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 الثالثة

1. علاقة الماء بالتربة والنبات
2. نوعية مياه الري والمعايير المعتمدة في تقيم مياه الري

1- علاقة التربة والمياه Soil Water Relationships

الأهداف

1. تعريف الطلبة بمفهوم علاقة الماء بالتربة وأهميتها في الإنتاج الزراعي.
2. توضيح أشكال وجود الماء في التربة وآلية حركته.
3. بيان العوامل المؤثرة في توافر الماء للنبات.
4. فهم دور خواص التربة في الاحتفاظ بالماء والتصريف.

المقدمة

تُعد التربة وسطًا معقدًا يتكون من مواد معدنية وعضوية، ومسامات تحتوي على الهواء والماء بنسب متغيرة.

ويُعد الماء العامل الحيوي في هذا النظام، إذ يمثل الوسيط الذي تنتقل من خلاله العناصر الغذائية إلى جذور النبات.

إنّ العلاقة بين التربة والماء من أهم العوامل المحددة لقدرة التربة على دعم نمو النبات وإنتاجه، وهي الأساس الذي تُبنى عليه عمليات الري والبزل وجدولة الري في المشاريع الزراعية.

Soil Properties خصائص التربة

- Texture
  - Definition: relative proportions of various sizes of individual soil particles
  - USDA classifications
    - Sand: 0.05 – 2.0 mm
    - Silt: 0.002 - 0.05 mm
    - Clay: <0.002 mm
  - Textural triangle: USDA Textural Classes
  - Coarse vs. Fine, Light vs. Heavy
  - Affects water movement and storage
- Structure
  - Definition: how soil particles are grouped or arranged
  - Affects root penetration and water intake and movement

النسجه

التعريف: االتوزيع النسبي لأحجام مختلفة من جزيئات التربة الفردية

تصنيفات وزارة الزراعة الأمريكية

الرمل: 0.05 – 2.0 مم

الطمي: 0.002 – 0.05 مم

الطين: <0.002 مم

مثلث النسجه: فئات الملمس لوزارة الزراعة الأمريكية

الخشن مقابل الناعم، الخفيف مقابل الثقيل

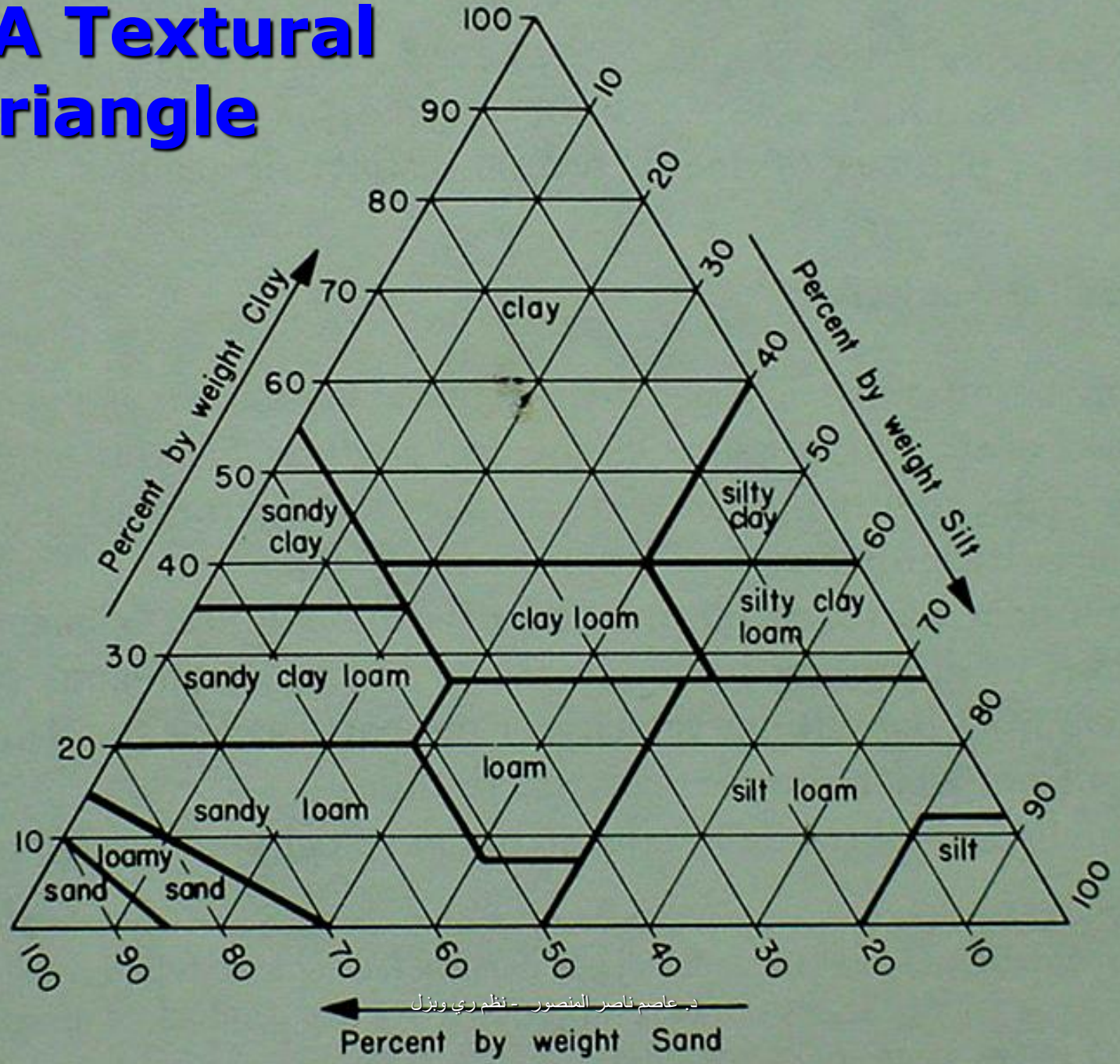
يؤثر على حركة المياه وتخزينها

بناء التربه

التعريف: كيفية تجميع جزيئات التربة أو ترتيبها

يؤثر على اختراق الجذور وامتصاص المياه وحركتها

USDA Textural Triangle



- **Bulk Density (ρ_b) الكثافة الضاهرية**

  - ρ_b = soil bulk density, g/cm^3
  - M_s = mass of dry soil, g
  - V_b = volume of soil sample, cm^3

Typical values: 1.1 - 1.6 g/cm^3

$$\rho_b = \frac{M_s}{V_b}$$

- **Particle Density (ρ_p) الكثافة الحقيقية**

  - ρ_P = soil particle density, g/cm^3
  - M_s = mass of dry soil, g
  - V_s = volume of solids, cm^3

Typical values: 2.6 - 2.7 g/cm^3

$$\rho_p = \frac{M_s}{V_s}$$

- Porosity (ϕ) المسامية

$$\phi = \frac{\text{volume of pores}}{\text{volume of soil}}$$

$$\phi = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_p}\right) 100\%$$

Typical values: 30 - 60%

Water in Soils الماء في التربة

- Soil water content المحتوى الرطوبي في التربة

$$\theta_m = \frac{M_w}{M_s}$$

Mass water content (θ_m)

θ_m = mass water content (fraction)

M_w = mass of water evaporated, g (≥24 hours @ 105°C)

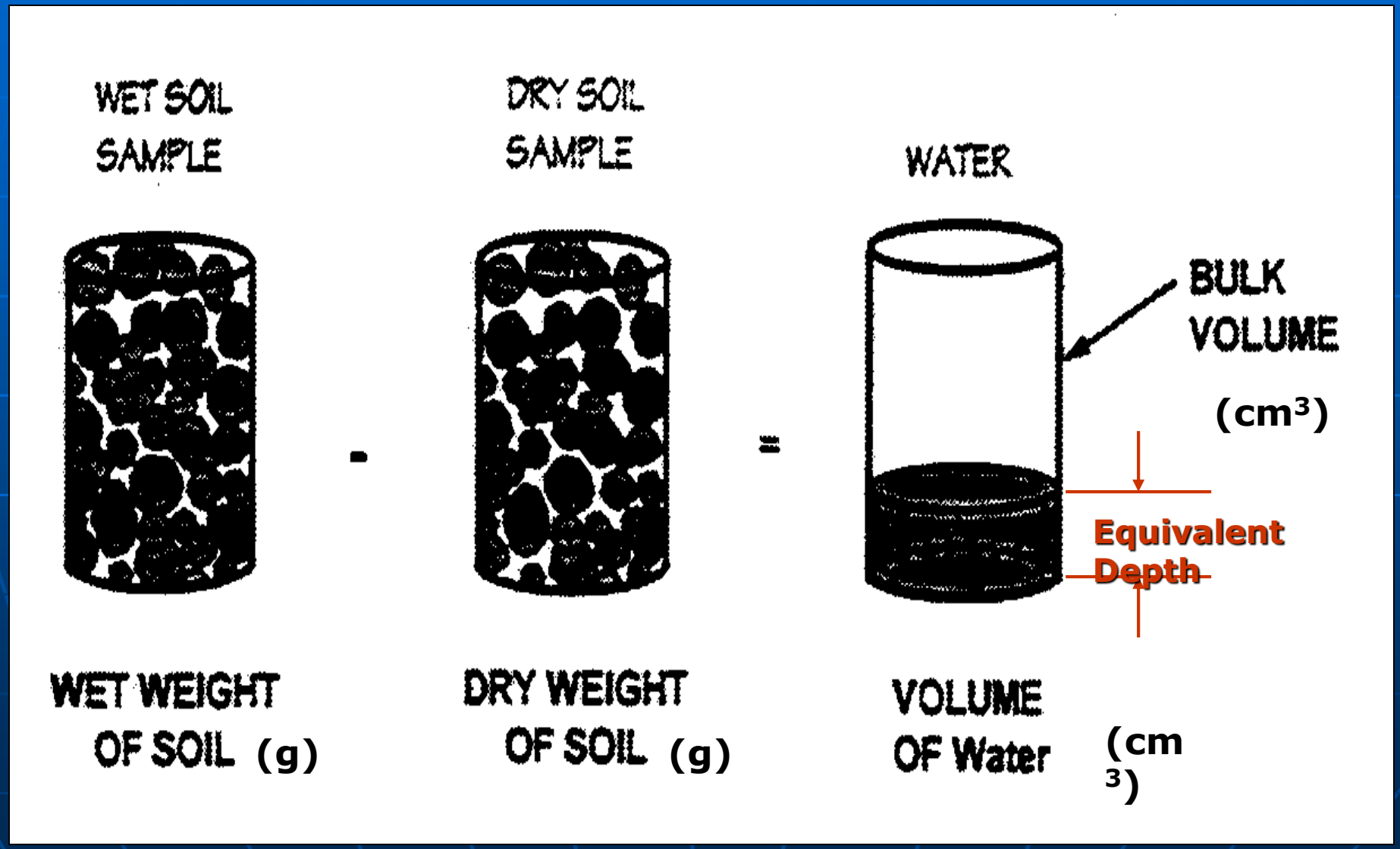
M_s = mass of dry soil, g

- Volumetric water content (θ_v)

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_b}$$

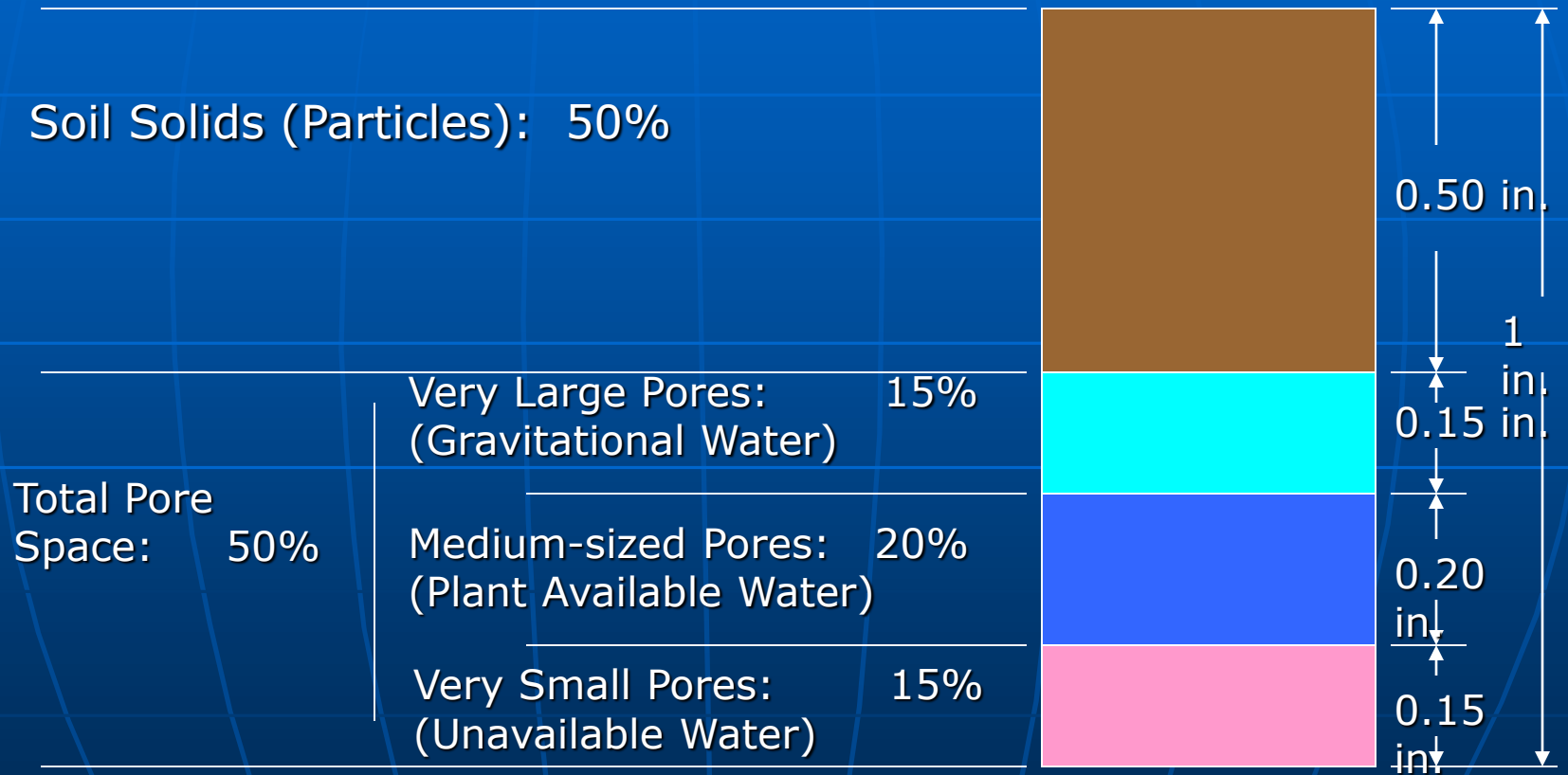
  - θ_V = volumetric water content (fraction)
  - V_w = volume of water
  - V_b = volume of soil sample
  - At saturation, $\theta_V = \phi$
  - θ_V = As θ_m
  - As = apparent soil specific gravity = ρ_b/ρ_w (ρ_w = density of water = 1 g/cm^3)
  - As = ρ_b numerically when units of g/cm^3 are used
- Equivalent depth of water (d)
  - d = volume of water per unit land area = (θ_v A L) / A = θ_v L
  - d = equivalent depth of water in a soil layer
  - L = depth (thickness) of the soil layer

Volumetric Water Content & Equivalent Depth



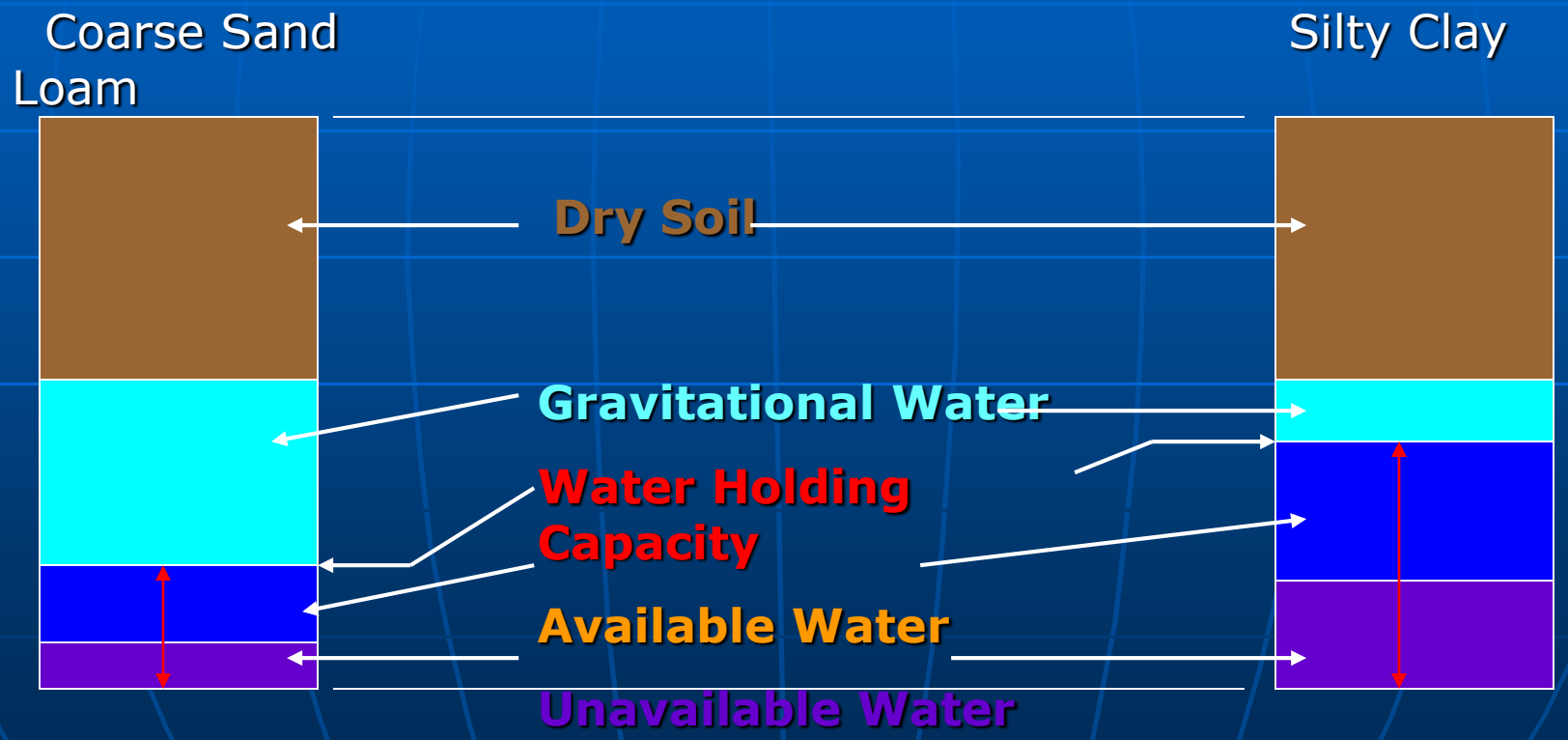
Volumetric Water Content & Equivalent Depth

Typical Values for Agricultural Soils



Water-Holding Capacity of Soil

Effect of Soil Texture



Soil Water Potential

الوصف
مقياس حالة طاقة مياه التربة
يُعد هذا مهمًا لأنه يعكس الجهد الذي تبذله النباتات لاستخراج الماء.
وحدات القياس عادةً هي البار أو الضغط الجوي.
جهد مياه التربة هو ضغوط سالبة (شد أو شفط).
يتدفق الماء من جهد أعلى (أقل سلبية) إلى جهد أقل (أكثر سلبية).

- Description
  - Measure of the energy status of the soil water
  - Important because it reflects how hard plants must work to extract water
  - Units of measure are normally bars or atmospheres
  - Soil water potentials are negative pressures (tension or suction)
  - Water flows from a higher (less negative) potential to a lower (more negative) potential

الماء في التربة لا يكون في حالة ساكنة، بل يتحرك استجابةً لاختلافات في الطاقة الكامنة (Potential Energy).

هذا الاختلاف في طاقة الماء يُعرف بـالجهد المائي للتربة (Soil Water Potential)، وهو مقياس للطاقة التي يمتلكها الماء في التربة مقارنةً بالماء النقي عند نفس درجة الحرارة والضغط.

Soil Water Potential

مفهوم الجهد المائي (Ψ)

* يُرمز له بالرمز (Ψ).
* وحدة القياس: الضغط (Pascal أو bar).
* القيمة دائمًا سالبة في التربة غير المشبعة لأن الماء فيها أقل طاقة من الماء النقي.

◆ المعادلة العامة للجهد المائي

$$\psi_t = \psi_g + \psi_m + \psi_o$$

* (Ψ_t): الجهد المائي الكلي
* (Ψ_g): الجهد الجاذبي (Gravitational potential)
* (Ψ_m): الجهد الماتري (Matric potential)
* (Ψ_o): الجهد الأسموزي (Osmotic potential)
* (Ψ_p): الجهد الضغطي (Pressure potential)

أنواع الجهود المكونة للجهد الكلي

1. الجهد الجاذبي (Ψg)

* ناتج عن ارتفاع الماء أو انخفاضه بالنسبة لمستوى مرجعي.

* يؤثر في حركة الماء الرأسية (نزولاً بفعل الجاذبية).

* مهم في الترب المشبعة وفي الصرف.

2. الجهد الماتري (Ψm)

* ناتج عن قوى الشد والالتصاق بين جزيئات الماء وجزيئات التربة.

* يقل مع الجفاف، أي كلما قلت رطوبة التربة أصبح Ψm أكثر سلبية.

* هو الأهم في حركة الماء داخل المنطقة غير المشبعة.

3. الجهد الأسموزي (Ψo)

* يظهر بوجود الأملاح الذائبة في محلول التربة.

* الماء يتحرك من منطقة التركيز الملحي المنخفض إلى العالي.

* له أهمية خاصة في الري بالمياه المالحة أو الترب المتملحة.

4. الجهد الضغطي (Ψp)

* يظهر في الترب المشبعة بالماء أو في أنسجة النبات.

* يكون موجبًا عندما يوجد ضغط ماء مرتفع كما في الأنابيب الجوفية أو جذور النباتات.

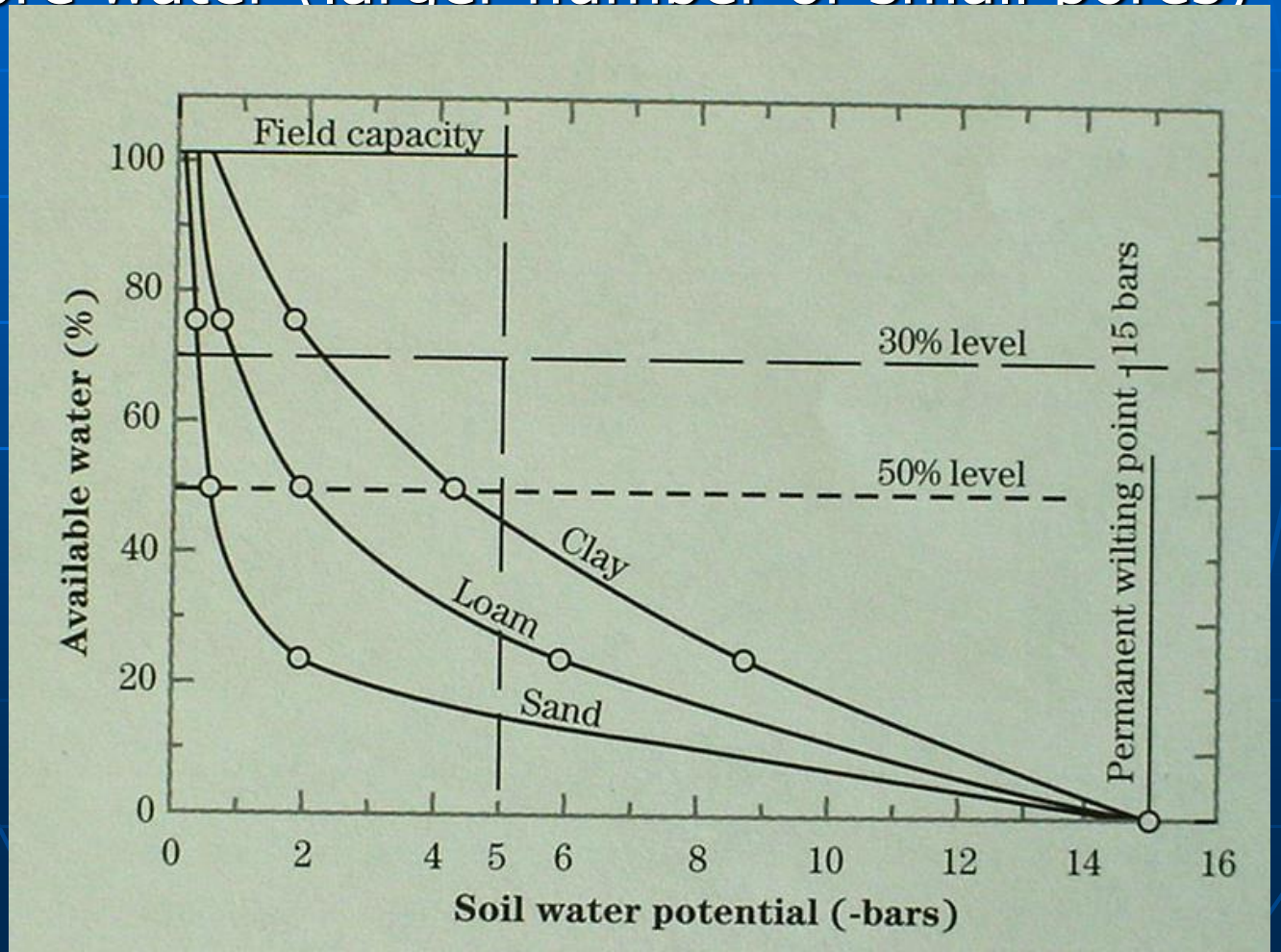
توزيع الجهد المائي في التربة

* أعلى (أقل سلبية) في الطبقات الرطبة.

* أقل (أكثر سلبية) في الطبقات الجافة.

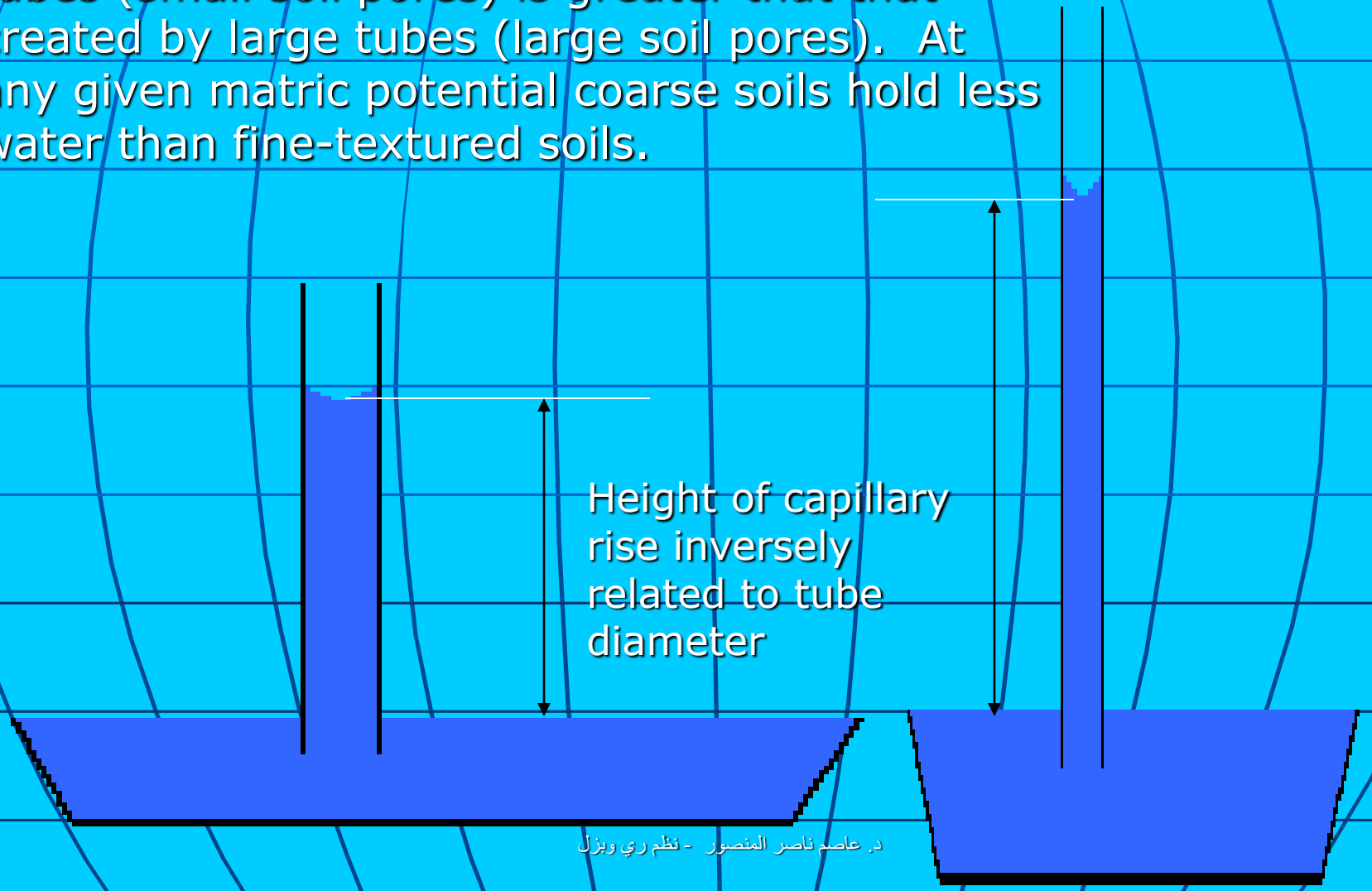
* حركة الماء تكون من الجهد الأعلى إلى الجهد الأدنى.

- Soil Water Release Curve
  - Curve of matric potential (tension) vs. water content
  - Less water → more tension
  - At a given tension, finer-textured soils retain more water (larger number of small pores)



Matric Potential and Soil Texture

The tension or suction created by small capillary tubes (small soil pores) is greater that that created by large tubes (large soil pores). At any given matric potential coarse soils hold less water than fine-textured soils.



طرق قياس الجهد المائي

1. Tensiometer – لقياس الجهد الماتري في المدى (0 إلى -85 kPa).
2. Pressure plate apparatus – لقياس الجهد المائي في المدى الأوسع حتى -1500 kPa.
3. Psychrometer – يقيس الجهد الكلي بناءً على التوازن البخاري.
4. Electrical sensors (مثل Gypsum blocks وTDR).

التطبيقات العملية

* تحديد مواعيد الري المثلى.
* حساب نقطة الذبول الدائم والسعة الحقلية.
* تحسين كفاءة استخدام المياه.
* دراسة العلاقة بين توفر الماء ونمو النبات.

المصطلح	الرمز	القيمة التقريبية	الوصف
السعة الحقلية		$\Psi \approx -33$ kPa	كمية الماء بعد الصرف الحر
نقطة الذبول الدائم		$\Psi \approx -1500$ kPa	أدنى مستوى من الماء متاح للنبات
الجهد عند الإشباع		$\Psi \approx 0$	التربة مشبعة بالكامل بالماء

- Field Capacity (FC or θ_{fc})
  - Soil water content where gravity drainage becomes negligible
  - Soil is not saturated but still a very wet condition
  - Traditionally defined as the water content corresponding to a soil water potential of -1/10 to -1/3 bar
- Permanent Wilting Point (WP or θ_{wp})
  - Soil water content beyond which plants cannot recover from water stress (dead)
  - Still some water in the soil but not enough to be of use to plants
  - Traditionally defined as the water content corresponding to -15 bars of SWP

السعة الحقلية

محتوى الماء في التربة حيث يصبح تصريف الجاذبية ضئيلاً

التربة ليست مشبعة ولكنها لا تزال في حالة رطبة للغاية

تُعرف تقليديًا بأنها محتوى الماء المقابل لإمكانية مياه التربة من -1/10 إلى -1/3 بار

نقطة الذبول الدائمة

محتوى الماء في التربة الذي لا يمكن للنباتات بعده التعافي من الإجهاد المائي (الميت)

لا يزال هناك بعض الماء في التربة ولكن ليس بالقدر الكافي ليكون مفيدًا للنباتات

تُعرف تقليديًا بأنها محتوى الماء المقابل لـ -15 بار من SWP\

Available Water جاهزية الماء

- Definition
  - Water held in the soil between field
  - capacity and permanent wilting point
  - “Available” for plant use
- Available Water Capacity (AWC)
  - AWC = $\theta_{fc} - \theta_{wp}$
  - Units: depth of available water per unit
  - depth of soil, “unitless” (in/in, or mm/mm)
  - Measured using field or laboratory methods

التعريف : هو المياه المحتجزة في التربة بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم"المتاحة" لاستخدام النبات

السعة المائية المتاحة $AWC = \theta_{fc} - \theta_{wp}$

الوحدات: عمق المياه المتاحة لكل وحدة عمق من التربة، "بدون وحدات" (بوصة/بوصة، أو مم/مم)

يتم قياسها باستخدام طرق الحقل أو المختبر

Soil Hydraulic Properties and Soil Texture

Table 2.3. Example values of soil water characteristics for various soil textures.*

Soil texture	θ_{fc}	θ_{wp}	AWC
	---------- in/in or m/m ---------		
Coarse sand	0.10	0.05	0.05
Sand	0.15	0.07	0.08
Loamy sand	0.18	0.07	0.11
Sandy loam	0.20	0.08	0.12
Loam	0.25	0.10	0.15
Silt loam	0.30	0.12	0.18
Silty clay loam	0.38	0.22	0.16
Clay loam	0.40	0.25	0.15
Silty clay	0.40	0.27	0.13
Clay	0.40	0.28	0.12

* Example values are given. You can expect considerable variation from these values within each soil texture.

- Fraction available water depleted (f_d) نسبة استنفاد الماء الجاهز

$$f_d = \left(\frac{\theta_{fc} - \theta_v}{\theta_{fc} - \theta_{wp}} \right)$$

(θ_{fc} - θ_v) = soil water deficit (SWD)
θ_v = current soil volumetric water content

- Fraction available water remaining (f_r) نسبة الماء المتبقي من الجاهز

$$f_r = \left(\frac{\theta_v - \theta_{wp}}{\theta_{fc} - \theta_{wp}} \right)$$

(θ_v - θ_{wp}) = soil water balance (SWB)

Total Available Water (TAW) الماء الجاهز الكلي

$TAW = (AWC)\ (R_d)$

TAW = total available water capacity within the plant root zone, (in, or mm)

AWC = available water capacity of the soil, ((in, or mm) of H_2O/(in, or mm) of soil)

R_d = depth of the plant root zone, (in, or mm)

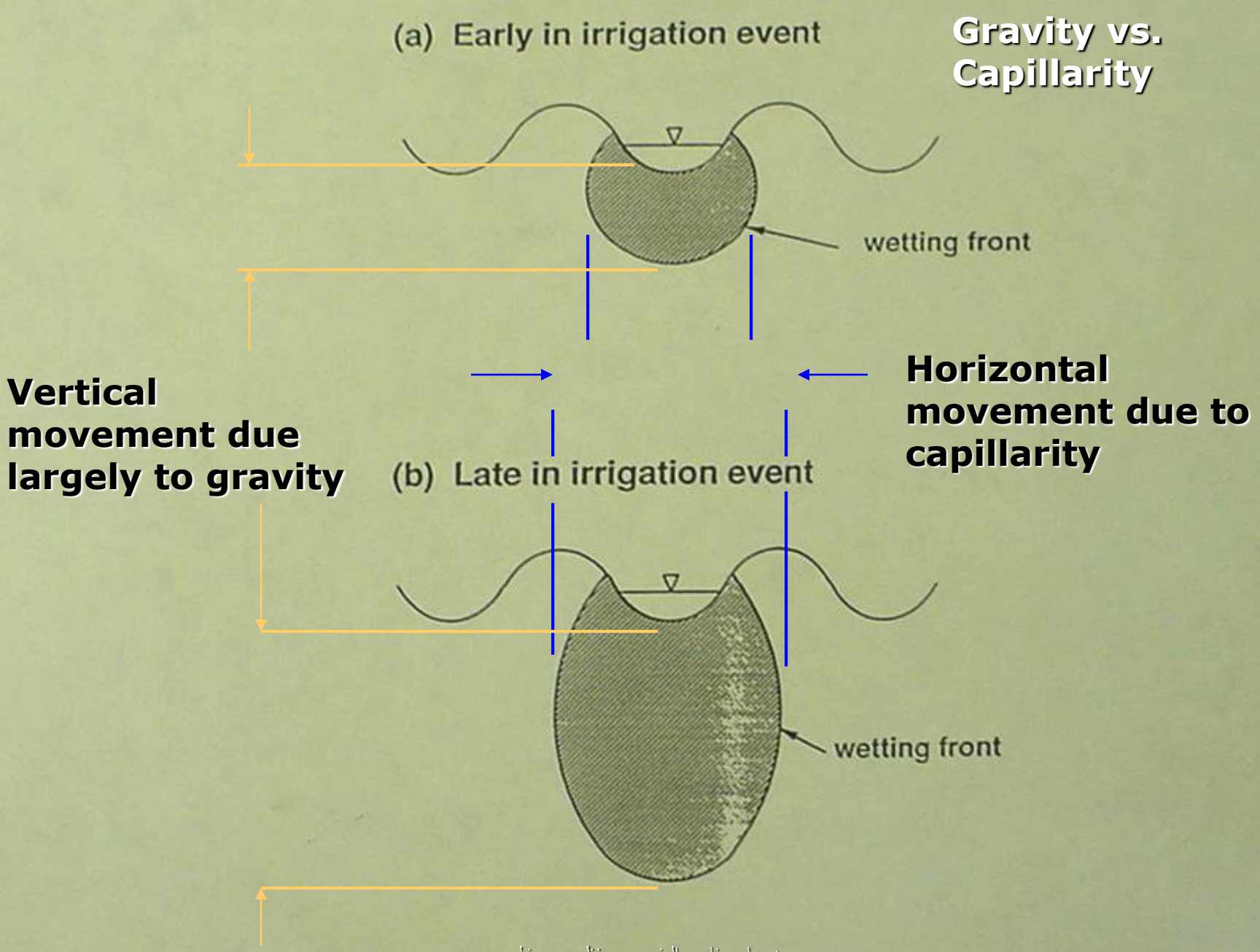
If different soil layers have different AWC's, need to sum up the layer-by-layer TAW's

$TAW = (AWC_1)\ (L_1) + (AWC_2)\ (L_2) + \ldots (AWC_N)\ (L_N)$

- L = thickness of soil layer, (in, or mm)

- $_{1, 2, N}$: subscripts represent each successive soil layer

Gravity vs. Capillarity



د. عاصم ناصر المنصور - نظم ري وبزل

Figure 2.8. Wetting patterns early and late in furrow irrigation water application.

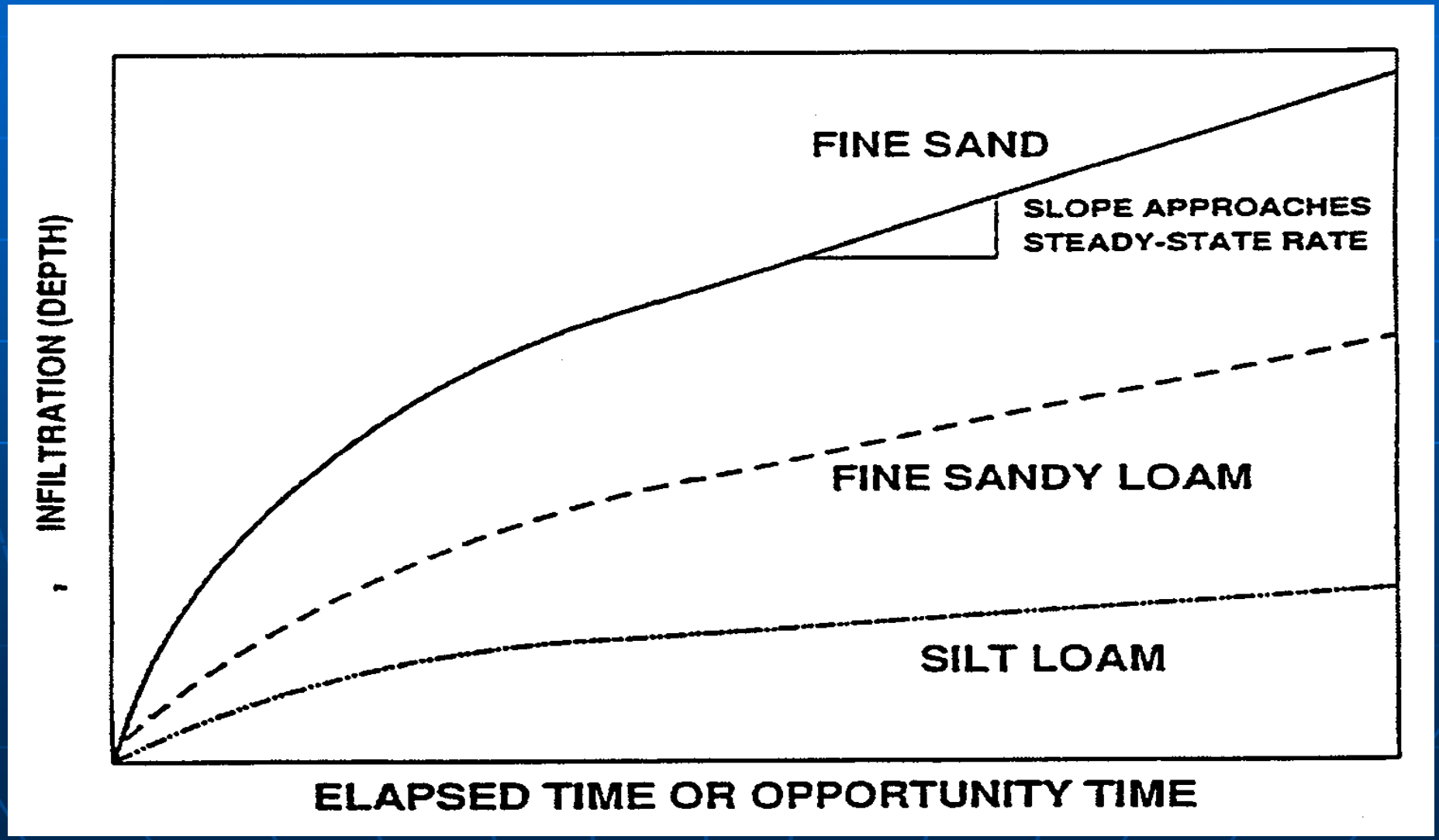
Water Infiltration رشح الماء

Def'n.: the entry of water into the soil **تعريف :هو دخول الماء خلال التربة**

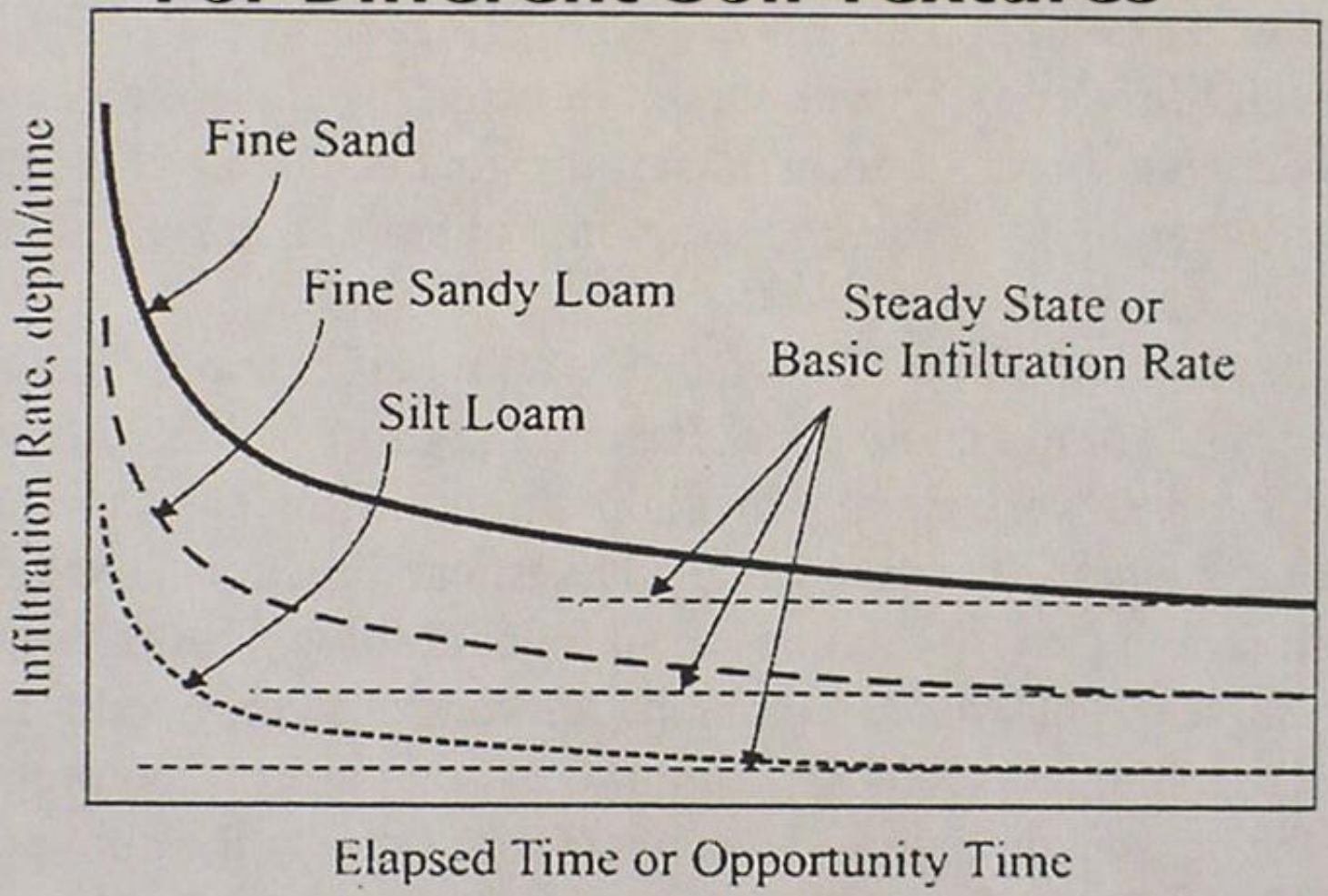
Influencing Factors	العوامل المؤثرة
Soil texture	نسجة التربة
Initial soil water content	المحتوى الابتدائي من الرطوبة في التربة
Surface sealing (structure, etc.)	شكل سطح التربة
Soil cracking	تشققات التربة
Tillage practices	عمليات الحراثة
Method of application (e.g., Basin vs. Furrow)	طريقة الاضافة
Water temperature	درجة حرارة الماء

Cumulative Infiltration Depth vs. Time For Different Soil Textures

زمن تجمع عمق الرشح لترب مختلفة



Infiltration Rate vs. Time
For Different Soil Textures



د. عاصم ناصر المنصور - نظم ري وبزل

Figure 2.9. Infiltration rate vs. opportunity time.

Water Infiltration Rates and Soil Texture

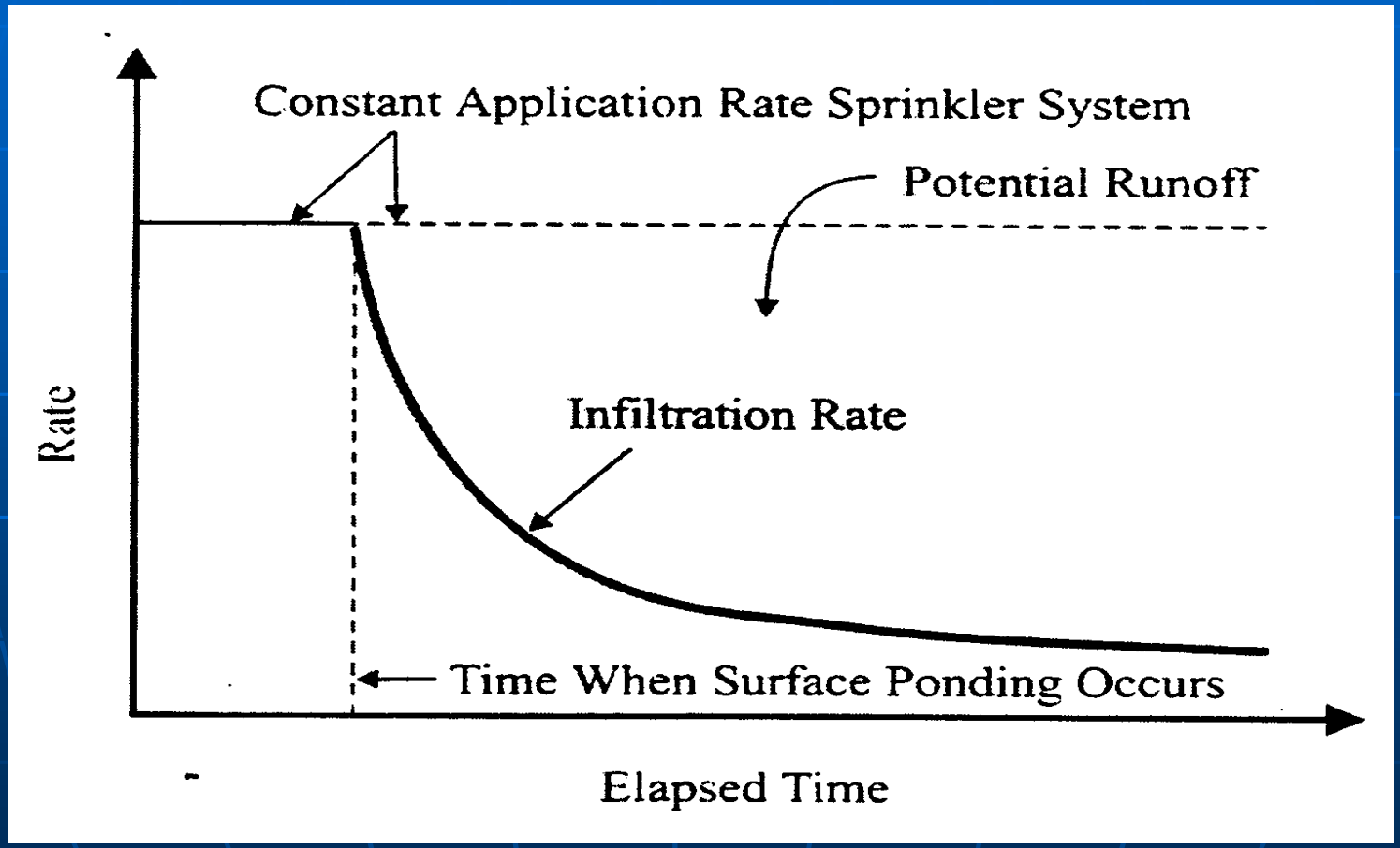
معدل رشح الماء ونسجة التربة

Table 2.4. Basic infiltration rates for stationary sprinkler systems. (Adapted from Pair, 1983.)

Soil Texture	Minimal Surface Sealing	Some Surface Sealing
	in/h	in/h
Coarse sand	0.75-1.00	0.40-0.65
Fine sand	0.50-0.75	0.25-0.50
Fine sandy loam	0.35-0.50	0.15-0.30
Silt loam	0.25-0.40	0.13-0.28
Clay loam	0.10-0.30	0.05-0.25

Soil Infiltration Rate vs. Constant Irrigation Application Rate

معدل رشح الماء في التربة مقارنةً بمعدل اضافة مياه الري.



Depth of Penetration

عمق الاختراق

عندما تُضاف مياه الري إلى سطح التربة، فإنها تبدأ بالتسرب تدريجيًا نحو الأسفل نتيجة للجاذبية وتفاعلها مع المسامات الموجودة في التربة.
عمق الاختراق: هو المسافة العمودية (بالسنتيمتر أو المتر) التي يتحرك خلالها الماء داخل التربة حتى يتوقف أو يصل إلى حد معين من الرطوبة.

- Can be viewed as sequentially filling the soil profile in layers
- Deep percolation: water penetrating deeper than the bottom of the root zone
- Leaching: transport of chemicals from the root zone due to deep percolation

- ممكن نستعرض بالتعاقب املاء التربة في الطبقات
- الرشح العميق : اختراق الماء تحت منطقة الجذور الفعالة للنبات
- الغسيل : نقل المواد الكيميائية من منطقة الجذور بواسطة الرشح العميق

أهمية عمق الاختراق Depth of Penetration

1. لتقييم كفاءة الري:

* يجب أن يكون عمق الاختراق مساويًا أو قريبًا من عمق انتشار الجذور للنبات حتى تستفيد الجذور من الماء.

* إذا كان العمق أقل من عمق الجذور → لا تصل الرطوبة الكافية إلى الجذور العميقة.

* إذا كان أكبر من عمق الجذور → يحدث فقد للماء بالتسرب العميق (Deep Percolation Loss).

2. لتحديد فترات وكمية الري المناسبة:

من خلال معرفة عمق الاختراق يمكن حساب كمية الماء المطلوبة لتبليل منطقة الجذور بالكامل دون إسراف.

3. لتقييم خصائص التربة:

* التربة الرملية يكون فيها عمق الاختراق كبير بسبب المسامية العالية.

* التربة الطينية يكون فيها عمق الاختراق صغير بسبب المسامية الدقيقة وضعف النفاذية.

مثال تطبيقي:
إذا كانت جذور النخيل تمتد حتى عمق 1.2 م، وعمق الاختراق بعد الري كان 0.6 م فقط، فهذا يعني أن نصف منطقة الجذور فقط قد تشبعت بالماء، ويحتاج المزارع إلى زيادة زمن أو كمية الري لتحقيق ترطيب كافٍ.

Soil Water Measurement
طرق قياس ماء التربة

- Gravimetric
  - Measures mass water content (θ_m)
  - Take field samples → weigh → oven dry → weigh
  - Advantages: accurate; Multiple locations
  - Disadvantages: labor; Time delay

الطريقة الوزنية

يقيس محتوى الماء بالكتلة ((θ_m

أخذ عينات ميدانية وزنها و تجفيفها بالفرن ووزنها

المزايا: دقة عالية؛ مواقع متعددة

العيوب: جهد بشري؛ تأخير في الوقت

- Feel and appearance
  - Take field samples and feel them by hand
  - Advantages: low cost; Multiple locations
  - Disadvantages: experience required; Not highly accurate

طريقة معرفة الرطوبة باللمس والمظهر الخارجي

أخذ عينات ميدانية وفحصها يدويًا

المزايا: تكلفة منخفضة؛ مواقع متعددة

العيوب: خبرة عملية مطلوبة؛ دقة منخفضة

Soil Water Measurement

تشتت (أو إضعاف) النيوترونات – (Neutron Scattering Attenuation)

* الفكرة الأساسية:

تعتمد هذه الطريقة على قياس المحتوى المائي الحجمي للتربة (θv) من خلال إضعاف النيوترونات السريعة عند اصطدامها بذرات الهيدروجين الموجودة في الماء داخل التربة.

كلما زادت كمية الماء، زاد امتصاص النيوترونات، وبالتالي يمكن تقدير كمية الرطوبة.

* المميزات:

1. يمكنها قياس حجم كبير من التربة حول الجهاز (مجال واسع نسبيًا).
2. يمكن إعادة القياس في نفس الموقع وعلى أعماق مختلفة بسهولة.
3. دقة عالية في القياس.

* العيوب:

1. ارتفاع كلفة الجهاز.
2. يحتاج إلى ترخيص إشعاعي وإجراءات أمان صارمة لأنه يستخدم مصدرًا مشعًا.
3. غير دقيق في الطبقات القريبة من سطح التربة (القياسات السطحية).

Soil Water Measurement

ثابت العزل الكهربائي Dielectric Constant

* المبدأ:

الثابت العازل للتربة (أي قدرتها على تخزين الشحنات الكهربائية) يتغير بتغير محتواها من الماء.

لذلك يمكن تقدير رطوبة التربة من خلال قياس هذا الثابت.

الطرائق المعتمدة على الثابت العازل:

1. الانعكاس في المجال الزمني (TDR – Time Domain Reflectometry):

يقيس الزمن الذي تستغرقه موجة كهربائية للانعكاس عبر مسبار في التربة، وهذا الزمن يعتمد على محتوى الماء.

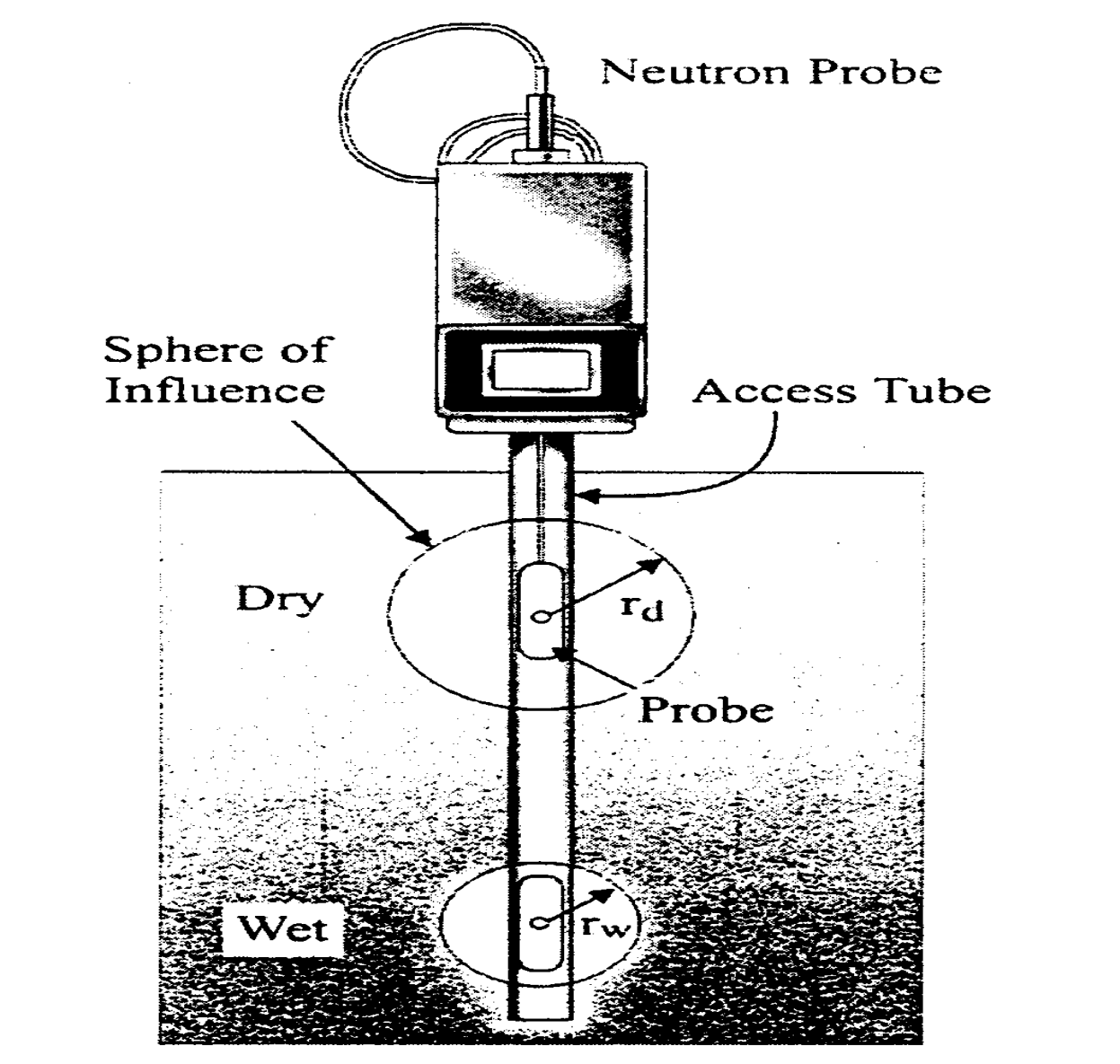
2. الانعكاس في المجال الترددي (FDR – Frequency Domain Reflectometry):

يقيس التغير في التردد أو السعة الكهربائية نتيجة تغير رطوبة التربة.

* الاستخدام:

هذه الأجهزة تُستخدم بشكل رئيسي في الأبحاث العلمية في الوقت الحالي، نظرًا لكلفتها العالية وحاجتها إلى معايرة دقيقة.

Soil Water Measurement
Neutron Attenuation



Soil Water Measurement

طرق قياس الجهد المائي في التربة (Soil Water Potential)

هذه الأجهزة لا تقيس كمية الماء مباشرة، بل تقيس مدى صعوبة حصول النبات على الماء، أي ما يُعرف بـ جهد الماء أو الشد المائي (Soil Water Tension / Potential)

1 ◆. أجهزة التنشومتر (Tensiometers)

* الوظيفة: تقيس الجهد المائي للتربة (التوتر أو الشد الذي تمسك به التربة الماء).

* نطاق التشغيل العملي: من 0 إلى 0.75 بار تقريبًا.

أي أنها تعمل بدقة فقط في حالة الترب الرطبة إلى المتوسطة الرطوبة.

* القيود: غير مناسبة للترب المتوسطة أو الدقيقة القوام (مثل الطينية) لأن شد الماء فيها يكون أعلى من مدى قياس الجهاز.

Tensiometer for Measuring Soil Water Potential

2 ◆ . كتل المقاومة الكهربائية (Electrical Resistance Blocks)

* الوظيفة: تقيس أيضًا الجهد المائي للتربة.

* طريقة العمل: تعتمد على قياس المقاومة الكهربائية بين إلكترودين داخل كتلة مسامية مدفونة في التربة؛ كلما قلت الرطوبة، زادت المقاومة.

* الخصائص:

تعمل بشكل أفضل عند الشد العالي (أي عندما تكون التربة جافة نسبيًا)، أي في مستويات رطوبة منخفضة

3 ◆ . كتل التبديد الحراري (Thermal Dissipation Blocks)

* الوظيفة: تقيس الجهد المائي للتربة أيضًا.

* المبدأ: تعتمد على قياس التغير في درجة الحرارة بعد تسخين الكتلة بشكل مؤقت؛ هذا التغير يتأثر بمحتوى الرطوبة.

* المتطلبات:

تحتاج إلى معايرة فردية لكل حساس أو كتلة للحصول على نتائج دقيقة، لأن استجابة كل وحدة تختلف قليلًا.

Electrical Resistance Blocks & Meters

📄الملخص العلمي:

الجهاز	ما يقيسه	أفضل نطاق عمل	الملاحظات
Tensiometer	الجهد المائي (0–0.75 بار)	ترب رطبة إلى متوسطة	دقيق وسهل الاستخدام لكن محدود النطاق
Electrical Resistance Block	الجهد المائي	ترب جافة نسبيًا	رخيص نسبيًا لكن يحتاج معايرة
Thermal Dissipation Block	الجهد المائي	ترب جافة إلى متوسطة	دقيق لكن يحتاج معايرة فردية

2- نوعية مياه الري والمعايير المعتمدة في تقيم مياه الري

الأهداف

1. التعرف على مفهوم نوعية مياه الري وأهميتها في الزراعة.
2. توضيح الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الري.
3. بيان المعايير الدولية والمحلية لتقييم صلاحية مياه الري.
4. فهم تأثير الملوحة والعناصر السامة على نمو النباتات وإنتاجيتها.
5. تطبيق مفاهيم التقييم على أمثلة من المياه السطحية والجوفية في العراق.

المقدمة

تعتمد كفاءة الري وإنتاجية المحاصيل الزراعية بدرجة كبيرة على نوعية مياه الري.

فحتى مع وفرة المياه، فإن سوء نوعيتها يؤدي إلى تدهور التربة، انخفاض الإنتاجية، وزيادة الملوحة.

ولذلك، من الضروري تقييم مياه الري قبل استعمالها لتحديد مدى ملاءمتها للمحاصيل والتربة.

أولًا: مفهوم نوعية مياه الري (Water Quality for Irrigation)

نوعية مياه الري هي مجموع الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي تحدد مدى صلاحية المياه للاستخدام الزراعي دون التأثير السلبي على التربة أو النبات أو البيئة.

ثانيًا: الخصائص الفيزيائية لمياه الري

1. العكارة (Turbidity):

* ناتجة عن وجود مواد عالقة (طين، رمل، مواد عضوية).

* تؤثر في انسداد المرشحات في أنظمة الري الحديث (كالري بالتنقيط).

2. درجة الحرارة (Temperature):

* تؤثر على ذوبان الأوكسجين في الماء وعلى النشاط الحيوي في التربة.

* المياه الدافئة تزيد التبخر وقد تؤثر على نمو النبات.

3. اللون والرائحة:

* تشير إلى تلوث عضوي أو كيميائي محتمل.

ثالثًا: الخصائص الكيميائية لمياه الري

1. الملوحة الكلية (Total Salinity):

* تقاس عادة بالتوصيل الكهربائي (EC).

* وحدة القياس: ديسيمنز/متر (dS/m).

* العلاقة: كلما زاد EC زادت الملوحة وصعوبة امتصاص النبات للماء.

تصنيف المياه حسب EC	المدى (dS/m)	الملاحظة
ممتازة	< 0.7	صالحة لجميع المحاصيل
جيدة	0.7 – 3.0	للمحاصيل المتحملة
متوسطة	3 – 7	تحتاج غسيل جيد للتربة
رديئة	> 7	غير صالحة إلا في ظروف خاصة

2. تركيز الصوديوم (Na^+) ونسبة امتزاز الصوديوم (SAR):

* كلما زاد SARزادت خطورة تدهور بنية التربة بسبب تفكك الحبيبات.

تصنيف الماء حسب SAR	القيم	الخطورة
منخفضة	< 10	آمنة لمعظم الترب
متوسطة	10 – 18	تتطلب صرف جيد
عالية	> 18	خطر على التربة والمزروعات

3. نسبة الصوديوم المئوية (Na%):

* يجب أن لا تتجاوز 60% للمياه الجيدة.

4. البيكاربونات والكربونات (HCO_3^- , CO_3^{2-}):

* تركيزها العالي يسبب ترسيب الكالسيوم والمغنيسيوم.
* يزيد خطر قلوية التربة.

5. البورون (B):

* عنصر سام عند تراكيز عالية.
* الحد الآمن لمعظم المحاصيل: 0.7 – 1.0 mg/L.

6. العناصر السامة الأخرى:

* الكلوريد (Cl^-)، الكبريتات (SO_4^{2-})، النيتريت (NO_2^-).
* بعض العناصر الدقيقة كـ Zn، Cu، Mn تصبح سامة عند التراكيز العالية.

رابعًا: المعايير الدولية لتقييم مياه الري

الجهة	أهم المعايير
FAO (1985)	التوصيل الكهربائي، SAR، تركيز البورون
USSL (الولايات المتحدة)	تصنيف المياه حسب EC وSAR في مخطط Wilcox
WHO	الحدود المسموح بها للعناصر السامة
Iraqi Standards (العراقية)	تستند إلى FAO مع تعديل طفيف للظروف المحلية

خامسًا: تصنيف Wilcox لمياه الري

يستخدم العلاقة بين EC ونسبة الصوديوم (Na%) لتصنيف المياه إلى:

* ممتازة (Excellent)
* جيدة (Good)
* متوسطة (Permissible)
* رديئة (Doubtful)
* غير صالحة (Unsuitable)

سادسًا: تأثير نوعية المياه على المحاصيل والتربة

* المياه المالحة: تسبب إجهادًا أسموزيًا يقلل امتصاص الماء.
* ارتفاع Na^+: يؤدي إلى تشتت التربة وضعف نفاذيتها.
* ارتفاع HCO_3^-: يرفع pH ويقلل ذوبان الكالسيوم.
* العناصر السامة: تسبب اصفرار الأوراق، قلة الإنتاج، وموت النبات.

سابعًا: طرق تحسين نوعية المياه

1. الخلط بالمياه العذبة.
2. التحلية أو الغسيل الدوري للتربة.
3. تحسين الصرف الزراعي.
4. اختيار محاصيل متحملة للملوحة.
5. استخدام إضافات مثل الجبس الزراعي ($CaSO_4$).

ثامنًا: أمثلة تطبيقية من الواقع العراقي

* مياه نهر الفرات: ملوحتها تزداد باتجاه الجنوب (EC ≈ 1.5–3.5 dS/m).
* المياه الجوفية في البصرة والناصرية: غالبًا متوسطة إلى عالية الملوحة (EC > 4 dS/m).
* مياه شط العرب: تأثرت بالمدّ الملحي وزادت ملوحتها في السنوات الأخيرة إلى أكثر من 7 dS/m.

أسئلة للمناقشة

1. ما العلاقة بين التوصيل الكهربائي والملوحة الكلية؟
2. كيف يمكن تقليل أثر المياه المالحة في التربة الزراعية؟
3. ما تأثير ارتفاع SAR على نفاذية التربة؟
4. ما هو التصنيف الأنسب لمياه ذات EC = 2.5 وSAR = 8؟

شكراً لحسن الإصغاء