8.5 mm/day), (Kp = 0.75), (Kc = 0.9)

$$ETc = Kp \times Kc \times Epan = 0.75 \times 0.9 \times 8.5 = 5.74 \text{ mm/day}$$

إذن الاحتياج المائي اليومي = 5.74 ملم/يوم

وإذا كانت المساحة = 1 هكتار ← 57.4 م³/يوم

Efficiencies and Uniformities الكفاءة والانتظامية

Application efficiency (E_a) كفاءة الاضافة

$$E_a = \frac{d_n}{d_g}$$

d_n = net irrigation depth عمق الري الصافي

d_g = gross irrigation depth عمق الري الإجمالي

fraction or percentage الكسر أو النسبة المئوية

Water losses فواقد المياه

- Evaporation التبخر
- Drift الانجراف
- Runoff الجريان السطحي
- Deep percolation التسرب العميق

IRRIGATION EFFICIENCIES

كفاءات الري

تتحقق هذه الكفاءة في الري من خلال الرغبة في عدم هدر مياه الري، مهما كانت رخيصة أو وفيرة.

ويهدف مفهوم كفاءة الري إلى تحديد إمكانية إجراء تحسينات في كل من نظام الري وإدارة برامج التشغيل، مما يؤدي إلى استخدام فعال لمياه الري.

كفاءة نظام الرى Irrigation efficiency - Ei

تعبر كفاءة إضافة المياه من خلال نظام الرى Ei عن مدى قدرة هذا النظام على توصيل وإضافة وتوزيع المياه بطريقة متجانسة فى منطقة إنتشار الجذور النشطة للمحصول . وتختلف قدرة التنفيذ من نظام رى الى آخر ويتوقف ذلك على :

- دقة تصميم نظام الرى ومدى ملائمته لخصائص الأرض الطبيعية خاصة الشكل الظاهرى لسطح الأرض ومعامل النفاذية للماء وقدرة الأرض على الإحتفاظ بالماء .
- دقة تصميم نظام الرى ومدى ملائمتة لخصائص المحصول خاصة ما يتعلق بكل من الكثافة النباتية والإحيتاجات المائية القصوى للمحصول فى الرية الواحدة ومدى إمكانية تعرض المجموع الخضرى أو جذوع الأشجار للمياه بشكل مباشر .
- سهولة ودقة تشغيل نظام الرى .
- سهولة إجراء عمليات الصيانة لتقليل فرصة السريان والتسرب غير المرغوب .
- إختيار الوقت المناسب للرى حيث تقل كفاءة بعض نظم الرى فى درجات الحرارة المرتفعة (وقت الظهيرة) نتيجة لزيادة البخر كما هو الحال فى نظم الرى بالغمر أو تحت ظروف الرياح الشديدة كما هو الحال فى نظم الرى بالرش
- مدى ملائمة معدلات الرى المضافة لإحتياجات المحصول خلال مراحل النمو المختلفة .
- طول فترة الرى والتى تتحدد بناءا على معدل تصرف نظام الرى والمقنن المائى للمحصول .

عادة ما يتم تقدير كفاءة إضافة مياه الرى Eiعمليا تحت ظروف الحقل من خلال تقدير حجم المياه التى تدخل نظام الرى θ_{Winput} وتقدير حجم المياه التى تخرج منه $\theta_{Woutput}$ لتضاف وتوزع فى منطقة إنتشار الجذور – وتحسب كفاءة إضافة مياه الرى بإستخدام المعادلة التالية :

$$E_i = \theta_{Woutput} / \theta_{Winput}$$

حيث :

θ_{Winput} حجم المياه التى تدخل نظام الرى

$\theta_{Woutput}$ حجم المياه التى تخرج من نظام الرى

وبالرغم من صعوبة وجود قيم ثابته لكفاءة إضافة وتوزيع المياه من خلال نظام الرى – إلا انه يمكن الإستفاد من القيم الموضحة فى جدول (26) والشائع إستخدامها عند تقدير المقننات المائية للمحصول وذلك وفى حالة عدم توافر القيم الفعلية لكفاءة إضافة المياه المقدرة تحت ظروف المزرعة :

وبصفة عامة يفضل تكرار تقدير قيمة E_i كل فترة حيث أن هناك العديد من العوامل التى تؤثر على قيمتها قد تتغير من فترة لأخرى على مستوى المرزعة .

يؤدى إنخفاض كفاءة نظام الرى بصفة عامة الى العديد من المشاكل أهمها :

- إهدار قدر كبير من المياه التى كانت تفقد سواء بالبخر أو الرشح العميق أو الجريان السطحى أو ...
- إنخفاض كفاءة إستخدام الأسمدة المتاحة وفقد جزء كبير منها ذائبا فى المياه المفقودة .
- عدم إنتظام نمو النباتات نتيجة للأضرار الناشئة عن زيادة المياه فى مساحات وإنخفاضها فى مساحات أخرى
- إنخفاض عائد إستخدام المياه سواء كان بيولوجيا من خلال نقص المحصول أو إقتصاديا من خلال خفض العائد
- تعرض المحصول لمشاكل سوء التهوية نتيجة لزيادة معدلات الرى بما لا يتناسب مع معدل نفاذيتها للماء .
- تعرض المحصول لمشاكل مرضية خاصة أعفان الجذور فى المساحات التى تتعرض لزيادة معدلات الرى وتبقعات الأوراق وأعفان الثمار فى المساحات التى تتعرض لزيادة الرطوبة حول الأجزاء العلوية للمحصول .
- تعرض المحصول لمشاكل الملوحة فى المساحات التى تتعرض لنقص معدلات الرى نتيجة لعدم إنتظام توزيع مياه الرى بما تتضمنة من إحتياجات غسيلية .
- إنتشار الحشائش غير الإقتصادية خاصة فى المساحات غير المنزرعة التى تتعرض للإبتلال أو تسرب المياه .
- تعرض المحصول لمشاكل إرتفاع مستوى الماء الأرضى .
- زيادة فرصة تعرض الماء الجوفى للتلوث بالأسمدة والمبيدات .
- إسراف قدر كبير من الطاقة والعمالة مع المياه والأسمدة والمبيدات المهدرة .

جدول ( ) كفاءة إضافة مياه الرى من خلال نظم الرى المختلفة

نظام الرى	Ei
الرى السطحى	0.7-0.4
الرى فى أحواض (متسعة طولا وعرضا)	0.9-0.8
الرى فى شرائح (طويلة وضيقة نسبيا)	0.85-0.7
الرى فى خطوط طويلة	0.75-0.6
الرى بالرش	0.8-0.7
الرى بالرش المتنقل يدويا	0.75-0.65
الرى بمسدس الرش ذو الضغط العالى	0.7-0.6
الرى بالرش المحورى	0.9-0.75
الرى بالرش الثابت	0.8-0.7
الرى بالتنقيط	0.9
بالنقاطات المتباعدة نسبيا ≤ 30سم	0.95-0.85
بالنقاطات المتقاربة نسبيا < 30سم	0.85-0.75

Application Efficiency كفاءة الاضافة

$$E_a = \frac{Water\ in\ root\ zone\ after\ irrigation}{Total\ volume\ of\ water\ applied}$$

$$\frac{Total\ vol.of\ water\ applied - (Vol.of\ Tailwater + Vol.of\ deep\ percolation)}{Total\ water\ applied}$$

المقصود بـماء الذنائب : Total Tail Water

هو إجمالي كمية المياه الخارجة من نهاية الحقل (أو نهاية المسقط المائي) بعد مرورها عبر منطقة الري.

بمعنى آخر، هي المياه الزائدة عن حاجة التربة والنبات التي لم يتم امتصاصها أو تسربها، فغادرت الحقل على شكل جريان سطحي (Runoff). عادة تُقاس بوحدة الحجم مثل:

* المتر المكعب (m^3)
* أو بالعمق المائي (mmأو cm) بالنسبة لمساحة الحقل.

مثال : تم إيصال ١٠ أمتار مكعبة/ثانية إلى مزرعة مساحتها ٣٢ هكتارًا لمدة ٤ ساعات. يبلغ معدل ماء الذنائب المتبقي ٠,٢٧ متر مكعب/ثانية. يشير فحص التربة بعد الري إلى تخزين ٣٠ سم مكعب من الماء في منطقة الجذور. احسب كفاءة الري.

Solution: Total volume of water applied

= 10 m^3/s x 4 hrs x 3600s/hr = 144,000 m^3

Total tail water = 0.27 x 4 x 3600 = 3888 m^3

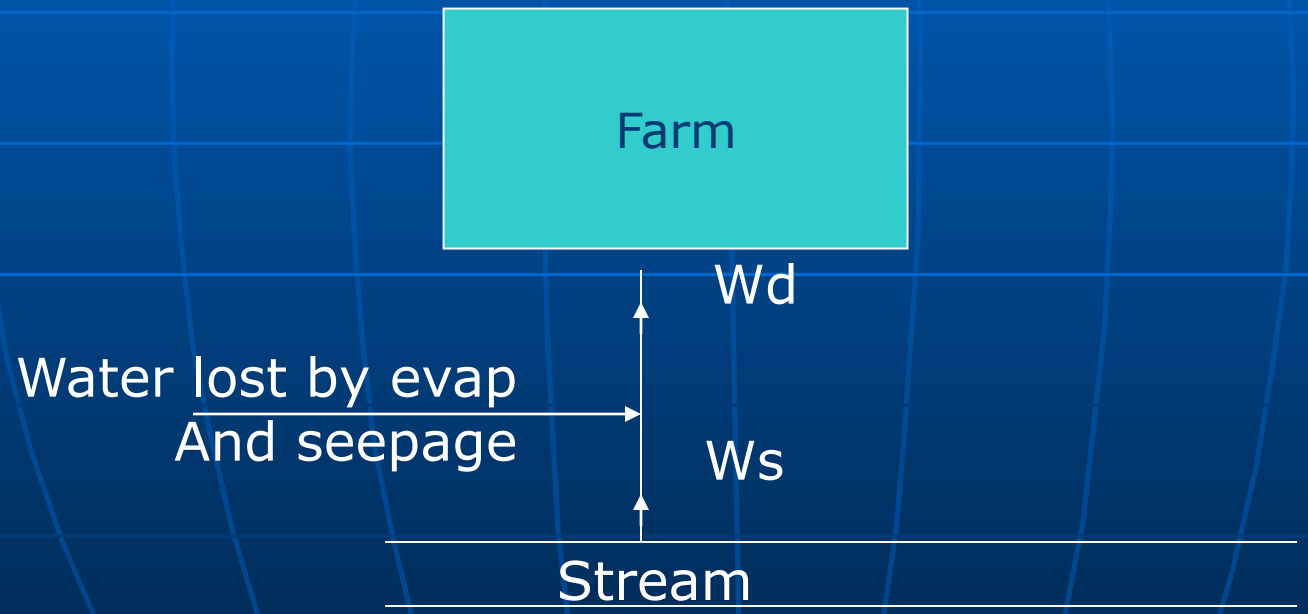
Total water in root zone = 30 cm = 0.3 m x 32 ha x 10,000 m^2/ha = 96,000 m^3

$$E_a = \frac{Water\ in\ root\ zone\ after\ irrigation}{Total\ volume\ of\ water\ applied}$$

= 96,000/144,000 = **66.7%.**

Water Conveyance Efficiency كفاءة نقل المياه

$$E_c = \frac{Water\ delivered\ to\ the\ Farm\ (W_d)}{Water\ of\ \ water\ diverted\ \ from\ a\ stream, reservoir\ or\ well\ (W_s)}$$



Example

- 45 m^3 of water was pumped into a farm distribution system. 38 m^3 of water is delivered to a turn out (at head ditch) which is 2 km from the well. Compute the Conveyance Efficiency.

Solution:

$$E_c = \frac{Water\ delivered\ to\ the\ Farm\ (W_d)}{Water\ of\ \ water\ diverted\ \ from\ a\ stream, reservoir\ or\ well\ (W_s)}$$

= 38/45 = ***84%***

Application Uniformity انتظامية الاضافة

Distribution uniformity (DU) انتاظمية التوزيع التوزيع

$$DU = 100\left[\frac{d_{LQ}}{d_z}\right]$$

d_{LQ} = average low-quarter depth of water received متوسط عمق الربع المنخفض للمياه المستلمة

d_z = average depth applied متوسط العمق المطبق

Popular parameter for surface irrigation systems in particular

معاير شائعة لأنظمة الري السطحي على وجه الخصوص

Christiansen Uniformity Coefficient (C_u) معامل كريستيان للانتظامية

This measures the uniformity of irrigation

$$C_u = 100\,(1.0 - \frac{\sum / X /}{m\,n})$$

Where: $\sum / X /$ is the summation of deviations from the mean depth infiltered

هو مجموع الانحرافات عن متوسط العمق المُرشَّح

m is the mean depth unfiltered and

هو متوسط العمق غير المُرشَّح.

n is the number of observations.

هو عدد الملاحظات

معامل شائع لأنظمة الرش والري الدقيق على وجه الخصوص بالنسبة للانتظامية العالية نسبيًا (CU > 70%،

Example

A Uniformity Check is taken by probing many stations down the border. The depths of penetration (cm) recorded were: 6.4, 6.5, 6.5, 6.3, 6.2, 6.0, 6.4, 6.0, 5.8, 5.7, 5.5, 4.5, 4.9. Compute the Uniformity Coefficient.

Solution: Total depth of water infiltered = 76.7 cm

Mean depth = 76.7/13 = 5.9 cm

Concluded

$$\sum /X/ \quad = 6.2$$

$$C_u = 100\,(1.0 - \frac{\sum /X/}{m\,n})$$

m = 5.9 cm; n = 13

$$C_u = 100\,(1.0 - \frac{6.2}{5.9 \times 13}) \quad = \quad 92\%$$

This is a good Efficiency. 80% Efficiency is acceptable.

Locations	Depths (cm)	Deviations from Mean
1	6.4	0.5
2	6.5	0.6
3	6.5	0.6
4	6.3	0.4
5	6.2	0.3
6	6.0	0.1
7	6.4	0.5
8	6.0	0.1
9	5.8	0.1
10	5.7	0.2
11	5.5	0.4
12	4.5	1.4
13	4.9	1.0

Water Storage Efficiency (E_s)

$$E_s = \frac{Volume\ of\ \ water\ in\ the\ root\ zone\ after\ irrigation}{Volume\ of\ \ water\ needed\ in\ root\ zone\ to\ avoid\ total\ water\ moisture\ depletion}$$

Irrigation Efficiency

$$E_i\,(Steady\ state) = \frac{ET + W_l - R_e + \Delta W_s}{W_i} = \frac{Net\ Irrigation}{Water\ diverted}$$

ET is Evapotranspiration;
W_l is Leaching Requirement;
R_e is Effective Precipitation;
ΔW_s is change in storage;
W_i is water diverted, stored or pumped for irrigation.

فواقد الماء Water Losses

هي كميات الماء التي تُفقد من النظام المائي (سواء في التربة أو شبكات الري أو الغطاء النباتي)

أنواع فواقد المياه:

1. فواقد بالتبخر (Evaporative Losses): فقد الماء من سطح التربة أو من قنوات الري على شكل بخار نتيجة حرارة الشمس والرياح.
2. فواقد بالتسرب (Seepage or Percolation Losses): تسرب الماء من القنوات أو الأنابيب أو من منطقة الجذور إلى أعماق التربة بحيث لا يمكن للنبات الاستفادة منه.
3. فواقد بالجريان السطحي (Runoff Losses): عندما تُروى الأرض بكمية زائدة من الماء فيتكوّن جريان سطحي يحمل جزءًا من الماء إلى خارج الحقل.
4. فواقد بسبب الرش أو الرياح (Application Losses / Wind Drift): تحدث في أنظمة الري بالرش أو التنقيط عندما تتطاير قطرات الماء بفعل الرياح أو التبخر قبل وصولها إلى التربة.
5. فواقد بالتسرب من الخزانات أو القنوات الترابية (Seepage from Canals or Reservoirs): نتيجة نفاذية التربة غير المبطنة التي تسمح بتسرب جزء من الماء إلى باطن الأرض.

Application Uniformity Cont'd…

Christiansen's Coefficient of Uniformity (CU)

معامل الانتظامية لكريستيانسن

$$CU = 100\left[1 - \sum_{i=1}^{n} \frac{|d_z - d_i|}{n d_z}\right]$$

n = number of observations (each representing the same size area)

عدد المشاهدات (كل منها يمثل نفس المساحة)

d_z = average depth for all observations

متوسط العمق لجميع المشاهدات

d_i = depth for observation i

عمق المشاهدة

Popular parameter for sprinkler and microirrigation systems in particular

معامل شائع لأنظمة الرش والري الدقيق على وجه الخصوص

For relatively high uniformities (CU > 70%),

بالنسبة للانتظامية العالية نسبيًا (CU > 70%،

Turf Sprinkler Uniformity Test (catch cans placed on a 5 ft x 5 ft grid)

Adequacy الكفاية

Because of nonuniformity, there is a tradeoff between excessive deep percolation and plant water stress

بسبب عدم التجانس، هناك مقايضة بين التسرب العميق المفرط وإجهاد النبات المائي

Adequacy: the percent of the irrigated area that receives the desired depth of water or more

الكفاية: النسبة المئوية للمنطقة المروية التي تتلقى العمق المطلوب من الماء أو اكثر

سعة النظام System Capacity

سعة النظام الصافي وظيفة احتياجات النبات (الحفاظ على توازن الماء في التربة فوق مستوى معين)

المعدل الذي يجب تخزين الماء به في منطقة الجذر

طريقة ذروة النتح:

توفير سعة كافية لتلبية ذروة النتح خلال فترة زمنية معينة

طريقة أقل تحفظًا:

إدراك أن هطول الأمطار و/أو مياه التربة يمكن أن يسمح بسعة مخفضة

يمكن أن توفر المياه المخزنة في التربة حاجزًا على مدى فترات زمنية قصيرة

أيضًا، على مدى فترات زمنية أطول، مفهوم النضوب

المسموح به (-- (ADكمية المياه التي يمكن استنفادها من التربة قبل حدوث إجهاد للنبات

System Capacity سعة النظام

Gross system capacity (Q_g)

The rate at which water must be supplied by the water source

A function of:

- the net system capacity, Q_n
- the efficiency of the irrigation system
- the system downtime

السعة الإجمالية للنظام (Qg)

المعدل الذي يجب أن يتم به توفير المياه من مصدر المياه

دالة على:

- السعة الصافية للنظام
- كفاءة نظام الري
- وقت توقف النظام

System Capacity سعة النظام

$$Q_g = \frac{Q_n}{\frac{AELQ}{100}\left(1 - \frac{D_t}{100}\right)}$$

- Q_g = gross system capacity, in/day or gpm/A
- Q_n = net system capacity, in/day or gpm/A
- AELQ = application efficiency of low quarter, (%)
- D_t = irrigation system downtime (%)

سعة النظام المطلوبة هي معدل إمداد المياه الذي يجب توفيره لمنع الإجهاد المائي للنبات (قد أو لا تساوي سعة النظام الفعلية)

يمكن أن تكون الوحدات بوصات في اليوم أو جالون في الدقيقة لكل فدان أو جالون في الدقيقة على مساحة معينة (يجب أن تكون Qn وQg بوحدات متسقة)

Qg = سعة النظام الإجمالية، بوصة/يوم أو جالون في الدقيقة/أسطوانة

Qn = سعة النظام الصافية، بوصة/يوم أو جالون في الدقيقة/أسطوانة

AELQ = كفاءة الاضافة للربع المنخفض، (%)

Dt = توقف نظام الري (%)

Operational Terminology المصطلحات التشغيلية

مصطلحات نظم الري:

المجموعة أو المنطقة Set or zone:

هي أصغر جزء من الحقل يمكن ريّه بشكل منفصل.

في أنظمة الري الحديثة، يُقسم الحقل إلى مجموعات أو مناطق لتسهيل إدارة الري. هذا يسمح بالتحكم في كمية ووقت المياه لكل منطقة حسب حاجة المحصول.

مثال:

إذا كان الحقل كبيرًا، يمكن تقسيمه إلى 4 مناطق، كل منطقة تحتوي على مجموعة من الرشاشات أو خطوط التنقيط يمكن تشغيلها بشكل مستقل.

وقت الاضافة: Application time

هو مدة الوقت التي يُطبق فيها الماء على مجموعة أو منطقة معينة.

يعتمد على معدل تدفق المياه واحتياجات النبات. في أنظمة الري الآلية، يمكن ضبط هذا الوقت لكل منطقة حسب الحاجة.

Operational Terminology المصطلحات التشغيلية

زمن المجموعة Set Time

هو الفترة الزمنية بين بدء ري المجموعات المتتالية في الحقل. توضيح العلاقة مع وقت الاضافة:

إذا لم يتم إيقاف النظام لتغيير المجموعات (أي النظام آلي)، فإن:

Application Time = Set Time

أما في الأنظمة اليدوية، قد يكون وقت الاضافة مختلفًا عن زمن المجموعة بسبب توقف المشغل لتغيير المجموعات.

توضيح

Set/Zone: لتقسيم الحقل وتحديد مناطق التحكم بالري.

Application Time: لضبط كمية المياه لكل منطقة.

Set Time: لضبط تتابع تشغيل المجموعات في الحقل.

هذه المفاهيم مهمة جدًا لضمان الكفاءة العالية لاستخدام المياه ومنع الإفراط في الري أو نقصه.

Operational Terminology المصطلحات التشغيلية

مصطلحات وقت الري وإدارة الدورة المائية

1 Cycle Time أو Irrigation Interval – دورة الري أو الفاصل الزمني بين الريات

هو المدة الزمنية بين الريتين المتتاليتين لنفس الحقل أو المنطقة.

* يحدد تواتر الري بناءً على حاجة المحصول وخواص التربة مثل السعة الحقلية ومحتوى الماء المتاح.
* مثال: إذا كان الحقل يُروى كل 7 أيام، فإن Cycle Time = 7 أيام.

2 – Idle Time الوقت الخامل

هو الوقت خلال دورة الري الذي لا يعمل فيه نظام الري.

* يشمل فترات التوقف بين المجموعات أو المناطق، أو أي وقت لا يتم فيه تطبيق الماء.
* الحد من الوقت الخامل يزيد من كفاءة استخدام المياه والطاقة.

Operational Terminology المصطلحات التشغيلية

3 Duration – مدة الإمداد

هو الوقت الذي يُوفر فيه الماء للمزرعة من قبل منطقة الري (Irrigation District).

* يمثل طول فترة تشغيل الضخ أو توصيل المياه إلى الحقل.
* مثال: قد تزود المنطقة المروية بالماء لمدة 8 ساعات يوميًا.

4Rotation – التناوب

هو الفاصل الزمني بين مرات توفير المياه من قبل منطقة الري إلى نفس المزرعة أو الحقل.

* في أنظمة الري الجماعية أو المناطق المروية من قناة رئيسية، قد تحصل المزرعة على المياه كل يومين أو كل 3 أيام حسب خطة التناوب.
* يضمن هذا النظام توزيع المياه بشكل عادل بين المزارعين.

ملاحظات:

* Cycle Time و Rotation مرتبطان بتواتر الري واحتياجات النبات.
* Idle Time يقلل من كفاءة الري، لذلك يجب مراقبته وتقليله.
* Duration يحدد كمية الماء الكلية التي تصل إلى الحقل خلال الري.
* فهم هذه المصطلحات ضروري لتصميم جداول الري وتقييم كفاءة نظام الري.

شكراً لحسن الإصغاء