chapter one
Introduction

Irrigation : is define as :

The process of artificial application of water to the soil for growth of agricultural crop ; it is particularly the a science of planning and designing a water supply system for agricultural land to protect the crops from bad effect of drought or low rainfall.

The following structures are required for regular supply of water to the command area :

- the construction weir / Barrage
- dam / reservoir
- canal system

حوائط الري : امداد النبات بالرطوبة اللازمة لنموها وحمايتها من الجفاف وغسل التربة من الاملاح وتسهيل مرتتها كما ينال الري من تأثير الانجماد . كذلك يساعد في تغذية المياه الجوفية .

مضار الري : ارتفاع منسوب الماء الارضي (waterlogging) ، تكوين مناطق اصوار وزيادة رطوبة الجو ، فقدان التربة لمادة السماد ، كما يؤدي الى زيادة تقريبة التربة وانتاج غازات سامة وفقدان التربة لخصوبتها وتلوث المياه الجوفية .

ماء الري الجيد والتربة يكون عادة اكثر من احتياج النبات والتبخر والنتح . الماء الزائد عن حاجة النبات يكون مضر لنمو النباتات حيث ان ذلك الضرر لايقل تأثيراً عن الضرر الناتج من الجفاف . لذا لابد من ازالة الماء الزائد من التربة بعملية تدعى البزل (Drainage) .

Drainage :
is the natural or artificial removal of surface or subsurface water forom the soils to improve production.

للحفاظ على المحتوى الرطوبي الامثل في منطقة الجذر يكون ذلك عن طريق تجهيز التربة بالماء بعمليه الري خاصة للمناطق التي يقل فيها تجهيز الماء بصوره طبيعية (ماء المطر) اما العمليه التاليه هي الغسل وذلك لسحب الماء الزائد عن حاجه النبات من التربه. عمليتان العمليتان (الري والغسل) تساعد الطبيعة في الحصول على محتوى رطوبي امثل وبالتالي انتاج اعلى للمحاصيل الزراعيه.

Irrigation water resources

Surface water Irrigation

- مياه موجوده على سطح الارض او على اعماقه قريبه منه مصدرها مياه الامطار
- تجهيز المياه يكون بطريقة الـ Storage او Diversion

ground water Irrigation

مياه متجمعه خلال الطبقات المنفاذه الى باطن الارض فوق طبقة صماء مكونه خزانات جوفيه على اعماقه كبيره من سطح الارض

- تجهيز الماء يكون عن طريق حفر الآبار وزوده بمضخات لرفع الماء الى السطح

اختيار مصادر المياه لاي مشاريع ارواي يعتمد على عده عوامل منها

- Surface topography
- rainfall characteristic
- type of source available
- Subsoil profile

في بعض الاحيان يتم استخدام المصدرين اعلاه للحصول على افضل فائده عندئذ يدعى بـ Conjunctive use of surface & G.W.

Irrigation projects: mainly consist of hydraulic structures which collect, convey & deliver water to areas on which crops are grown. A large Irrigation project includes a large storage reservoir, a huge dam, hundreds of kilometres of canals, branches and distributaries, control structures and other works.

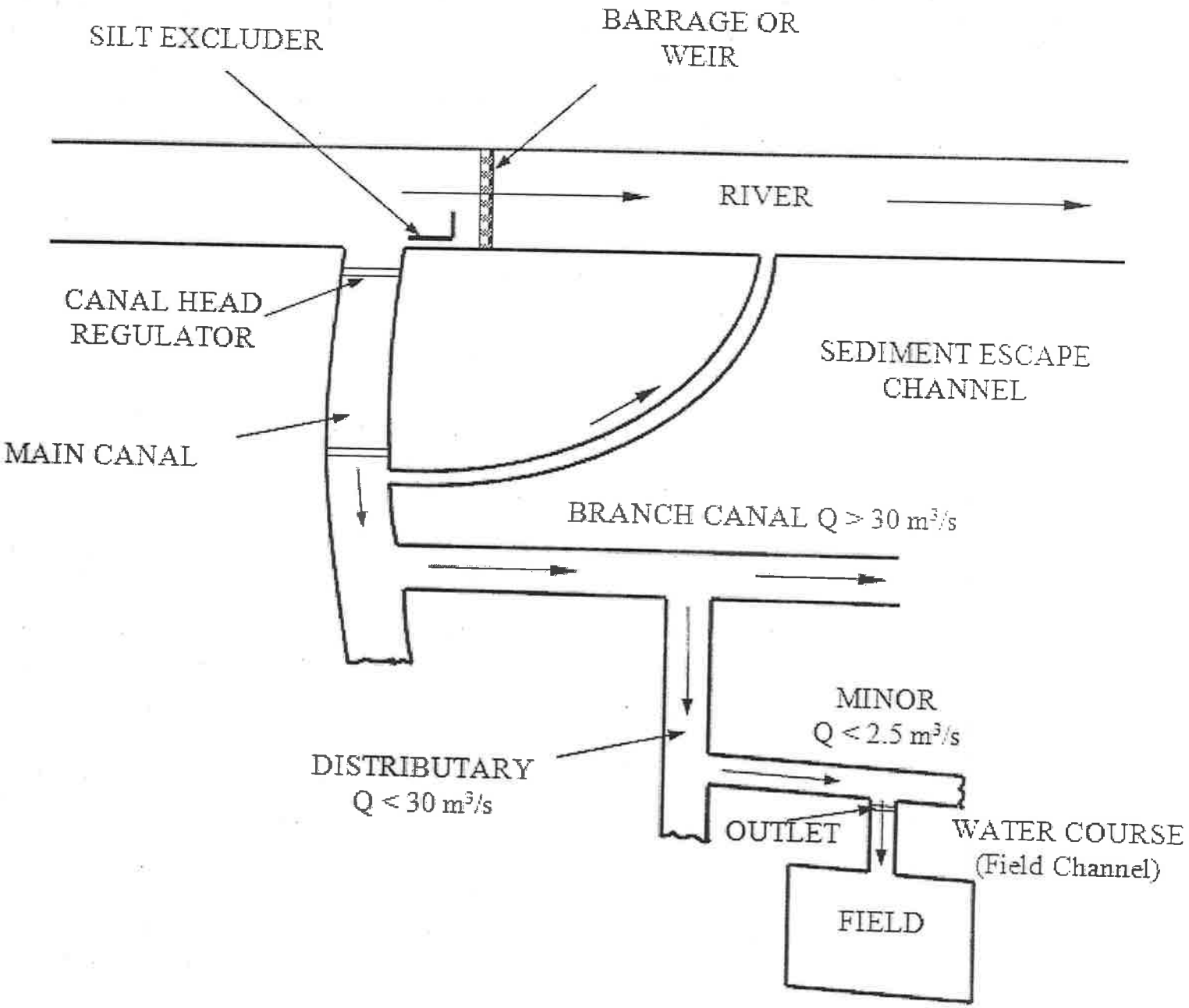


Fig: Layout of an irrigation canal network

Hydrologic cycle

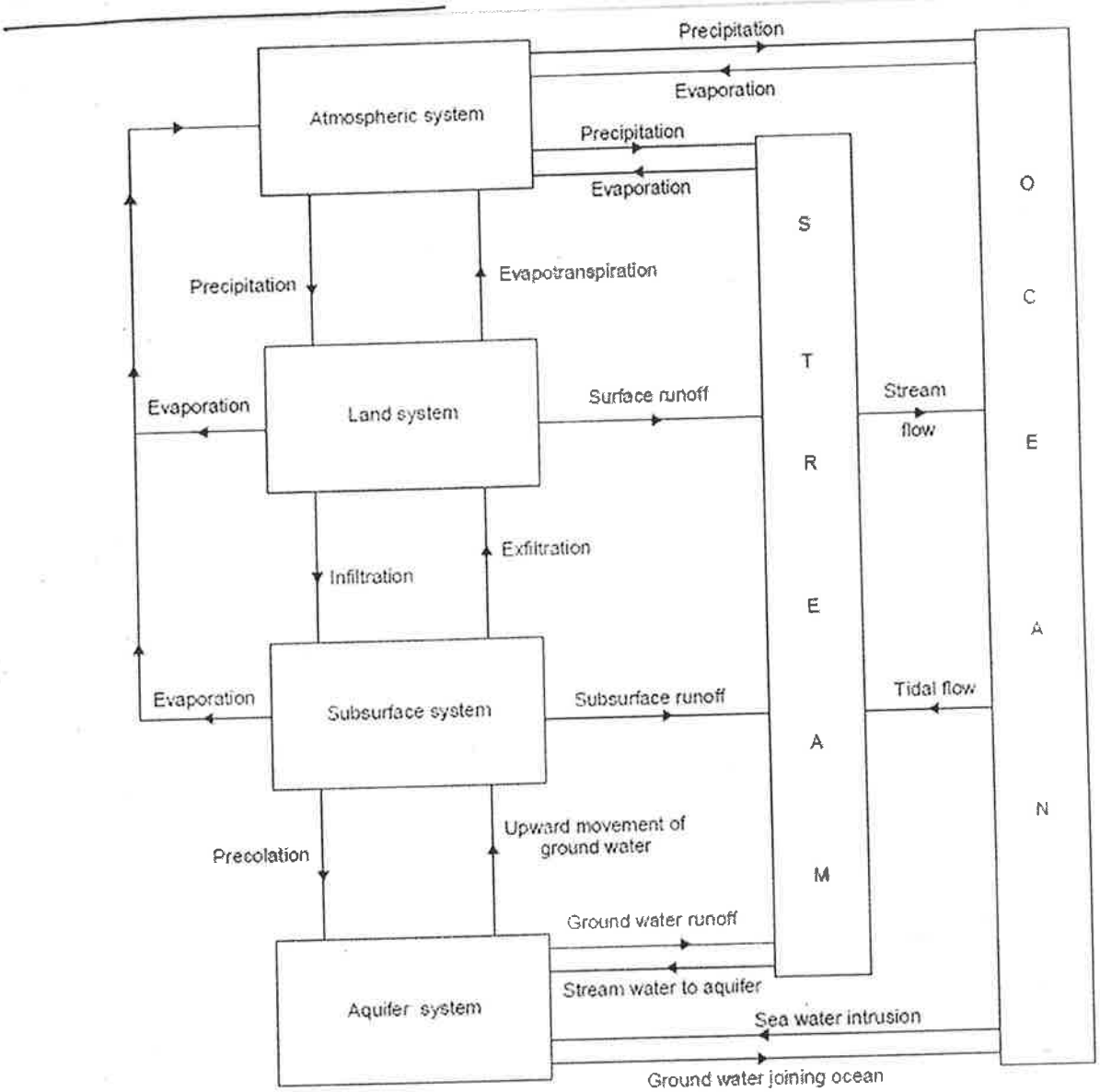


Fig.2.1 Hydrologic cycle

DOWNLOADED FROM annacivil.blogspot.in

3.4. SOIL–WATER RELATIONSHIPS

Any given volume V of soil (Fig. 3.1) consists of : (*i*) volume of solids V_s, (*ii*) volume of liquids (water) V_w, and (*iii*) volume of gas (air) V_a. Obviously, the volume of voids (or pore spaces) $V_v = V_w + V_a$. For a fully saturated soil sample, $V_a = 0$ and $V_v = V_w$. Likewise, for a completely dry specimen, $V_w = 0$ and $V_v = V_a$. The weight of air is considered zero compared to the weights of water and soil grains. The void ratio e, the porosity n, the volumetric moisture content w, and the saturation S are defined as

$$e = \frac{V_v}{V_s},\ n = \frac{V_v}{V},\ w = \frac{V_w}{V},\ S = \frac{V_w}{V_v}$$

Therefore, $w = Sn$ ...(3.1)

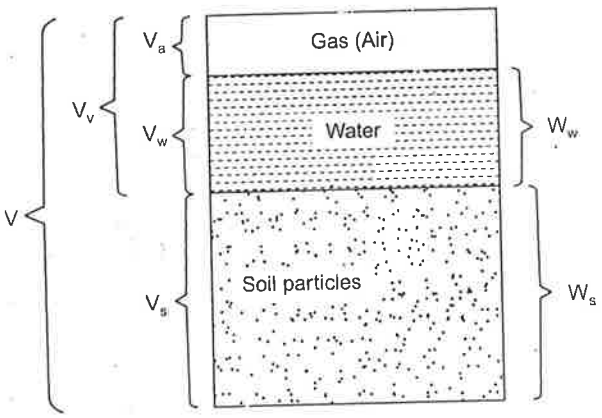


Fig. 3.1. Occupation of space in a soil sample

It should be noted that the value of porosity n is always less than 1.0. But, the value of void ratio e may be less, equal to, or greater than 1.0.

Further, if the weight of water in a wet soil sample is W_w and the dry weight of the sample is W_s, then the dry weight moisture fraction, W is expressed as (2)

$$W = \frac{W_w}{W_s} \qquad (3.2)$$

The bulk density (or the bulk specific weight or the bulk unit weight) γ_b of a soil mass is the total weight of the soil (including water) per unit bulk volume, *i.e.*,

$$\gamma_b = \frac{W_T}{V}$$

in which, $W_T = W_s + W_w$

The specific weight (or the unit weight) of the solid particles is the ratio of dry weight of the soil particles W_s to the volume of the soil particles V_s, *i.e.*, W_s/V_s. Thus,

$$G_b\,\gamma_w = \frac{W_s}{V} \qquad \text{i.e., } V = \frac{W_s}{G_b\,\gamma_w}$$

DOWNLOADED FROM annacivil.blogspot.in

and $$G_s \gamma_w = \frac{W_s}{V_s} \quad i.e., \quad V_s = \frac{W_s}{G_s \gamma_w}$$

$$\therefore \quad \frac{V_s}{V} = \frac{G_b}{G_s} \tag{3.3}$$

Here, γ_w is the unit weight of water and G_b and G_s are, respectively, the bulk specific gravity of soil and the relative density of soil grains. Further,

$$1 - n = 1 - \frac{V_v}{V} = \frac{V - V_v}{V} = \frac{V_s}{V} = \frac{G_b}{G_s}$$

$$\therefore \quad G_b = G_s(1 - n) \tag{3.4}$$

Also, $$w = \frac{V_w}{V} = \frac{W_w / \gamma_w}{W_s / (G_b \gamma_w)} = G_b \frac{W_w}{W_s}$$

$$\therefore \quad w = G_b W \tag{3.5}$$

and $$w = G_s(1 - n)W$$

Considering a soil of root-zone depth d and surface area A (*i.e.*, bulk volume = Ad),

$$W_s = V_s G_s \gamma_w = Ad\,(1 - n)\,G_s \gamma_w$$

Therefore, the dry weight moisture fraction, $W = \frac{W_w}{W_s}$

$$= \frac{V_w \gamma_w}{Ad\,(1 - n)\,G_s \gamma_w}$$

Therefore, the volume of water in the root-zone soil,

$$V_w = W\,Ad\,(1 - n)\,G_s \tag{3.6}$$

This volume of water can also be expressed in terms of depth of water which would be obtained when this volume of water is spread over the soil surface area A.

$\therefore$ Depth of water, $$d_w = \frac{V_w}{A}$$

$$d_w = G_s\,(1 - n)\,Wd \tag{3.7}$$

or $$d_w = w\,d \tag{3.8}$$

Example 3.1 If the water content of a certain saturated soil sample is 22 per cent and the specific gravity is 2.65, determine the saturated unit weight γ_{sat}, dry unit weight γ_d, porosity n and void ratio e.

Solution:

$$W = \frac{W_w}{W_s} = 0.22$$

and $$G_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_w} = 2.65$$

$$W_s = 2.65\,\gamma_w\,V_s$$

and $$WW_s = W_w$$

$$= 0.22 \times 2.65\,\gamma_w V_s$$

DOWNLOADED FROM annacivil.blogspot.in

Moist unit weight, $\gamma = \frac{0.55}{35} = 0.016 \text{ N/m}^3$

Dry unit weight, $\gamma_d = \frac{0.50}{35} = 0.014 \text{ N/m}^3$.

Example 3.3 A moist soil sample has a volume of 484 cm^3 in the natural state and a weight of 7.94N. The dry weight of the soil is 7.36 N and the relative density of the soil particles is 2.65. Determine the porosity, soil moisture content, volumetric moisture content, and degree of saturation.

Solution:

$$G_b = \frac{7.36}{484 \times 10^{-6} \times 9810} = 1.55$$

The porosity, $n = 1 - \frac{G_b}{G_s}$

$$= 1 - \frac{1.55}{2.65} = 0.415 = 41.5\%$$

The soil moisture fraction,

$$W = \frac{7.94 - 7.36}{7.36} = 0.0788 = 7.88\%$$

The volumetric moisture content,

$$G_b W = 1.55\ (0.0788)$$
$$= 12.214\%$$

Degree of saturation, $S = \frac{w}{n} = \frac{12.214}{41.5} = 0.2943 = 29.43\%$

3.5. ROOT-ZONE SOIL WATER

Water serves the following useful functions in the process of plant growth:

(*i*) Germination of seeds,

(*ii*) All chemical reactions,

(*iii*) All biological processes,

(*iv*) Absorption of plant nutrients through their aqueous solution,

(*v*) Temperature control,

(*vi*) Tillage operations, and

(*vii*) Washing out or dilution of salts.

Crop growth (or yield) is directly affected by the soil moisture content in the root zone. The root zone is defined as the volume of soil or fractured rock occupied or occupiable by roots of the plants from which plants can extract water (3). Both excessive water (which results in waterlogging) and deficient water in the root-zone soil retard crop growth and reduce the crop yield.

Soil water can be divided into three categories:

(*i*) Gravity (or gravitational or free) water,

(*ii*) Capillary water, and

(*iii*) Hygroscopic water.

DOWNLOADED FROM annacivil.blogspot.in

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w} = 0.22 \times 2.65 \times V_s = 0.583\ V_s$$

Total volume $V = V_s + V_w$ (as $V_a = 0$ since the sample is saturated)

$$= V_s (1 + 0.583)$$

$$= 1.583\ V_s$$

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{0.583\ V_s}{1.583\ V_s} = 36.8\%$$

(since $V_v = V_w$ as the soil sample is saturated)

and $$e = \frac{V_v}{V_s} = 0.583 = 58.3\%$$

and total weight $W = W_w + W_s$

$$= 0.22 \times 2.65 \times \gamma_w V_s + 2.65\ \gamma_w V_s$$

$$= 3.233\ \gamma_w V_s$$

$$\gamma_{sat} = \frac{W}{V} = \frac{3.233\ \gamma_w V_s}{1.583\ V_s}$$

$$= 20.032\ \text{kN/m}^3 \quad (\text{since } \gamma_w = 9810\ \text{N/m}^3)$$

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{2.65\ \gamma_w V_s}{1.583\ V_s}$$

$$= 16.422\ \text{kN/m}^3.$$

Example 3.2 A moist clay sample weighs 0.55 N. Its volume is 35 cm^3. After drying in an oven for 24 hours, it weights 0.50 N. Assuming specific gravity of clay as 2.65, compute the porosity n, degree of saturation S, original moist unit weight, and dry unit weight.

Solution:

$$W_T = 0.55\ \text{N}$$

$$W_s = 0.50\ \text{N}$$

$$W_w = 0.05\ \text{N}$$

$$V_s = \frac{W_s}{\gamma_s} = \frac{0.5}{2.65 \times 9810}$$

$$= 1.923 \times 10^{-5}\ \text{m}^3 = 19.23\ \text{cm}^3$$

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w} = \frac{0.05}{9810}$$

$$= 5.1 \times 10^{-6}\ \text{m}^3 = 5.10\ \text{cm}^3$$

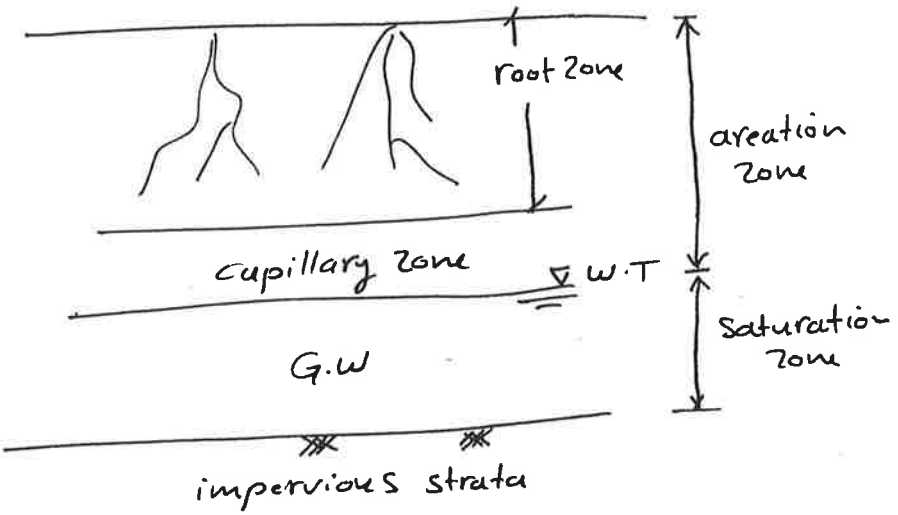
$$V_v = V - V_s = 35 - 19.23$$

$$= 15.77\ \text{cm}^3$$

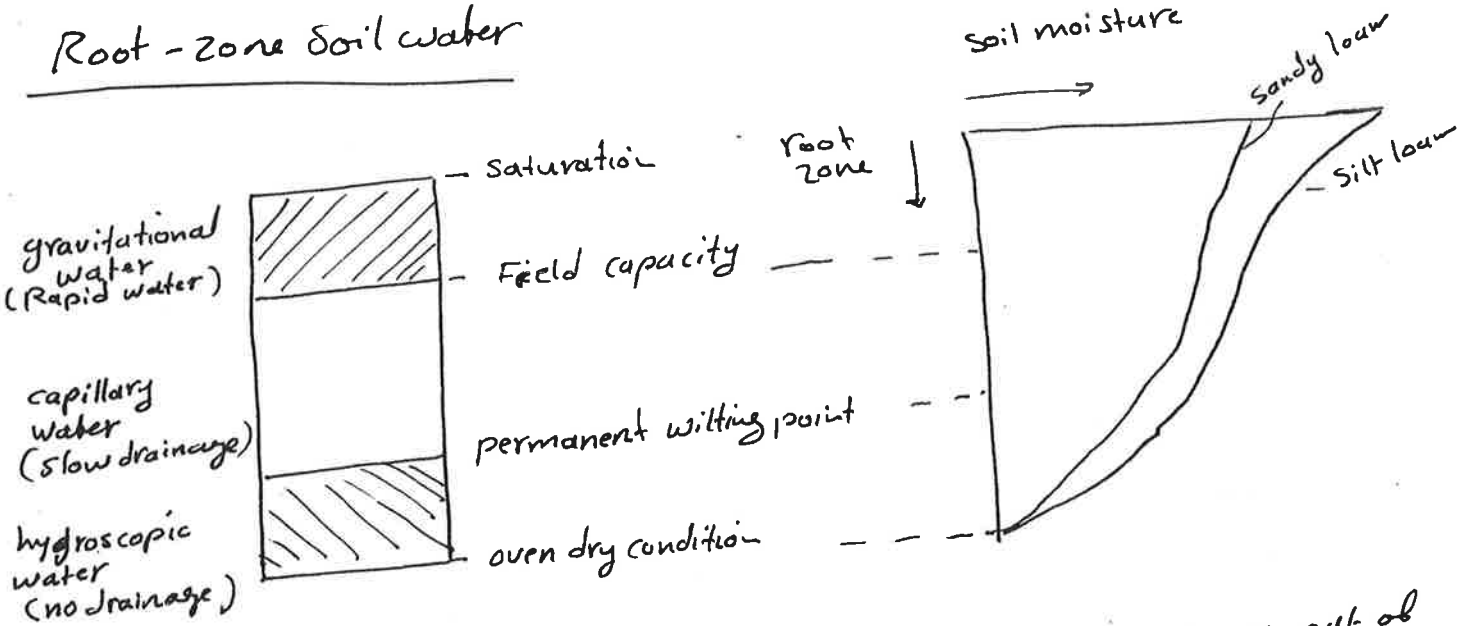
Porosity, $$n = \frac{V_v}{V} = \frac{15.77}{35} = 45.06\%$$

Degree of saturation, $$S = \frac{V_w}{V_v} = \frac{5.10}{15.77} = 32.34\%$$

Subsurface water
- Zone of aeration
- Zone of saturation



Root-zone soil water



Gravitational water : the water that moves into, through or out of the soil by gravity

Capillary water : is the water that remaines in the soil after the gravitational water drains ; it permits plants to servive through periods of drought.

hygroscopic water : is the water held very tightly by the soil particles so that it is unavailable to the plant.

Field capacity : is the amount of soil moisture or water content held in the soil after excess water (gravitational water) drained away and the rate of downward movement has decreased. this usually takes place after 2-3 days after irrigation depending on texture & stracture of soil.

هي كمية الرطوبة التي يحتفظ بها التربة بعد التخلص من المياه الزائدة (مياه الجاذبية الارضية) اي بعد ان تتوقف حركة المياه الى اسفل بفعل الجاذبية حيث يقل المحتوى الرطوبي الى السعة الحقلية بعد ٢-٣ ايام من الارواء وهو خاصية التربة .

permanent wilting point : is the moisture content beyond which, plants can no longer extract enough moisture and remains wilted unless water is added to the soil.

هي كمية الرطوبة التي عندها يميل النبات الى حالة الذبول ولم يتم اضافة الماء مجدداً الى التربة حيث يتعذر على النبات امتصاص هذه الرطوبة .

Available water (capillary water) : (AW)

هي الرطوبة المتوفرة للنبات

$$AW = F.C - P.W.P$$

Readily available water (RAW) ماء ميسر : is the water which can be removed from the soil with minimal energy required.

$$RAW \approx 50\% AW$$

بالرغم من ان AW يعتبر ماء ميسر (متقابل للامتصاص او متوفر) من قبل النبات الا ان RAW تحتاج بذل له من قبل النبات بدون جهد حيث ما بعد RAW تحتاج الى جهد اكبر وكلما اقتربنا من PWP كلما زاد جهد النبات لامتصاص الماء .

$$RAW = \% AW$$

Allowable depletion (AD) : is the term of what is the allowable amount of water that can be withdrawn from the soil between irrigation events without stressing the crop.

هي استنزاف الرطوبة للدرجة المسموح بها لكي يبقى داعماً حزين من المياه تحتاج النبات اليه في فترات التقطع او الصيانة الخ .

$$RAW = AD \times AW$$

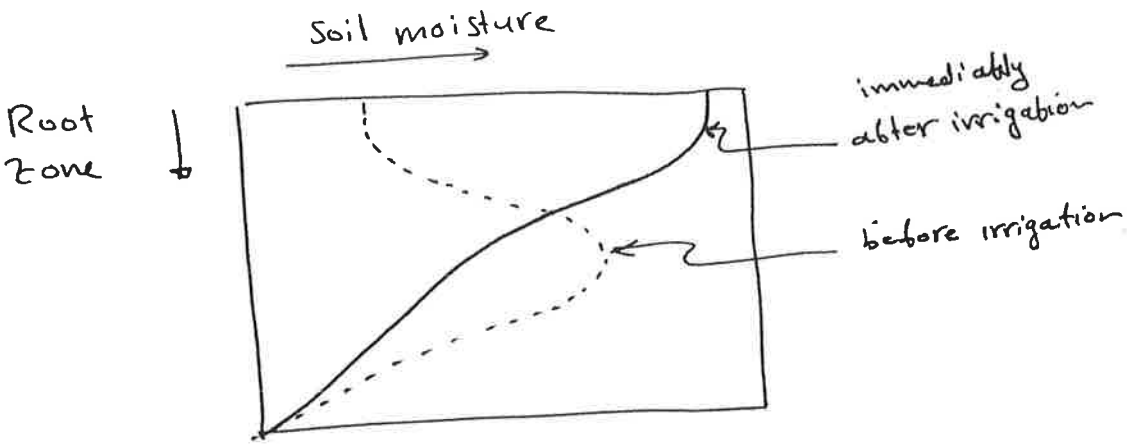
تتراوح AD (40-60)% حسب الماء المتوفر

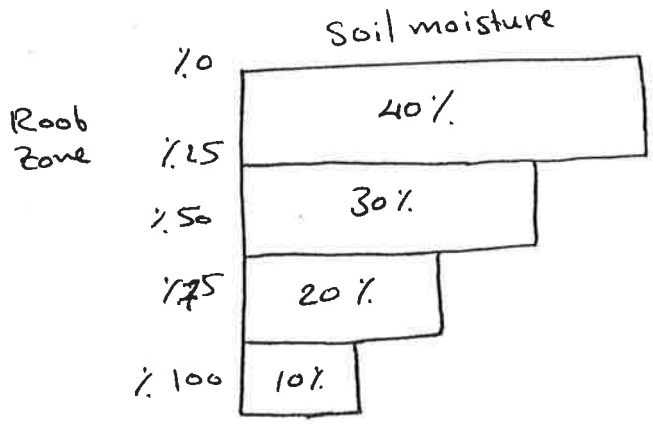
Soil moisture deficit (SMD): the amount of water needed to bring the soil moisture back to field capacity

الازمة بين المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية و المحتوى الرطوبي الابتدائي (الذي يحيل اي قياس للمحتوى الرطوبي على السعة الحقلية)

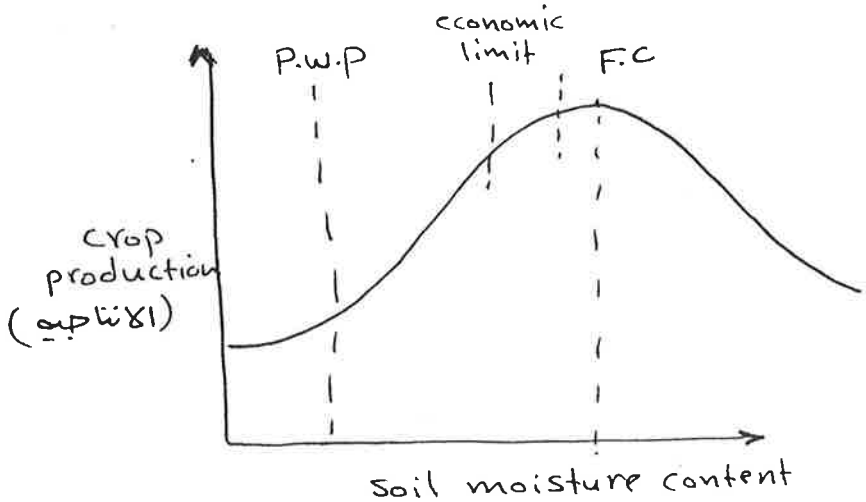
$$SMD_{max} = RAW \quad (SMD \leq RAW)$$

if SMD = 0 then the water content is at F.C





التوزيع الرطوبي بعد السقي مباشرة



العلاقة طردية لكن بزيادة المحتوى الرطوبي تقل الانتاجية عند حد معين حيث تغلق المسامات

Ex/ A layered soil has the following :

Top layer : F.C = 40 %

P.W.P = 18 %

Depth of soil = 50 cm

initial water content = 26 % by vol. , AD = 35 %

bottom layer : F.C = 38 %

P.W.P = 20 %

D = 60 cm

actual water content = 30 % by vol. , AD = 55 %

Find the required depth of irrigation dn.

Sol.

top layer : $SMD = (F.C - \text{initial content})$

$= \left(\frac{40-26}{100}\right) 50 * 100 = 70 \text{ mm}$

$RAW = (W_{F.C} - W_{P.W.P})\, AD$

$= \left(\frac{40-18}{100}\right) * 50 * 10 * 0.35 = 38.5 \text{ mm}$

$SMD > RAW$ معناها ان السعة كانت صغيرة وتجاوز السحب الى الخزين الداخلي

Bottom layer

$SMD = \left(\frac{38-30}{100}\right) * 60 * 10 = 48 \text{ mm}$

$RAW = \left(\frac{38-20}{100}\right) * 60 * 10 * 0.55 = 59.4$

SMD should be $<$ RAW ∴ o.k

$dn = 70 + 48 = 118 \text{ mm} < SMD$

$dn_{max} = 38.5 + 59.4 = 97.9$

Irrigation Interval (II) فاصله الري و Water application depth كمية الارواء

ادارة اعمال الري مبنية على رقمين اساسيين :

١- توقيت الري (تحديد دورة الري)

٢- تحديد المياه في كل دورة ري (Irrigation Cycle)

تعتمد كمية الارواء في كل ري على تحديد الماء المتاح في التربة (عمق المنطقة الجذرية) Root Zone .

وعمق الارواء يحسب من

$$dn = RZ * AW * AD$$

Rz : Root zone depth (mm) ← يؤخذ من الجداول حسب نوع النبات المزروع

dn : net depth of irrigation (mm)

AW : available waber (%) [AW = F.C - F.W.P ← يؤخذ من الجداول حسب نوع التربة

AD : moisture depletion ratio in the root zone (%)

ويجب بأن يستنزف نسبة معينة من الرطوبة في المنطقة الجذرية لان استنزافها كاملا يؤدي الى تأثير سلبي على الانتاج ، وتتغير هذه النسبة حسب المحصول .

عمق المنطقة الجذرية لا يكون ثابتاً وانما يتغير ويزداد خلال موسم النمو ليصل الى حده الاقصى في مرحلة التزهير قبل مرحلة الاثمار (Fruiting stage) .

∴ فاصله الري (II) هي الفترة الزمنية بين كل ريتين متتاليتين وتعتمد على كمية عمق الارواء ومعدل الاستهلاك المائي للمحصول (وقت الذروة) .

$$II = \frac{dn}{Cu}$$

II : Irrigation Interval (day)

Cu : consumptive use (mm/day)

dn : net depth of irrigation (mm)

Irrigation frequency (تكرار الارواء) : وتعني تكرر الاداء في موسم نمو المحصول على مرحلة النمو ففي بداية الانبات يجب توفير ماء كثير لغرض الحصول على افضل نتائج ومع تقدم عمر المحصول (خلال النمو الخضري) تقل فاصلة الارواء اي يزداد تكرر الارواء لحين الوصول الى طور التزهير حيث تكون فاصلة الري اقل ما يمكن والتكرار على اقصاه. ثم تقل الحاجة الى الماء اثناء فترة الاثمار. يتم تصميم الري الحقلي على اساس فترة ذروة الاستهلاك المائي عندما يكون هناك حاجة الارواء عند اقصاه.

Efficiency , adequacy and uniformity of Irrigation
الكفاءة والكفاية وتناسق الارواء

١- كفاءة الارواء Efficiency of Irrigation (IE)

ان انظمة الري الحالية عاجزة عن الحيلولة دون حدوث ضائعات في التغلغل العميق وضائعات السيح السطحي وضائعات التبخر من انظمة الري بالرشة لهذه الاسباب فان كمية الري التي يجهزه نظام الري يجب ان يكون اعلى من حاجة كمية الارواء المطلوب في الحقل والذي يسمى عادة اعماق كمية الري (dg) (Gross depth of irrigation).

$$dg = dn + \text{Farm losses} + \text{متطلبات لغسل LR} - \text{Rainfall}$$

Farm losses: runoff losses (السيح), deep percolation (التغلغل)

متطلبات لغسل LR (Leaching requirement)

$$IE = \frac{dn}{dg}$$

dg: gross depth of irrigation (mm)

dn: net depth of irrigation (mm)

IE: Irrigation efficiency

ليكن حاجز عملياً متعرجة او مرض توزيع معين (منتظم او غير منتظم) يعبر عن اعماق الارتشاح مع المسافة او الساعة. ثم حساب معدل كمية الارتشاح المعين (العمق الضائع)

$$\bar{J} = \frac{\sum di\, li}{\sum li}$$

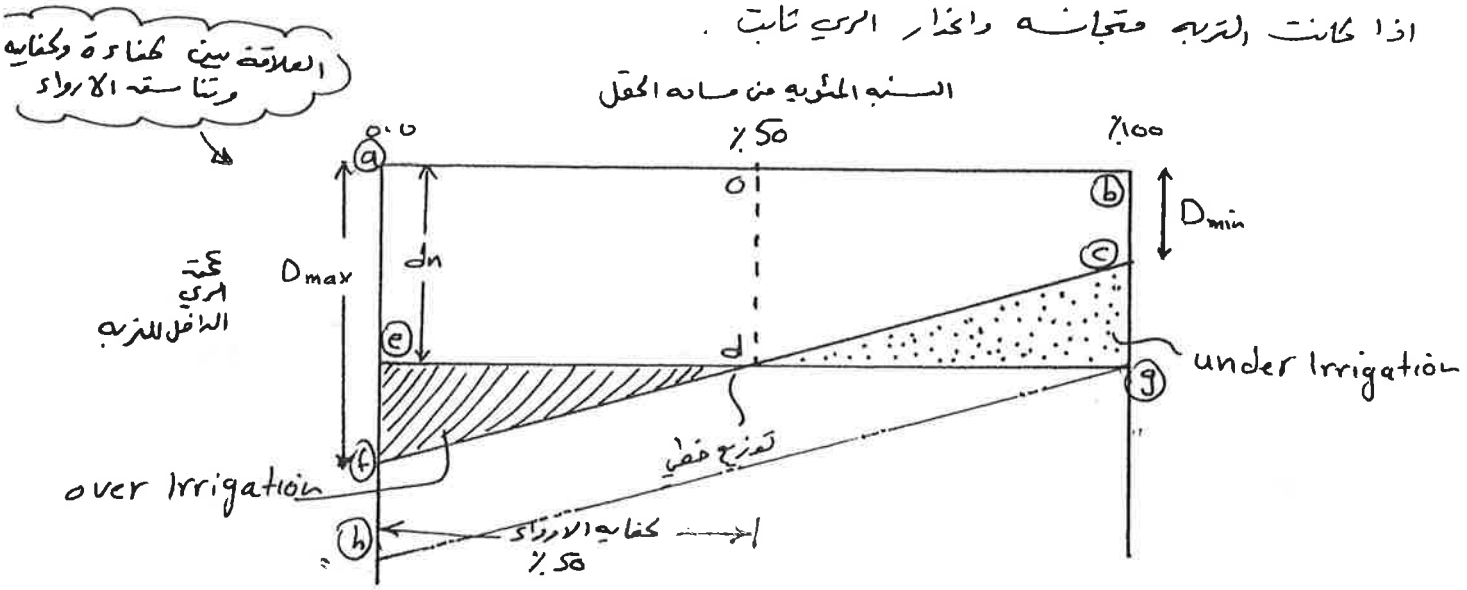
$Vol_{in} = Vol_{out}$ ⟸ وبوجود التعريف يمكن حساب العمق الاجمالي

$Q_{in} \times time = Area \times dg$

$$\Rightarrow E = \frac{\bar{J}}{dg}$$

مياه الري لاتتوزع بصوره متساويه على الحقل بل تجد في بداية الحقل ستكون هناك اعماقة ارتشاح اعظم مما في نهاية الحقل فاذا ما تم تجهيز المنطقة الجذرية بعمقة متساوياً لعمقة الري الصافي فأنه لحد ما سيأخذ نصف الحقل اعماقة ري اقل من صافي عمق الارواء وسيأخذ النصف الثاني اعماقة اكبر من عمق الارواء الصافي اي ان 50 ٪ من مساحة الحقل ستكون تحت ارواء (under Irrigation) و 50 ٪ من الحقل ستكون فرط ارواء (over irrigation) لاحظ الشكل

بصوره عامه يمكن التعبير عن مساحة الحقل بدلالة طول مقنن الري Irrigation run اذا كانت التربة متجانسه والمقنن الري ثابت .



تعتبر التوزيع الخطي لانه اقرب الى الواقع

od : تمثل عمق الري الصافي اما ميل الخط cf فتمثل درجة التناسق (uniformity) فكلما قل ميل الخط كان التناسق والانتظام افضل وقلت بذلك ضائعات التغلغل العميق المتمثلة بالمثلث edf وقلت كمية النقص في ماء الارواء المتمثل بالمثلث cdg .

الآن بما ان فرط الارواء ونقص الارواء يؤثران سلباً على انتاجية المحصول ولكن بصوره متفاوته فبات من الضروري تحديد كفاية الارواء التي توازن مابين قيمه وكلفة الماء و انتاجية المحصول

∴ كفاية الارواء : هي نسبه مساحه الحقل التي تحقق صافي عمق الارواء الى المساحه الكليه .
(طول) (طول)

كيفية زيادة كفاية الارواء (تسجل عادم كفاية الارواء المرغوبة تكون الحد من 50 ٪)

لغرض ضمان عمق ري صافي لكامل مساحة الحقل بغية الحصول على كفاية ري 100 ٪ يتم بزيادة عمق الارواء الداخل للتربة من af الى ah وسيكون توزيع الاعماقة هو hg موازياً الى cf (بقاء شكل توزيع الاعماقة ثابتا) لاحظ ان زيادة كفاية الارواء كان على حساب كفاءة الري لان الضائعات ستكون اكبر بالتغلغل العميق المتمثل بالمثلث egh

وليمكن اعاده العمليه ولكن بكفايه ارواء 75٪ بدلاً من 100٪ بنفس الطريقة .

يبقى السؤال القائم : هل ان زياده كفايه الارواء هذه اقتصاديه ؟

ازدادت الى زياده الانتاج ولكن تكلفه الارواء ايضاً ارتفعت بسبب ندرة المياه

تزداد اهميه الجواب على هذا السؤال عندما تكون مياه الري شحيحة ولذا طورت الدراسات في هذا الميدان حيث ظهر ما يدعى بالري الناقص (Deficit Irrigation) بهدف الحصول على اعلى انتاج ممكن لكل وحده ماء ري .

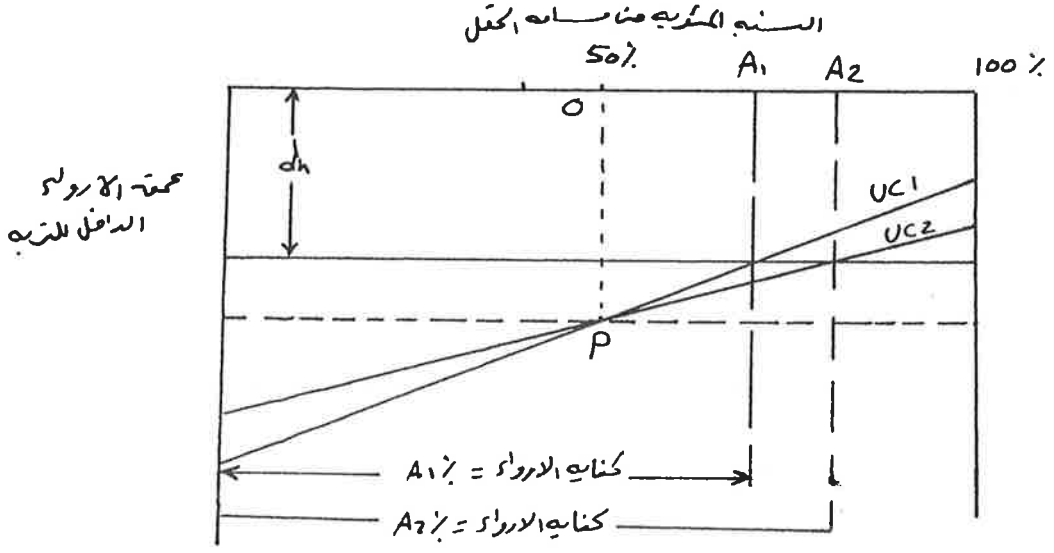
تذكير ان كفاءه الري = $\frac{\text{المردود المفيد (الخارج)}}{\text{المحتوى الكلي (الداخل)}} = \frac{\text{كميه الماء المخزونه في المنطقة الجذريه الفعالة}}{\text{الماء المحتوى في بدايه الفصل السقي او الخارج من المرشات والمنقطات}}$

$= \frac{\text{صافي حصة الارواء}}{\text{الماء الداخل الى الحقل حيث النبات مزروع}}$

من ملاحظة الرسم السابق تقل كفاءه الارواء كلما زادت كفايه الارواء عند ثبات تناسق الارواء (لاحظ ان hg // cf) .

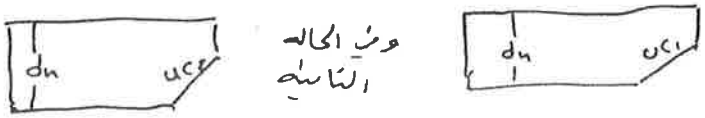
عند ثبات كميه الماء الداخلة للحقل (input) (لا يمكن زياده حصة الارواء) فانه : الاجمالي

تزداد كفايه الارواء وكفاءه الري كلما زاد التناسق (ميل الخط مع الافقي) لاحظ الرسم



تأثير تناسق الارواء على كفاءه وكفايه الارواء عند ثبات معدل حصة ماء الارواء (op)

بالنسبه لكفايه الارواء واضح انها تزداد اما كفاءه الارواء ستكون في الحاله الاولى



اذن الذي يحدد كفاءه الارواء عند اي كفايه ارواء هو تناسق الارواء .

يمكن حساب تناسق الارواء حسب العلاقة التالية (بحيث اشتقاقها على معدل الاختراقات المطلقة لاعماق الماء الداخله الى التربه سنبه الى معدل عمق الارواء الداخل (المتشبع) الى التربه)

$$Uc = \left(1 - \frac{0.25\,S}{op}\right) * 100\ \%$$

Uc : uniformity of irrigation

S : slope

op : average depth of irrigation water

(Ec) (Water Conveyance efficiency) لم يتبقى الاكفاءه النقل التي تمثل كفاءه نقل المياه من القنوات المفتوحه او من المبطنه او الانابيب

$$Ec = \frac{Qg}{Q_{total}} \times 100 \quad \text{or} \quad Ec = \frac{dg}{d\,total}$$

Ec : efficiency of conveyance

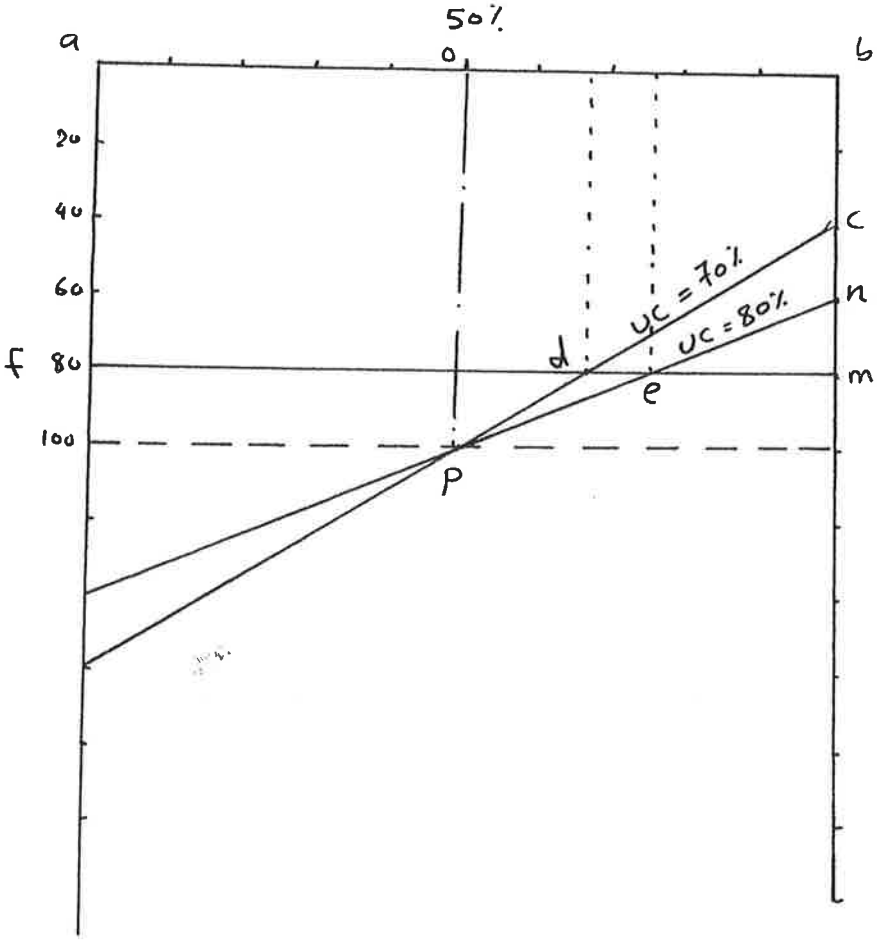
Qg : amount of water at farm gate

Q_{total} : amount of water at the source (reservoirs, river, we

وعندما يتعاظم مشروع الري فيمكن تجزيء كفاءه النقل للشبكه الرئيسية والشبكه الثانويه وتجزيء صائنيه الكفاءتين يمكن الوصول الى الكفاءه الاجماليه للمشروع

* سترد تعابير الكفاءه والكفايه وتناسق الارواء عند تحليل وتصميم نظم الري الحقلي .

Ex: Calculate the increament in ① the irrigation adequacy and ② the irrigation effeciency when the uniformity of irrigation increased from 70% to 80%. If the RAW = 80mm and the average depth of the irrigated water is equal to 100mm (constant).



$$UC = \left(1 - \frac{0.25\,S}{OP}\right) * 100\%$$

$UC = 70\% \Rightarrow S = 120$

$$S = \frac{\Delta y}{\Delta x} \Rightarrow 120 = \frac{\Delta y}{50/100} \Rightarrow \Delta y = 60$$

$UC = 80\% \Rightarrow S = 80 \Rightarrow \Delta y = 40$

from above curve when UC = 70% Adequacy (كفاية الأداء) ≅ 67%

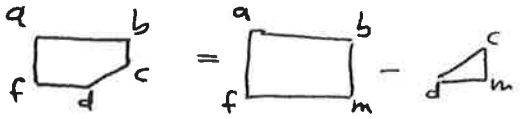
when UC = 80% Adequacy ≅ 76%

الزيادة الحاصلة في كفاية الأداء

$76 - 67 = 9\%$

Irrigation eff (IE) = $\frac{\text{out}}{\text{in}}$ الخارج / الداخل

عندما UC = 70% فإن المجدود المعني هو مساحة الشكل abcdf وكما يلي :



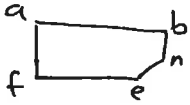
$$= \left(80\ mm * \frac{100}{100}\right) - \left(\frac{\left(\frac{100-67}{100}\right) * 40}{2}\right)$$

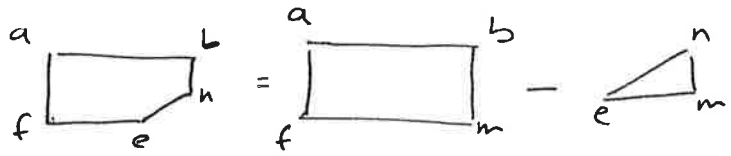
$$= 73.4\ mm$$

$$IE = \frac{73.4}{160} \times 100\%$$

$$= 45.8\%$$

عندما UC = 80% فإن المجدود المعني هو مساحة الشكل وكما يلي :





$$= \left(80mm \times \frac{100}{100}\right) - \left(\frac{\left(\frac{100-76}{100}\right) * 70}{2}\right)$$

$$= 77.6$$

$$IE = \frac{77.6}{140} * 100\%$$

$$= 55.4\%$$

الزيادة الحاصلة في كفاءة الري هي :

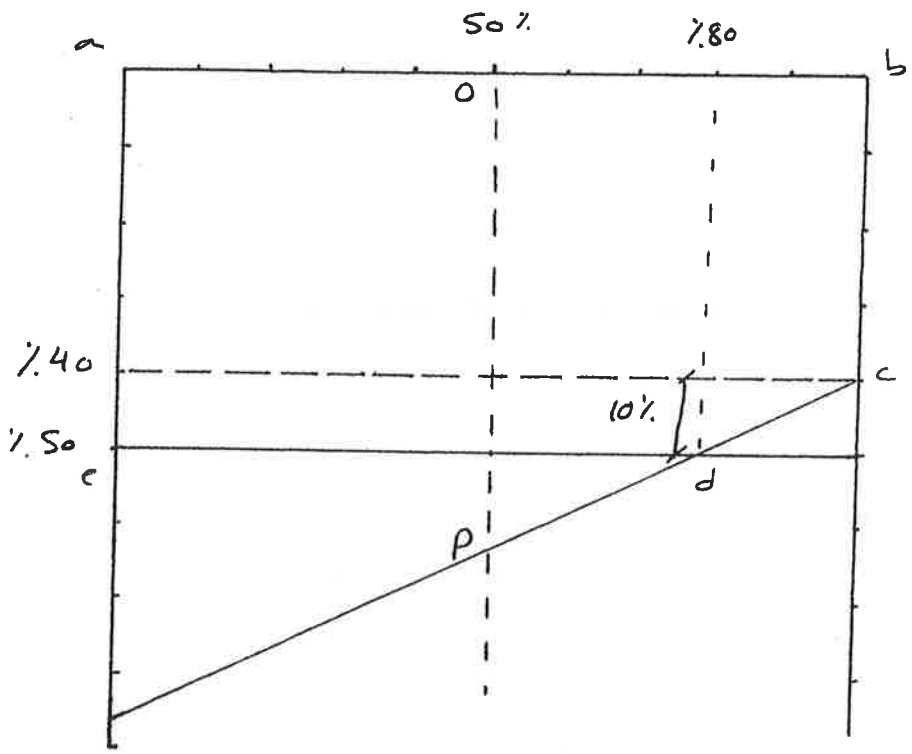
$$55.4 - 45.8 = 9.6\%$$

H.W

If you know that the adequacy of irrigation of 80% for a farm which is irrigated at allowable depletion (AD) of 50% of its water content. In order to have 100% adequacy of irrigation, the farm should be irrigated at allowable depletion of 40% of its water content.

Assume the uniformity of irrigation (UC) and the average depth of irrigated water (OP) are constant. Find the irrigation effeciency (IE) in both cases and also find the uniformity of irrigation.

حل H.W



$$S = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

$$= \frac{10/100\ AW}{\frac{20}{100}} = 0.5\ AW$$

$$0.5AW = \frac{\Delta y}{\frac{30}{100}} \Rightarrow \Delta y = 0.15\ AW$$

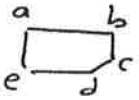
$$\therefore op = 0.65\ AW$$

$$UC = \left(1 - \frac{0.25\ (0.5\ AW)}{0.65\ AW}\right)$$

$$= 81\ \%$$

$$IE = \frac{\text{out put}}{\text{input}}$$

when AD = 50 % AW

out put = area of 

$$= \frac{50}{100} AW * \frac{100}{100} - \left(\frac{10}{100} AW * \frac{20}{100} * \frac{1}{2}\right)$$

$$= 0.5AW - 0.1AW = 0.4AW$$

$$IE = \frac{0.4\ AW}{0.65\ AW}$$

$$= 47\ \%$$

when AD = 40 % AW

$$IE = \frac{0.4\ AW}{0.85\ AW} = 47\ \%$$ (no change in IE)

Water Infiltration into Soil / (العيفن) ارتشاح الماء في التربة

الارتشاح : عملية دخول الماء في التربة من خلال سطحها والارتشاح يحدث في كافة الاتجاهات الا ان الارتشاح العمودي نحو الاسفل هو الاكثر شيوعاً في عالم الري .

ان القوى الرئيسية للارتشاح هي :

* قوى الشد السطحي المنشأة من قوى تلاصق جزيئات الماء بأسطح حبيبات التربة
* قوى الجذب الارضي نحو الاسفل .

س/ ماهو الفرق بين الارتشاح ، النفاذية ، السرب ، التغلغل والتشرب

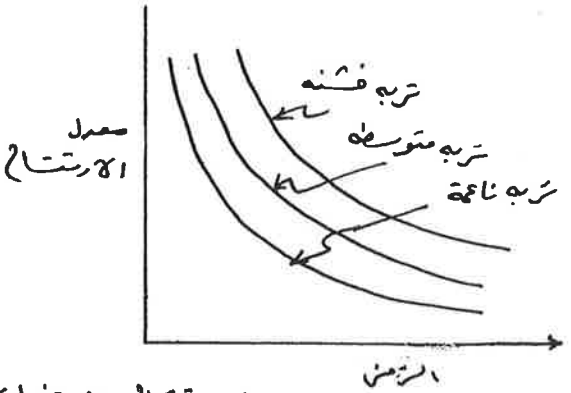
النفاذية (permeability) : هي قابلية التربة المشبعة على انتقال وحركة الماء داخلها وتعتمد من الصفات الثابتة للتربة بعكس الارتشاح ليس صفة ثابتة بل تتأثر بعوامل عديدة تؤثر في نمط وخصائص الارتشاح .

السرب (التزيز) (Seepage) : هو ظاهرة حركة الماء داخل او خارج جسم ترابي يكون عادة مشبعاً بالماء كالتزيز من قنوات الري الترابية او من خلال سد ترابي .

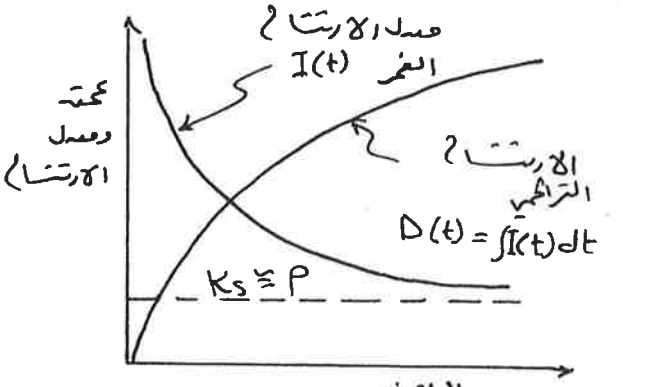
التغلغل (percolation) : هو حركة الماء بأتجاه الاسفل خلال جسم ترابي ليس بالضرورة ان يكون مشبعاً فقد تغلغل ماء الري الزائد خلال عمق المنطقة الجذرية متحركاً بعيداً نحو الاسفل.
الفروقات بينه وبين الارتشاح (كالمصادر الرئيسية) اما التشرب (intake) : هو ظاهرة دخول الماء الى التربة من خلال سطحها الذي تمثل هذا السطح غير مستوي كما في حال المقطع العرضي لمجرى المرز (Furrow cross section) اذ ان دخول الماء وحركته خلال التربة يكون في اتجاهين او ثلاثة وليس كما هي الحال في الارتشاح حيث ان دخول الماء وحركته تكون بأتجاه واحد ونحو الاسفل لذا فأن وحدات الارتشاح وحدات طول (L) اي حجم على وحدة مساحة .

لعملية الارتشاح دور بالغ الاهمية من الناحية العملية في تصاميم نظم الري فخصائص ارتشاح الماء هي التي تحدد معدل الارواء الذي لايؤدي الى حدوث السيح السطحي او نقله الري بالرش . لذا فأن كل مراحل عملية الارتشاح تشكل واقف و يؤدي الى ارواء غير متناسق وخسائر مائية عالية .

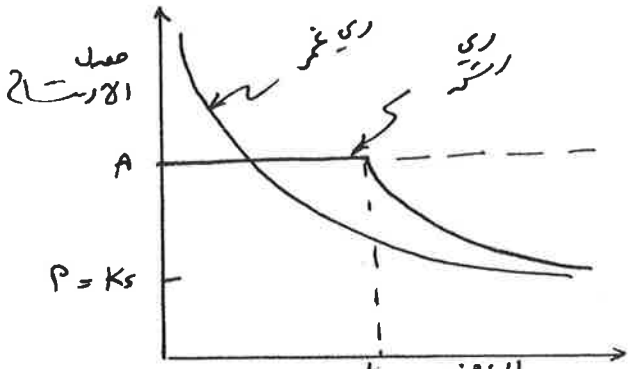
معدل دخول الماء الى التربه يقل مع الزمن والسبب هو تناقص الاختلاف الهيدروليكي وعوامل اخرى مثل انغلاق مسامات التربه، تحت استمرار دخول الماء يقترب معدل الارتشاح من قيمه ثابتة (P) بعد مرور فتره زمنيه معينة من قيمه الاصابيه الكائيه للتربه المشبعه Ks .



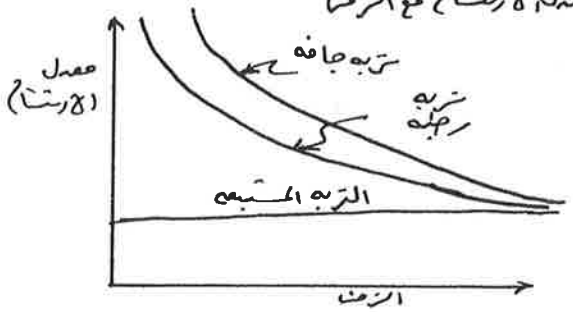
تأثير قوام التربه في معدل ارتشاح الماء في التربه



تغير معدل الارتشاح مع الزمن



ارتشاح الماء في التربه تحت حاله الري بشده ثابته (A)



تأثير المحتوى الرطوبي الابتدائي في معدل ارتشاح التربه

العوامل المؤثره على الارتشاح :

① خصائص التربه ② المحتوى الرطوبي الابتدائي ③ طريقة الري ④ حراره الماء (اللزوجه) ⑤ الغشاوه السطحيه وانغلاقه مسامات التربه .

معادلات الارتشاح :

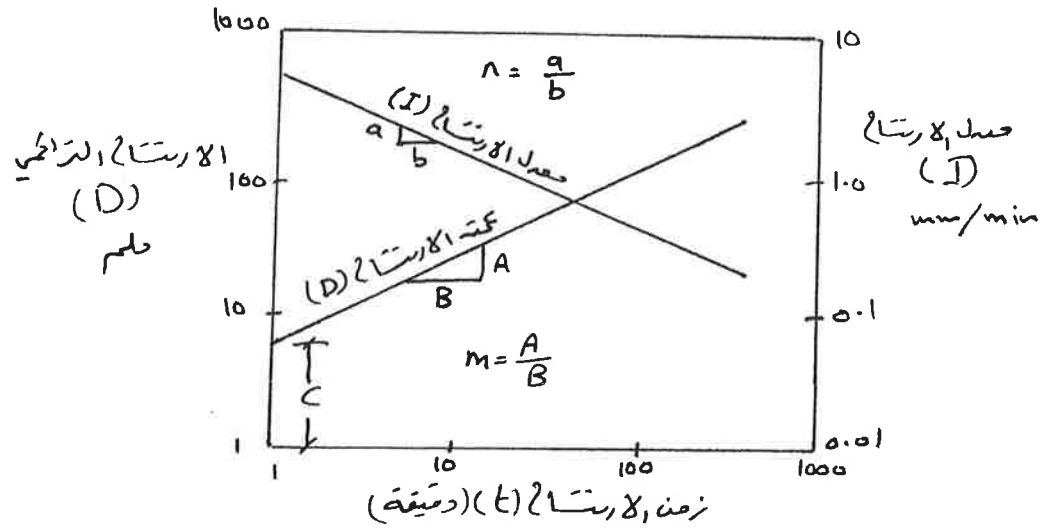
هناك عده معادلات توصف عمليه الارتشاح منها معادله كوستياكوف وفيليب ، صورتين كلاهما معادلات وصفيه كثيره لكن افضل لوصف عمليه الارتشاح هي معادله كوستياكوف لسهولتها و لسعه انتشارها واستخدامها .

Kostiakov equation :

$$D = ct^m \quad \text{——} ①$$

D : accumulated depth of infiltration (mm)
t : accumulated time of infiltration (min)
c , m : constants

معادله ① اذا رسمت على ورقه لوغاريتمية تعطي خطاً مستقيماً تكون منه منه (C) تقاطع الخط المستقيم مع D عند الزمن دقيقة واحده اما ميل الخط المستقيم فهو اسس الارتشاح (m) وسمي بالشكل :



$$m = \frac{A}{B} \qquad (A, B \text{ تقاسات بالمسطره الاعتياديه})$$

$$\text{or} \quad m = \frac{\log D_2 - \log D_1}{\log t_2 - \log t_1} = \frac{\log (D_2/D_1)}{\log (t_2/t_1)}$$

C : initial moisture
m : Soil properties

للحصول على معادله لوصف الارتشاح الآني للماء في التربه نشتق المعادله ① :

$$I = \frac{dD}{dt} = C \cdot m \cdot t^{m-1} = K t^{n} \quad \text{—— ②}$$

where :
I : instantenous infiltration mm/min
n, K : constants

$K = C \cdot m$, $n = m - 1$

$m > 0$ (D يزداد تراكمياً بزياده t)
$n < 0$ (I يقل بزياده t)

$\therefore 0 < m < 1$
$-1 < n < 0$

How to define Base infiltration time t_b

معدل الارتشاح الاساسي

Base infiltration rate : وصف معدل ارتشاح ثابت يحصل بعد مرور فترة زمنية منذ بداية الارواء . ان دائرة الزراعة الامريكية (USDA) قد عرفت معدل الارتشاح الاساسي بأنه تلك القيمة على منحني معدل الارتشاح التي عندها يكون التغير في معدل الارتشاح خلال ساعة واحدة لا تزيد عن 10% .

وبأعتماد هذا التعريف يمكن استنباط المعادلة الآتية لتخمين الزمن الذي يحصل عنده معدل الارتشاح الاساسي

من تعريف USDA

$$\left.\begin{aligned}\Delta I &= 0.1\, I \\ \Delta t &= 1\ hr\end{aligned}\right\}$$

from eq ②

$$I = Kt^n$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} \simeq \frac{dI}{dt} = nKt^{n-1} = \frac{nKt^n}{t} = \frac{nI}{t}$$

$$\therefore \quad \Delta I = \Delta t \cdot \frac{nI}{t}$$

$$\Rightarrow 0.1 I = 60 \frac{nI}{t} \qquad (\text{set } t = t_b)$$

$$\therefore t_b = |600\, n| \qquad \text{since } n \text{ is negative}$$

يتم تعويض قيمة t_b في المعادلة ② للحصول على معدل الارتشاح الاساسي

هنالك ضعف واضح في معادلة كوستياكوف من الناحية النظرية فعند زيادة الزمن كثيراً يجب ان يصل معدل الارتشاح (I) الى Ks تقريباً الا انه وفقاً للمعادلة يصل الى الصفر وهذا غير صحيح

$$I = Kt^n \Rightarrow \because n<0 \Rightarrow I = \frac{K}{t^n} = \frac{K}{\infty} = 0.0$$

وللتغلب على هذه المشكلة تم اقتراح صيغة مطورة بإضافة حد ثابت مثل P ليمثل الارتشاح النهائي

$$I = \alpha t^{\beta} + P$$

و I هذا اذا اصبحت t كبيرة اي ان :

حيث α , β ثوابت وضعية وسيكون حجم الارتشاح التراكمي D

$$D = p t^r + P \cdot t$$

ثوابت وضعية p , r

بالرغم من ان المعادلة اعلاه اكثر دقة وصلاحية الا انها لا تؤخذ بنظر الاعتبار كثيراً لسببين :

① صعوبة ايجاد ثوابت P , p , r

② ان معادلة كوستياكوف مقبولة لحد ما عند قيمة الارتشاح بصورة كبيرة لفترة زمنية ساعات حيث تكون تطبيقات الري حاضرة ولذا ساعات استخدامها.

مثال : من بيانات فحص الارتشاح اذا علمت ان عمق الارتشاح التراكمي عند
15 دقيقة سابقة 2.5 سم وعند 100 دقيقة سابقة 8 سم جد :

أ- معدل الارتشاح الاستقرار لهذه التربة

ب- الزمن اللازم لارتشاح عمق ماء قدره 15 سم من قبل التربة.

جـ- معدل الارتشاح بالملم/ساعة عند زمن ٢ ساعات من بداية الارتشاح.

الحل :

(أ)

$$D = C t^m$$

$$25 = C\ 15^m \Rightarrow C = \frac{25}{15^m}$$ sub in

$$80 = C\ 100^m$$

$$\Rightarrow \quad 80 = \frac{25}{15^m}\ 100^m$$

$$\frac{80}{25} = \left(\frac{100}{15}\right)^m \Rightarrow \log\left(\frac{80}{25}\right) = m \log\left(\frac{100}{15}\right)$$

$$m = 0.613$$

$$C = 4.75$$

$$\therefore D = 4.75\ t^{0.613}$$

$$I = \frac{dD}{dt} = 0.613 * 4.75\ t^{0.613-1}$$

$$I = 2.91\ t^{-0.387}$$

$$\therefore T_b = 600 * 0.387 = 232.2 \text{ min}$$

$$I_{base} = 2.91\ (232.2)^{-0.387} = 0.353 \frac{mm}{min}$$

(ب)

$$D = 4.75\ t^{0.613}$$

$$150 = 4.75\ t^{0.613} \Rightarrow t \cong 279 \text{ min} = 4.65 \text{ hr}$$

(جـ)

$$I = 2.91\ t^{-0.387}$$

$$= 2.91\ (3 \times 60)^{-0.387} = 0.39 \text{ mm/min}$$

تابع لموضوع الارتشاح

الطريقة الثانية لقياس الارتشاح في طريقة العالم Horton

Horton's Equation

$$f = f_c + (f_o - f_c)\, e^{-Kt}$$

where

f : Infiltration rate at any time

f_c : Constant infiltration rate

f_o : Initial infiltration rate

K : Constant depends on the soil & type of crops (h^{-1})

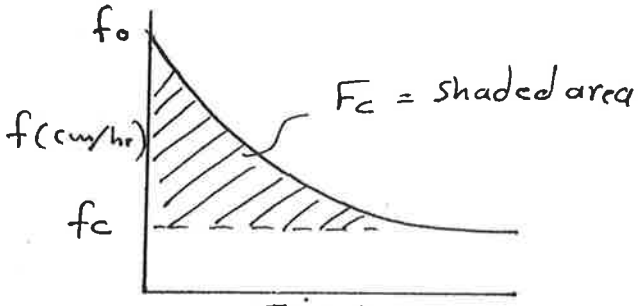
e : logarithism

t : Time from the begining of the storm

where K is determined by using equation given :

$$K = \frac{f_o - f_c}{F_c}$$

In which F_c is the shaded area as shown in fig. below

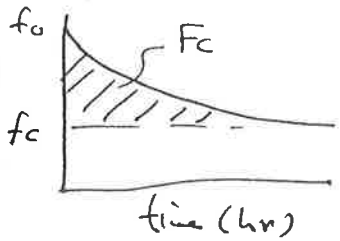


Infiltration Curve (Horton)

Ex: For a small catchment, the infiltration rate at the begining of rain was observed to be 90 mm/hr and decreased exponentially to a constant rate of 8 mm/hr after $2\frac{1}{2}$ hr. The total infiltration during $2\frac{1}{2}$ hr was 50 mm. Develop the Horton's equation for the infiltration rate at any time.

Sol/ $F_c = \frac{f_o - f_c}{K} \Rightarrow K = \frac{90 - 8}{50 - 2.5 * 8}$

$K = 2.73\ hr^{-1}$



(f)

$f = f_c + (f_o - f_c)e^{-kt}$

$= 8 + 82\, e^{-2.73t}$ f in mm/hr

Permeability : النفاذية

هي خاصية من خواص التربة وتسمى ايضا (hydraulic conductivity) وتعرف على انها مقياس لسهولة حركة الماء من الوسط المسامي او بعبارة اخرى مقياس لسرعة تدفق الماء :

$$V = Ki = K * \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

$$V * A = K * \frac{\Delta h}{\Delta L} * A$$

$$K = \frac{Q * \Delta L}{\Delta h * A}$$

where :

Q : discharge per unit time.

A : cross sectional area throught which water flows

$\Delta h (h_1 - h_2)$: hydraulic head

ΔL : percolation path length

K : the coefficient of permeability

تعتمد النفاذية على العوامل التالية :

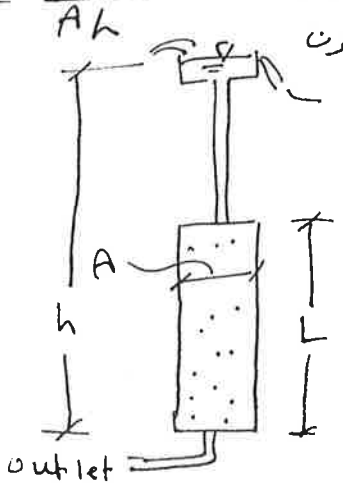
١- نسجة وبناء التربة ٢- وجود حبيبات النباتات ٣- التغير في درجة حرارة الماء

Permeability measurement قياس النفاذية

① Constant head permeameter

يستخدم هذا القياس للترب ذات النسجة الخشنة والمتوسطة والشكل ادناه يبين طريقة قياس النفاذية حيث تملئ الاسطوانة المعدنية ذات طول (L) بالتربة ويكون تمرير الماء في النموذج من خلال خزان ماء متصل بالاسطوانة من خلال انبوب متقرن ويكون مستوى الماء في الخزان ثابتاً. تحت شحنة الضغط الثابتة يتحقق الجريان المستقر خلال نموذج التربة حيث تقاس النفاذية ويستخدم القانون التالي لحسابها

$$K = C \frac{QL}{Ah}$$ where C : correction factor يتعلق بلزوجة الماء خلال درجة حرارة معينة او ان تكون قيمة C واحد ان لم تذكر



2- Variable head permeameter.

هو مقياس يستخدم لقياس النفاذية للتربة المضغوطة ذات النفاذية الواطئة وصف الجهاز المبين بالشكل حيث يتكون الجهاز من مخروط من قنينة انبوب زجاجي صغير قطره اقل من قطر الصفيحة المعدنية المستخدمة بعشر مرات على الاقل للتقدير.

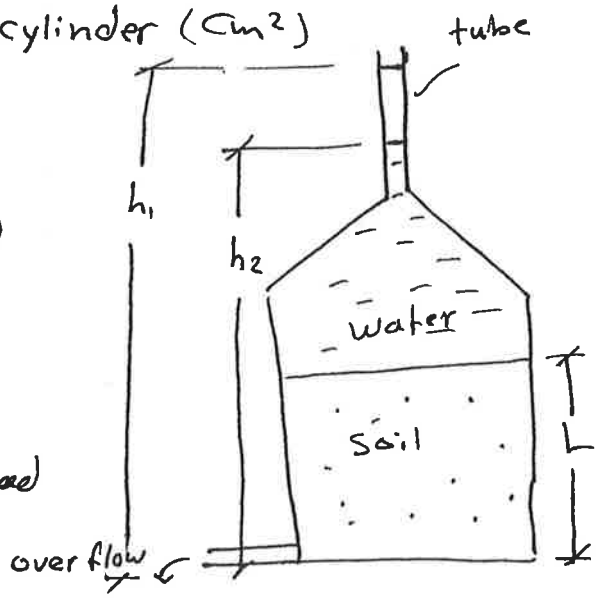
اما طرق مستوى الماء فيتم عن الانبوب الزجاجي.

يملأ المخروط بالتربة الى سمك L سم حيث يكون الماء فوق التربة مسلط ضغطاً بارتفاع h_1 سم وبعد فترة زمنية ينخفض مستوى الماء الى مستوى h_2 سم وتسحب النفاذية من المعادلة

$$K = \frac{2.303\, a L}{A t} \log_{10} \frac{h_1}{h_2}$$

where:

K: permeability (cm/hr)
a: cross sectional area of class tube (cm^2)
A: cross sectional area of cylinder (cm^2)
L: flow length (cm)
t: time interval (hrs)
h_1: Initial water level (cm)
h_2: final water level (cm)



Ex/ The following observation were recorded under head permeameter method

Diameter of soil sample = 7 cm
length of soil sample = 3.5 cm
hydraulic head = 35. cm
Volume of water flow = 200 cc in 1 minute and 50 seconds.
Determine the hydraulic conductivity of soil assume C = 0.85

Sol./

$$K = C \frac{Q l}{A h} = 0.85 * \frac{200 * 3.5}{\frac{\pi}{4}(7)^2 * 38.5\,(60+50) * 35} = 0.004 \text{ cm/sec}$$

Consumptive use (evapotranspiration) الاستهلاك المائي (النتح + التبخر)

يعرف بأنه مجموع فقدان الماء من التربة والنبات

وهذا فتره نمو النبات فان حركة مستمرة للماء من التربة الى الجذور ثم الى الساق ثم الاوراق ومن الاوراق الى الجو .. وهذا يأتي من فقدان الماء الممتص من قبل جذور النباتات يبقى في النبات والباقي يعود الى الجو عن طريق ساق واوراق النبات وهذه العملية تدعى (بالنتح) اضافة الى ذلك فان جزء من الماء يتبخر الى الجو مباشرة من التربة المحيطة بالنبات.

وبسبب استهلاك الماء لاغراض النمو والتنفس بقليل لا يتجاوز 1% فان مصطلحي التبخر نتح (evapotranspiration) والاستهلاك المائي (consumptive use) لهما مصطلحان مترادفان.

∴ الاستهلاك المائي : هي كمية المياه المستهلكة من قبل النبات لاغراض النمو والتبخر النتح

يختلف الاستهلاك المائي بأختلاف النباتات وحتى لنفس النبات حيث تختلف قيمة الاستهلاك المائي على مراحل النمو وكذلك تختلف باليوم الواحد والاسبوع والشهر.

ان حساب الاستهلاك المائي يساعد في حساب متطلبات الري لمساحة مزروعة والتي تتغذى من قناة ري .. حيث نعرف كمية هذه المتطلبات لكي نعرف سعة القناة الناقلة للمياه.

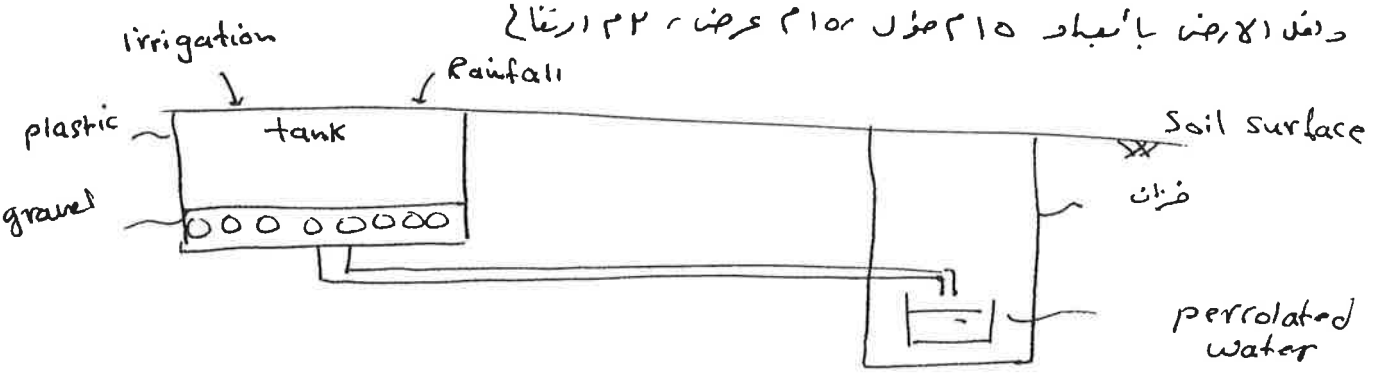
وحدات الاستهلاك المائي هي وحدات طول .

Methods of measuring consumptive use طرق قياس الاستهلاك المائي

1- Field plots : من خلال اخذ قطعة صغيرة من الحقل بمساحة 2x2 م ومن ثم قياس (كمية الامطار الساقطة + كمية الماء المضافة الري) - الخسائر السطحية

= مقدار الاستهلاك المائي

2- طريقة lysimeter : وهي طريقة حقلية ولكن سيتم بها خزان مدفون داخل الارض بأبعاد 1.5 م طول 1.5 م عرض 2 م ارتفاع



Crop evapotranspiration ET = Rainfall + Irrigation − percolation

$$ET = ET_o * K$$

Where:

ET : Crop evapotranspiration (mm/day)

ET_o : Refrence evapotranspiration (mm/day) من الأعشاب الخضراء او البيانات المحلية

K : Crop coefficient (معامل النبات) وتعتمد على نوعية النبات ومراحل نموه

٢- تقدير الاستهلاك المائي من البيانات المناخية باستخدام العلاقات الرياضية مثل:

1- Blaney - Criddle method
2- Thornthwait method
3- penman method
4- Hargreaves, class A pan evaporation method

Blanney - Criddle Method

عامل الاستهلاك المائي الشهري $f = T\left(\frac{P}{100}\right)$ (وحدات بريطانية in FPS)

f : monthly consumptive use factor.

T : The mean monthly temperature (°F)

P : The monthly percentage of day-time hours.

$$f = \frac{P}{40}\left[1.8T + 32\right] \qquad (\text{وحدات S.I unit})$$

T : monthly temperature (°C)

وجد بأن الاستهلاك المائي يتناسب مع مقدار الاستهلاك المائي الشهري (f) بالعلاقة التالية:

$$Cu = K \cdot f$$

Cu : monthly consumptive use of water (cm)

K : monthly consumptive use coefficient

حساب الاستهلاك المائي لكل فصل نمو هو مجموع الاستهلاك الشهري

$$Cu_{total} = \Sigma Cu = \Sigma\left[\frac{Kp}{40}(1.8T + 32)\right]$$

$$t^{\circ}C = \frac{5}{9}(t^{\circ}F - 32)$$ للتحويل من F° الى C°

Ex/ Determine the seasonal consumptive use for wheat (drip)

month	Nov	Dec	Jan	Feb
mean monthly temperature °C	20	18	15	16
monthly percentage of day-time hr	7.75	7.88	7.94	7.36

take $K = 0.6$

Sol.

$$Cu = K \sum \frac{P}{40} (1.8T + 32)$$

$$= \frac{0.6}{40} \left[7.75(1.8*20+32) + 7.88(1.8*18+32) + 7.94(1.8*15+32) + 7.36(1.8*16+32) \right]$$

$$Cu = 29.26 \text{ cm}$$

Ex/ The monthly consumptive use values for rice are:

June (cm)	July (cm)	Aug. (cm)	Sep. (cm)	Oct. (cm)	Nov. (cm)
28.65	7.85	13.45	21.6	24.3	14.7

Determine the seasonal consumptive use, the average daily consumptive use, the average monthly consumptive use and the peak monthly consm. use

Sol.

Seasonal $Cu = \sum Cu$

$= 28.65 + 7.85 + 13.45 + 21.6 + 24.3 + 14.7 = 110.55 \text{ cm}$

Average monthly $Cu = 110.55 \div 6 = 18.43 \text{ cm}$

$\Rightarrow$ daily $Cu = 18.43/30 = 0.61 \text{ cm}$

peak monthly $Cu = 28.65 \text{ cm}$

Ex/ Using the data given in the first four colums, determine the grass ~~net~~ irrigation depth for each month take IE = 60%

Month ①	crop factor K ②	Pan evaporation ET (mm) ③	eff. rainfall ④	Cu (mm) (②×③) ⑤	$dg = \frac{dn}{IE}$ ⑥ $= \frac{⑤-④}{IE}$
Nov.	0.2	118	6	23.6	29.3
Dec.	0.36	96	16	34.5	30.93
Jan	0.75	90	20	67.5	79.17
Feb	0.9	105	15	94.5	132.5
Mar.	0.8	140	2	112.0	183.3

Net Depth of Irrigation (dn) عمق الماء

is the depth of water applied and storied in the root zone and is the only water available for plant growth

هو عمق الماء الذي نضيفه ويخزن بالمنطقة الجذرية وهو الماء المتوفر لنمو النبات

$dn = Smd$ [full irrigation]

$dn < Smd$ [un complete irrigation]

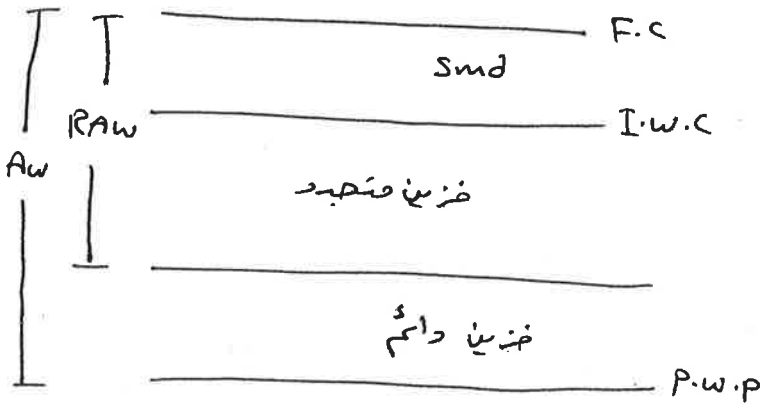
$dn = RAW = AW \times AD \times R.Z$

$Smd_{max} \leq RAW$

$II_{max} = \frac{RAW}{Cu}$

$II = \frac{dn}{Cu}$ ← العمق المتوفر بالمنطقة الجذرية

$= \frac{RAW - Smd}{Cu}$



$dg = dn + farm\ losses + L.R - Rain_{eff.}$

effective rainfall = 50 % Rainfall

EX / $Cu = 2.8$ mm/day, Determine the irrigation interval (II) and the depth of water to be applied when the soil moisture deficit is ① 25% ② 50% ③ 75% ④ 0% of the maximum depth of available water in R.Z. R.Z = 80mm, IE = 65 %

Sol.

① $II = \frac{dn}{Cu} = \frac{(1-0.25)\,80}{2.8} = 21.4 \approx 21$ days

$IE = \frac{dn}{dg} \Rightarrow dg = \frac{(1-0.25)\,80}{0.65} = 92.3$ mm

soil moisture deficit	25 %	50 %	75 %	0 %
II (day)	21	14	7	28
dg (mm)	93	62	31	124

I.W.C = 26% 8

Ex for a project of F.C = 38%, PWP = 18%, R.Z = 90cm, AD = 50%, Cu = 4 mm/day, on 20th of January morning. At 25th of January, effective rainfall = 10mm. On 28th of January (evening), gross depth was applied in order to have full irrigation, 10% of net depth was run off. Find ① dg ② IE ③ Initial water content on 31th of January (evening) in mm.

sol. on 20th of Jan.

$$Smd = (0.38 - 0.26) * 90 * 10 = 108 \text{ mm}$$

on 25th of Jan

$$smd = 108 + 4\frac{mm}{day} * 5\,day - 10 = 118 \text{ mm}$$

(20 + 21 + 22 + 23 + 24) Jan.
(20 morning, 24 evening)

on 28th of Jan

$$Smd = 118 + 4\frac{mm}{day} * 4 = 134 \text{ mm}$$

(25 + 26 + 27 + 28) Jan.

$\therefore dn = Smd = 134$ mm [(full irrigation) أو ذكر بالسؤال]

$$dg = 134 + \frac{10}{100} * 134 = 147.4 \text{ mm}$$

$$IE = \frac{dn}{dg} = \frac{134}{147.4} * 100 = 90.9\%$$

on 31th of Jan.

(29 + 30 + 31) Jan.

$$Smd = 4\frac{mm}{day} * 3 = 12 \text{ mm}$$

$$I.W.C = F.C - Smd = (0.38 * 900) - 12 = 330 \text{ mm}$$

Ex/ Given a crop evapotranspration = 7 mm/day, R.Z = 90cm F.C = 35%, PWP = 15%, initial soil water content = 28% (before irrigation) [all by vol.], AD = 40% by vol. Water is applied with gross depth = 69 mm, runoff losses = 25% of the applied depth, Find ① water content (by vol.) 6 days after irrigation ② IE

Sol. smd (before irrigation) = F.C − I.W.C

$= (0.35 - 0.28) * 90 * 10 = 63$ mm

$d_g = d_n + \cancel{LR}^{0} + \text{Farm losses} - \cancel{\text{Rainfall}}^{0}$

$69 = d_n + \frac{25}{100} * 69 \Rightarrow d_n = 52$ mm

smd (after irrigation) = 63 − 52 = 11 mm

$IE = \frac{52}{69} * 100 = 75\%$ or $IE = 100 - \underbrace{25}_{\text{Losses}} = 75\%$

smd (after 6 days of irrigation) = $11 + 6 * 7 \frac{mm}{day}$

$= 53$ mm

$\text{6 days} = \frac{53}{900} * 100 = 5.9\%$ by vol.

initial water content (after irrigation) = F.C − smd

$= .35 - .059 = 29.1\%$

H.W

Given a plant of Cu = 10 mm/day, R.Z = 1 m, F.C = 38% PWP = 20%, initial water content before irrigation = 30%. AD = 50%. Gross depth applied = 75 mm water losses = 20% of applied depth. Find ① IE ② % of water content 10 days after irrigation ③ smd after 12 days after irrigation if effective rainfall = 10 mm.

Relation between Discharge, Depth, Time and Area

Volume of water Applied = Q * T

Volume of water Applied = d x A

$\therefore Q \times T = d \times A$

$Q_n \times T = d_n A_n$

$Q_g \times T = d_g A_n$

Q : Discharge (L^3/s) (L/T)

T : Time of irrigation (T)

d_g, d_n : depth of water (gross, net) (L)

A : area of (Field, Farm) hactar $= 10^4 m^2$

$A_{net} = 0.88 A_{Total}$ Dunum $= 2500 m^2$

Example : Given $Q = 50$ l/sec. Find Q in L/min, L/hr m^3/sec, m^3/min, m^3/hr, m^3/day?

$1 m^3 = 1000$ lit

Sol. $Q = 50 \frac{l}{s} = 50 \frac{l}{s} \times \frac{60 s}{1 min} = 3000$ l/min

$Q = 50 \frac{l}{s} = 50 \frac{l}{s} * \frac{60 s}{1 min} \times \frac{60 min}{1 hr} = 100\,000$ L/hr

$Q = 50 \frac{l}{s} = 50 \frac{l}{s} * \frac{1 m^3}{1000 lit} = 0.05 m^3/s$

$Q = 50 \frac{l}{s} = 50 \frac{l}{s} * \frac{1 m^3}{1000 lit} * \frac{60 s}{1 min} = 3 m^3/min$

$Q = 50 \frac{l}{s} = 50 \frac{l}{s} * \frac{1 m^3}{1000} * 60 * 60 = 180 m^3/hr$

$Q = 50 \frac{l}{s} = 50 \frac{l}{s} * \frac{1}{1000} * 60 * 60 * 24 = 4320 \frac{m^3}{day}$

Ex Storage tank takes 2 min to fill a 500 lit. what is the dischange in m^3/s?

Sol. $Q = \frac{\text{Volume}}{\text{Time}} = \frac{500 lit}{2 min} = 250$ l/min

$= 250 \frac{l}{min} * \frac{1 m^3}{1000} * \frac{1 min}{60 Sec} = 0.0042 m^3/s$

Ex Given a discharge of 5 $\frac{m^3}{s}$ diverted from Irrigation Source IE = 90%, CE = 85% and then applied to a farm of total area 1500 Dunum for a period of 24 hr. Find the gross and net depth applied to the farm.

sol.

$$CE = \frac{Q_g}{Q_{total}}, \quad \frac{85}{100} = \frac{Q_g}{5} \Rightarrow Q_g = 4.25 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_g * t = d_g * A_n$$

$$4.25 * 24 * 60 * 60 = d_g * 1500 * 2500 * 0.88$$

$$d_g = 0.111\ m = 111\ mm$$

$$IE = \frac{d_n}{d_g} * 100, \quad IE = \frac{90}{100} = \frac{d_n}{111} \Rightarrow d_n = 99.9\ mm$$

H.W1 Given $Q = 90 \frac{l}{s}$ applied to a farm of net area 100 Dunum once every week, C_u = 20 mm/day, farm losses = 10% of net depth. Find time of irrigation?

H.W2 150 $\frac{L}{s}$ of water applied to irrigate a total area of 250 Dunum. Water lost by runoff = 7 l/s, $C_u = 10 \frac{mm}{day}$ Find net depth of water stored in the soil after the end of 24 hr of irrigation time.

sol. $Q_g = 150\ l/s$

$$Q_n = 150 - 7 = 143 \frac{l}{s}$$

$$Q_n * t = d_n * A_n$$

$$\frac{143}{1000} * 24 * 60 * 60 = d_n * 250\ Dunum * 2500 * 0.88$$

$$d_n = 22.5\ mm$$

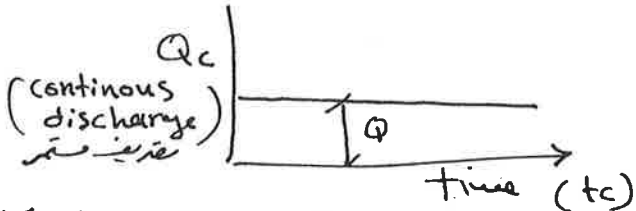
$$d_n \text{ (at the end of 24 hr)} = 22.5 - 10 \frac{mm}{day} * 1\ day\ (24\ hr) = 12.5\ mm$$

Continous and intermittent discharge

التشغيل المستمر والتشغيل المتناوب

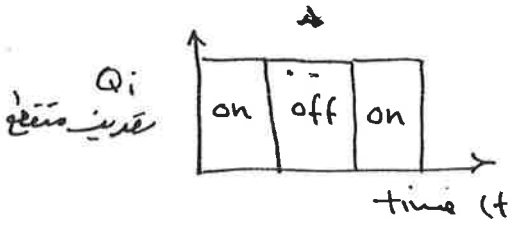
Continous operation : the discharge is provided continously with time

(اضافه مستمره من دون انقطاع)



Intermittent Operation :- is the discharge applied for aperiod of time and suth off another period of time and so on.

اضافه ثم توقف ثم اضافه مره اخرى وهكذا



$$Q_i t_i = Q_c t_c$$

يفضل التشغيل المتناوب على التشغيل المستمر وذلك للاسباب :

١- تنظيم توزيع المياه بين المناطق المختلفة

٢- القيام بأعمال الصيانه

Ex① 15 m^3/s of water applied for 15 hrs to irrigate a ~~not~~ area of 12500 Dunam, pan evaporation (E_w) = 6 $\frac{mm}{day}$ water is applied once every 3 days. Find IE, Continous discharge.

sol. $Q_g \cdot t = dg \cdot A$ (A للتحويل الى m^2)

$15 \frac{m^3}{s} * 15 * 60 * 60 = dg * 12500 * 2500$

$dg = 0.026\ m = 26\ mm$

$IE = \frac{dn}{dg}$ where $dn = Smd$ [$Smd = 6 \times 3 = 18mm$] (E_w day)

$= \frac{18}{26} \times 100 = 69\%$

$Q_c \cdot t_c = Q_i t_i$

$Q_c \cdot 3 * 24 = 15 * 15 \Rightarrow Q_c = 3.13 \frac{m^3}{s}$

Ex② It is required to apply 3500000 m^3 of water every 10 days to irrigabe an area. Find the discharge in m^3/sec if water is applied for

a- one day every 10 days

b- 12 hrs between day and another

c- 3 days once every 10 days

d- 5 days every 10 days

e- Continously

Sol. $T \propto \frac{1}{Q}$

a- $Q = \frac{U}{T} = \frac{3500000}{24*1*3600} = 40.5 \frac{m^3}{s}$

b- $Q = \frac{3500000}{2.5*3600*24} = 16.2 \frac{m^3}{s}$

c- $Q = \frac{3500000}{3*24*3600} = 13.5 \ m^3/s$

d- $Q = \frac{3500000}{5*24*3600} = 8.1 \ m^3/s$

e- $Q = \frac{3500000}{10*24*3600} = 4.05 \frac{m^3}{s}$

Ex- It is required to apply a net depth of 120 mm to a total area of 60 ha the applied discharge is continously 180 L/sec. IE = 85% what must be the time of irrigation?

Sol.

$IE = \frac{Q_n}{Q_g} = 0.85 = \frac{Q_n}{180} \Rightarrow Q_n = 153 \ l/s$

$Q_n \cdot t = d_n \cdot A_n$ where A_n (net) $= 0.88 A_T$ (total)

$\frac{153}{1000} * 3600 * t = \frac{120}{1000} * 60 * 10000 * 0.88$

$t = 114.5$ hr

1 ha = $10^4 m^2$

Water Duty (W.D) المقنن المائي

Is defined as the continous discharge applied to irrigate a unit area. هو التعريف المستمر المضاف للحقل وحده واحده من المساحه ويمثل حقل الاحتياج المائي لعمليه الري

$$W.D = \frac{Q}{A}$$ where Q : Qg (gross discharge) or Qn (net discharge)

A : At , Ag (total area) or An (net area)

حيث ان $\frac{Q}{A}$ = سرعه : سعه جريان القناه Flow capacity

$$W.D = \frac{Qg}{An} \text{ or } \frac{Qg}{Ag} \text{ or } \frac{Qn}{An} \text{ or } \frac{Qn}{Ag}$$

or

is an area irrigated by unit of continous discharge.

$$W.D = \frac{A}{Q} \text{ or } \frac{Ag}{Qn} \text{ or } \frac{An}{Qg} \text{ or } \frac{An}{Qn}$$

حيث ان $At = Ag$ وللتحويل $An = 0.88\ At$

water duty depend on :

1- Type of plant
2- type of soil
3- temperature
4- Salt concentration in the soil.

مؤشر وراسه المقنن المائي هو توزيع اقتصادي لمياه الري المجهزه للحقل بدون فقد او هدر وذلك بتقييم الاستغلال (علم مجتمع من المياه) للمحاصيل المختلفه على مدار عمرها حيث تغاير حدة الحمي مع احتياجات النمو والتقليل الحميه

Ex① Given S_{md} = 12 mm/day time of continous irrigation = 1 day , IE = 95% , total area = 10 ha. Find water duty in total ha per applied discharge (m^3/s).

Sol-

$$dn = Smd = 12 \frac{mm}{day} * 1 day = 12 mm$$

$$Q_n \cdot t = dn \cdot A \Rightarrow Q_n * 24 * 3600 * 1 = \frac{12}{1000} * \frac{100000}{.88}$$

$$Q_n = 0.0122\ m^3/s$$ تعريف صافي حقل

$$IE = \frac{Qn}{Qg} = 0.95 \Rightarrow 0.95 = \frac{0.0122}{Qg} \Rightarrow Q_g = 0.0126 \frac{m^3}{s}$$

$$W.D = \frac{10}{0.0126} = 793.7\ G\,ha/G\,m^3/sec \text{ or } T\,ha/T\,m^3/s$$

Ex② Given a W.D = 2000 G Dunam/G m³/sec , Ec or CE = 75% , Total area = 1000 Dunam. Find discharge at the head of the canal. (Q_{Total}).

Sol.

$$CE = \frac{Q_g}{Q_T} \times 100\% \qquad W.D = \frac{A_g}{Q_g} \Rightarrow 2000 = \frac{1000}{Q_g}$$

$$Q_g = 0.5 \ m^3/s$$

$$\frac{75}{100} = \frac{0.5}{Q_T}$$

$$\therefore Q_T = 0.67 \ m^3/s$$

Ex③ Discharge is applied to Farm = 180 l/s once every week. Total area = 60 ha , F.C = 40% by vol. initial water content just before irrigation = 32 % by vol. RZ = 1m , water losses = 20% of net depth. Find water duty in N.Dunam / G m³/s .

1 ha = 4 Dunum

$$d_n = smd = \frac{40-32}{100} * 1000 = 80 \ mm \quad [\text{before irrigation}]$$

$$d_g = d_n + \text{water losses} + \cancel{LR} - \cancel{\text{Rainfall}}$$

$$d_g = 80 + \frac{20}{100} 80 = 96 \ mm$$

التصريف $Q = 180 \frac{l}{s}$ المعطى بالسؤال هو تصريف متناوب لذا وجب تحويله الى تصريف مستمر لتعويضه من قانون W.D واستخراجه (W.D) .

$Q_i \cdot t_i = Q_c \cdot t_c$ حيث t_i: وجب استخراجها

$Q_g \cdot t = d_g \cdot A$

$180 * 88 = Q_c * 7 * 24$ m^3 بالـ L للتحويل $\frac{180}{1000} * 3600 \ t = \frac{96}{1000} * 60 * 10000$

$Q_c = 94.28 \ L/S$ $t = 88 \ hr = 3.6 \ days$

$$\therefore W.D = \frac{A}{Q} = \frac{60 * 4 * 0.88}{\frac{94.28 \ l/s}{1000 \ m^3/s}} = 2240 \ N \ Dunum/G \ m^3/s$$

H.W① Given a W.D = 0.5 T L/S / G Dunum , CE = 90% , IE = 88%. Net area of farm = 2000 ha , Find Q_g (m^3/s)

H.W② Given a W.D = 5.8 G l/s / G ha , total area = 600 ha a discharge is applied for 10 hrs every 7 days . Find Q_i (m^3/s).

Ex / Given a soil of F.C = 35% , P.W.P = 15% R.Z = 1 m
AD = 50% , Cu = 8 mm/day , Find II (max)

Sol- $II_{max} = \frac{RAW = dn}{Cu}$

$dn = RAW = (F.C - P.W.P) * AD * R.Z$

$= \frac{100}{8} = 12.5$ days $= (0.35 - 0.15) * 0.5 * 1000$

≈ 13 days $= 100$ mm

or ≈ 12 days

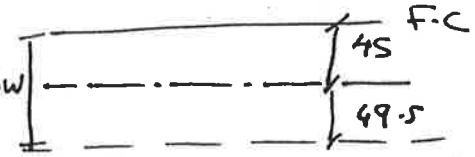
Ex/ Given a soil of F.C = 38% , PWP = 17% R.Z = 90 cm
AD = 50% , Cu = 5 mm/day . On NOV. 6th (morning) soil moisture content = 33% , when would be the next irrigation ?

Sol- $dn = RAW = \frac{38 - 17}{100} * 90 * 10 * \frac{50}{100} = 94.5$ mm

Smd (on 6th of NOV.) $= (0.38 - 0.33) * 900 = 45$ mm

water to be consumed by plant 94.5 − 45 = 49.5 mm

$\therefore II = \frac{49.5}{5} = 9$ days



بنبدأ نحسب ٩ ايام من يوم 6th لانه ذكرلي السؤال تماما
اي بدايه اليوم وبالتالي هيكون موعد السقيه التاليه من يوم 14th .

Ex/ Given a soil of F.C = 40% , PWP = 18% , R.Z = 0.8 m
AD = 50% , Cu = 5 mm/day . Just before irrigation initial water content = 34% , Net depth was applied = 40 mm , 6 days after irrigation eff. rainfall = 30 mm when would be the next irrigation?

Sol- $RAW = \frac{40 - 18}{100} * 0.8 * 1000 * \frac{50}{100} \simeq 88$ mm

Smd $= (0.40 - 0.34) * 0.8 * 1000 = 48$ mm before irrigation

Smd (after irrigation) = 48 − 40 = 8 mm

Smd (after 6 days from irrigation) = 8 + 6 * 5 = 30 = 8 mm

Water to be consumed by plant = 88 − 8 = 80 mm

$II = \frac{80}{5} = 16$ days from the rainfall

Ex Given a F.C = 40% , PWP = 20% , RZ = 900mm AD = 60% if Cu = 3.5 mm/day for 1st 10 days of April , 3 mm/day for 2nd 10 days , 2.5 mm/day for 3rd 10 days of April , Cu = 2mm/day for May . If first of irrigation was done on 1st of April (morning) when would be the next of irrigation.

sol. $RAW = (0.4 - 0.2) * 900 * 0.6 = 108\ mm$

$Smd = 3.5 * 10 + 3 * 10 + 2.5 * 10 = 90\ mm$ For April

Water to be consumed by plants = 108 − 90 = 18mm

$II = \frac{18}{2} = 9$ days from 1st of May

it means the next irrigation will be at 9 May.

Ex A Farm of total area 500 ha , AW = 400 mm/1m , R.Z = 0.9m F.C = 35% , AD = 60% , I.W.C in 1st of April = 120 mm. Cu in first 10 days of April = 3.5 mm/day , Cu in 2nd 10 days of April = 4.5 mm/day , Cu in 3rd 10 days of April = 5.5 mm/day

Find : ① The time till the next of irrigation ② For a net depth of applied water = 80 mm & $\frac{2}{3}$ of dn is water losses , total discharge at head of canal 10 m^3/s , CE = 92% , Find time of irrigation (hr). ③ Find W.D in T lps / N ha.

sol. ① $AW = \frac{400}{1000} = 40\%$ by vol.

$RAW = 0.4 * 0.6 * 900 = 216\ mm$

$Smd = F.C - I.W.C \Rightarrow Smd = 0.35 * 900 - 120 = 195\ mm$

Smd (after 10 days) = $195 + 10 * 3.5 = 230\ mm > 216\ mm$

$\therefore$ no. of days (II) = $\frac{216 - 195}{3.5} = 6$ days after the first of April

② $dn = 80mm$

$dg = 80 + \frac{2}{3} * 80 = 133\ mm$

$CE = 0.92 = \frac{Qg}{Qt} = \frac{Qg}{10} \Rightarrow Qg = 9.2\ m^3/s$

$Qg * t = dg * A$

$9.2 * t = 0.133 * 500 * 10000 * 0.88$

$\therefore t = 17.7\ hr$

$$W.D = \frac{10\ \frac{m^3}{s} * 10^3\ \frac{l}{m^3}}{500 * 0.88\ ha} = 22.7\ T\ l/s\ /\ N\ ha.$$

Ex

$At = 5000\ ha$, $AW = 600\ mm/0.8m$, $R.Z = 900\ mm$, $F.C = 25\%$ (by weight) , $AD = 50\%$, $As = 1.4$, soil moisture content in 15th of March = 315 mm , Cu is as follows :

6 mm/day from 15th to 20th of March

6.5 mm/day from 21th to 31th of March

7.5 mm/day from 1st to 30th of April

9.0 mm/day from 1sh to 31fl of May

at 31th of March $dg = 108\ mm$, Find ① IE @ 31th of March ② Find time of next irrigation ③ Find (Qg) i if time of irrig. = 2 days every 7 days.

at 15th of April effec. rainfall = 30mm

Sol.

$F.C = 25\% * 1.4 = 35\%$ by vol.

$I.W.C$ in March $(15^{th}) = \frac{315}{900} = 35\%$

$\therefore$ Smd (in 15th of March) = 0

Smd (in 20th of March) $= 6\ \frac{mm}{day} * 6\ days = 36\ mm$

Smd (in 31th of March before irrigation) $= 11\ days * 6.5\ \frac{mm}{day} + 36 = 107.5\ mm$

Smd (in 31th of March after irrigation) $= 107.5 - 107.5 = 0$ { water losses by deep percolation = 0.05mm }

$dn = 107.5\ mm$ $IE = \frac{dn}{dg} = \frac{107.5}{108} * 100\% \cong 100\%$

$AW = \frac{600}{0.8} * \frac{mm}{1000\ mm} = 75\%$ by vol.

$RAW = 0.75 * 0.5 * 900 = 337.5\ mm$

Smd (in 30th of April) $= 30 * 7.5 - 30$ (rainfall) $= 195\ mm$

Smd (in 31th of May) $= 195 + 31\ day * 9\frac{mm}{day} = 474 >> RAW$

$\therefore II = \frac{RAW - Smd}{Cu} = \frac{337.5 - 195}{9} = 15.8 \approx 16$ days from 30th of April

$Q * t = dg * An$

$Q * 2 * 24 * 3600 = \frac{108}{1000} * 5000 * 10^4 * 0.88$

$Q = 5.5 \frac{m^3}{s}$

Schedule of Irrigation and Water Budget

جدولة الري والموازنة المائية

الجدولة : هي عملية تنظيم الري وحساب كميات المياه المضافة خلال مدة معينة قد تكون شهر ، شهرين ، فصل زراعي وموازنتها مع استهلاك النبات + ما تبقى في التربة .

هنالك طريقتين للجدولة :-

1- Constant net depth of irrigation and variable irrigation interval عمق ماء صافي مع فاصلة ري متغيرة

2- Variable net depth of irrigation and constant interval irrigation فاصلة ري ثابتة مع عمق ماء صافي متغير

Water Budget :

$$I + R = Cu + \text{Farm losses} + \text{water storage in R.Z}$$

where :

I : irrigation net depth (Σdn)

R : Rainfall ← effective

$Cu = \Sigma Cu$

water storage in R.Z = المحتوى الرطوبي في نهاية الموازنة − المحتوى الرطوبي في بداية الموازنة .

Ex: An irrigation project $Q_g = 8.4\ m^3/s$, Net area = 6000 ha , I.W.C on 1st March = 27% (by vol.) , F.C = 36% p.w.p = 21% all by vol. AD = 40% , IE = 60% , $Cu = 4.8 \frac{mm}{day}$ R.Z = 600 mm Effective rainfall = 31 mm/month Schedule the irrigation using constant net depth and constant irrigation Interval.

* dn ثابتة فاصلة اري متغيرة او طريقة تابلي dn متغير وفاصلة ثابتة

$$RAW = (0.36 - 0.21) * 0.4 * 600 = 36\ mm = dn$$

لسهولة الحساب نطرح المطر مع Cu وكما يلي

$$Cu = 4.8 \frac{mm}{day} - \frac{31\ mm}{month} * \frac{1\ month}{31\ day} = 3.8\ mm/day$$

Smd (before irrigation) $= \frac{36-27}{100} * 600 = 54\ mm$

(A) constant dn

Date day-month	dn (mm)	Smd (before irrig.) (mm)	Smd after inrig. (mm)	note
1-3	36	54	54 − 36 = 18	water can be depleted (36 − 18 = 18 mm) RAW Smd; no. of day = $\frac{18}{3.8} = 4.7 \approx 5$ days
6-3	36	18 + 5*3.8 = 37	37 − 36 = 1	II = $\frac{36-1}{3.8} = 9$ days
15-3	36	1 + 9*3.8 = 36	36 − 36 = 0	II = $\frac{36-0}{3.8} = 10$ days
25-3	36	0 + 10*3.8 = 38	38 − 36 = 2	36 − 2 = 34, II = $\frac{34}{3.8} = 9$ days; نتوقف عند 9 days لانه لا يمكن إعطاء يتم التجاوز على الشهر الرابع

at 31-3 $Smd = 2 + 7*3.8 = 29\ mm$

$I.w.C = (\frac{36}{100} * 600) - 29 = 187\ mm$

$I = \Sigma dn = 36 * 4 = 144\ mm$

$\Sigma Cu = 38 * 31 = 118\ mm$

$I + R = Cu +$ (Soil moisture at the beginning of budget + Soil moisture at the end of budget) = water storage in R.Z

$144 = 118 + (\frac{-27}{100} * 600 + 187)$

$144 = 144$

(B) Constant II

$II_{max} = \frac{36}{3.8} = 9.5$ days, $RAW = 36\ mm$

≈ 9 days or 10 days

$Cu = 3.8\ \frac{mm}{day}$

II = 9 days, Smd on 1st of March = 54 mm

dn = Smd = 54 mm [on 1st of March] (بكل الحالات)

Date	dn mm	Smd before irrig. (mm)	Smd after irrig. (mm)
1-3	54	54	0
10-3	34	0 + 3.8*9	34 - 34 = 0
19-3	34	0 + 3.8 * 9	34 - 34 = 0
28-3	34	0 + 3.8 * 9	34 - 34 = 0

31-3 : Smd = 0 + 4 * 3.8 = 15 mm

water content = F.C - Smd

= (0.36 * 600) - 15 = 210 mm

$\Sigma dn = 54 + 3 * 34 = 156$ mm

$\Sigma cu = 31 * 3.8 = 118$ mm

$156 = 118 + (210 - 162)$

↑ 0.27 * 600

EX :

Schedule the irrigation, calculate water budget for october and NOV. by two methods, F.C = 39%, p.w.p = 17% (all by vol.), AD = 40%, R.Z = 90cm, Soil moisture content on 1st of oct (morning) = 25% by vol., $Cu = 5 \frac{mm}{day}$ in Oct., $Cu = 3.5 \frac{mm}{day}$ in NOV.

Sol.

1- Constant dn

dn = RAW = (0.39 - 0.17) * 0.4 * 900 = 79.2 ≈ 80 mm

Smd (1st of Oct morning) = (0.39 - 0.25) * 900 = 126 mm

date	dn (mm)	Smd (mm) before irrig.	Smd (mm) after irrig.	II
1-10	80	126	126-80=46	$\frac{80-46}{5}=6.8\approx 7$ days
8-10	80	46+7*5=81	81-80=1	$\frac{80-1}{5}=15.8\approx 16$ days
24-10	80	1+16*5=81	81-80=1	16 days
31-10	—	1+8*5=41	—	$\frac{80-41}{3.5}=11.1\approx 11$ days
12-11	80	41+11*3.5=79.5 ≈80	80-80=0	$\frac{80}{3.5}=22.8\approx 23$ days
30-11	—	0+19*3.5=66.5 ≈67		

I.w.C = (0.39 * 900) − 67 = 284 mm
at 31 Nov.

$I=\Sigma dn = 80*4 = 320$

$\Sigma Cu = 31*5 + 30*3.5 = 260$

$I+R = Cu +$ Water storage in R.Z

$320 = 260 + [284 - (0.25*900)]$

$320 \approx 319$ O.K

2- Constant II

$II_{max} = \frac{RAW}{Cu} = \frac{80}{5} = 16$ days for Oct., $\frac{80}{3.5} = 23$ days for Nov.

Choose II = 16 days [نأخذ الأصغر]

Date	dn	Smd (before irrig.)	Smd (after irrig.)
1-10	126	126	0
17-10	80	0+16*5=80	0
31-10	—	0+15*5=75	—
2-11	79	75+1*3.5=79	0
18-11	56	0+16*3.5=56	0
31-11	—	0+13*3.5=46	—

I.w.c [at 30 NOV.] = [0.39*900] - 46 = 305 mm

$I = \Sigma dn = 126 + 80 + 19 + 56 = 341$

$\Sigma Cu = 31*5 + 30*3.5 = 260$

$341 = 260 + [305 - (0.25*900)]$

$341 \cong 340$ ∴ o.k

H.W

Given a project of total area = 50 Dunme, net discharge = $0.05 \frac{m^3}{s}$, F.C = 40%, p.w.p = 22% [all by Vol.] R.Z = 1m, AD = 50%, Cu = 5 $\frac{mm}{day}$ for May, Cu = 7 $\frac{mm}{day}$ for June, Cu = 8 mm/day for July, Cu = 10 $\frac{mm}{day}$ for Augest.

First complete irrigation was done at 10th of May (morning) Schedule the irrigation starting from 1st of June to End of Augest by using constant dn method.

Surface Irrigation (الري السطحي)

م.د. مي سعيد صالح
c-16/c/cc

* الري السطحي قديم ويرجع استخدامه الى 4000 سنه حيث ان ٤/٣ الاراضي المروية في العالم تتم بالري السطحي
* كلفة الري السطحي قليلة مقارنة بالري بالرش او بالتنقيط الا اذا كانت هناك عمليات تدريج ارضي .
* مناسب لمعدلات ارتشاح واطئة ومتوسطة ذات صيل لاتزيد عن 3-2 ب/ .

تتم عملية الري السطحي بغمر سطح التربة بالماء وجعل الماء يجري على سطح التربة مع وجود سيطرة على عمق الماء الداخل الى التربة خلال الحقل.

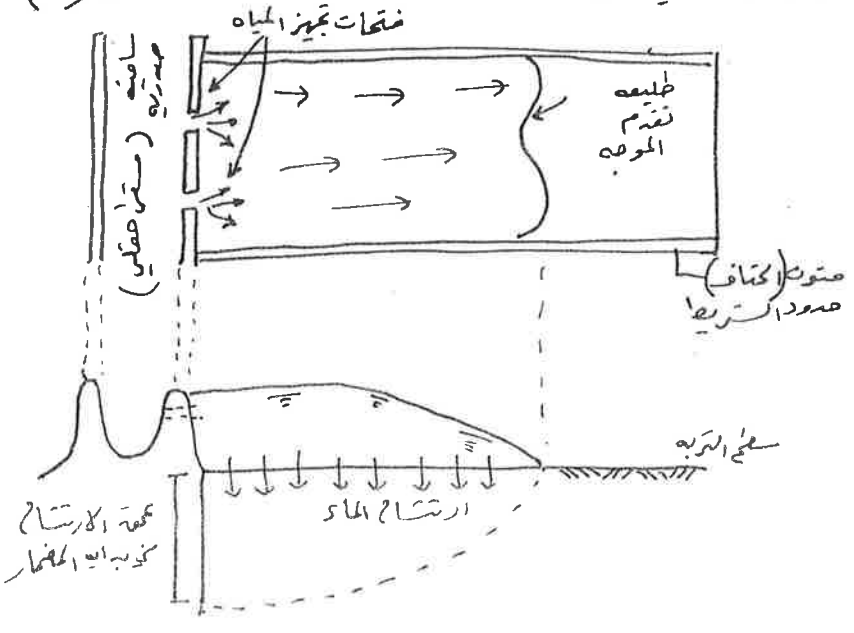
هناك عدة اساليب للري السطحي واهمها

١- الري الشريطي Border Irrigation
٢- ري المروز Furrow Irrig.
٣- ري الاحواض Basins Irrig.

في الثلاث انواع يتحرك الماء على سطح الارض بجريان الصفائح المفتوحه (قنوات ترابية تدعى المروز او جريان فوق على سطح تربة ممهد بعناية كما في الري الشريطي).

آلية عمل الري السطحي :

يبسط الماء في الري الشريطي عادة من انبوبة عالية لاطلاق الري من ساقية جدولية (Head Ditch) او من انبوب مجهز ، يسير الماء بسرعة على عرض الشريط وباتجاه الميل الطولي على شكل موجه ذات جبهة مائية محددة وواضحة . يتناقص الجريان السطحي مع تقدم جبهة الماء فوق الشريط بسبب الارتشاح داخل التربة الذي يكون عالياً في البداية ويتناقص مع الزمن عند كل نقطة من نقاط المخمار (يعني ذلك ان اعماق الارتشاح تزداد مع الزمن حتى حين ان معدل الجريان السطحي يقل مع الزمن على امتداد ساقية المخمار)



Water balance Concept in Surface Irrigation مفهوم الموازنه المائيه

من خلال استخدام بعض المفاهيم الرياضيه يمكن كتابه معدل تقدم طليعه الماء water front وتوزيع اعماق الارتشاح داخل التربه ومن ثم دراسه كفاءه وتناسقيه الري حيث ان هذه المفاهيم تساعد في تحسين وتطوير نظام الري السطحي حيث يتعرض لدى المصمم خيارات متنوعه مثل تصميم انسياب الداخل ، طول مختار الري ، الميل ... الخ .

سيتم شرح نموذج مبسط قابل للتطبيق وشائع الاستخدام في نظام الري السطحي وهو حسب الموازنه المائيه الحجميه .

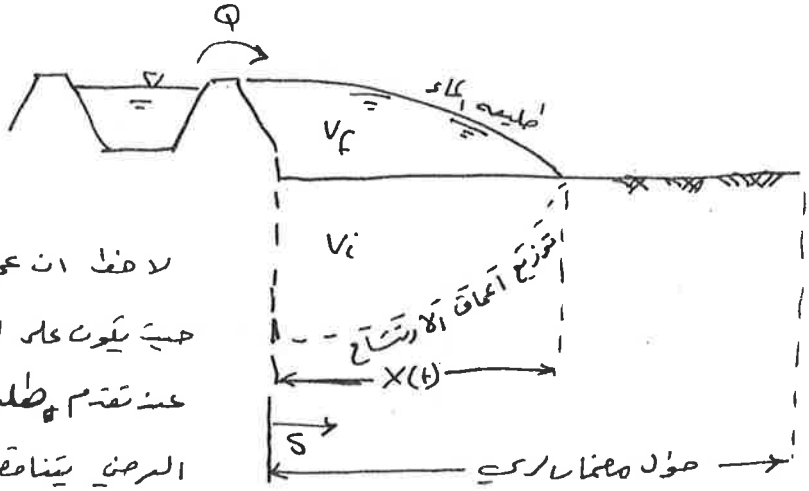
يمكن كتابه معادله الاتصال Continuity eq للانسياب الحجمي وكالآتي :

$$Q \cdot t = V_f + V_i \qquad \text{for } (t \leq t_x) \qquad ---(1)$$

حيث Q : التصريف الداخل لمختار الري ، V_f : حجم الماء على سطح التربه عند زمن t

t : الزمن V_i : حجم ماء الارتشاح داخل التربه عند زمن t

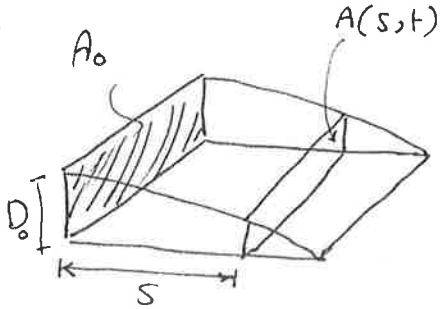
t_o : الزمن اللازم لتقدم الماء لكامل طول مختار الري



لاحظ ان عمق الماء السطحي يتغير مع المسافة حيث يكون اعلى ما يمكن عند بداية مختار الري وهو عند تقدم طليعه الماء حيث ان مساحه المقطع العرضي يتناقص مع المسافه تبعا لذلك :

يمكن حساب حجم الماء السطحي (V_f) من تكامل مساحه المقطع العرضي (المتغيره مع المسافه) على مدى مسافه التقدم X عند الزمن t على الوجه التالي :

$$V_f = \int_0^{X(t)} A(S,t)\, dS = \bar{A} X = 0.77 A_o X \qquad ---(2)$$



X : مسافه تقدم الطليعه

t_x : زمن تقدم (وصول) الماء الى المسافه X

$A(S,t)$: مساحه المقطع العرضي للجريان السطحي عند المسافه S والزمن t حيث $0 \leq t \leq t_x$

S : المسافه من مدخل مختار الري (اقل او يساوي X)

t : الزمن منذ بداية الاسراء

$\bar{A}$: معدل مساحه المقطع العرضي للجريان السطحي على طول المسافه X

A_o : مساحه المقطع العرضي للجريان السطحي عند مدخل المختار

0.77 : يمثل معامل الشكل السطحي Surface Shape factor

يحسب حجم الارتشاح V_i الوارد من المعادله (1) وكالآتي

$$V_i = W \int_0^{X(t)} D(s, t_x - t_s)\, ds \quad \text{——— (3)}$$

D : دالة ارتشاح او التشرب

W : العرض لمقطع الري

بعد افتراض شكل هندسي معين لتوزيع الامحاة (امحاة الارتشاح ولقل الترب) وكذلك امتداد مسافة التقدم وكالآتي :

$$V_i = F.W.D(o, t_x).x \quad \text{——— (4)}$$

F معامل الشكل تحت السطحي (يعطى)

$D(o, t_x)$: عمق الارتشاح من مدخل مقطع الري عند الزمن t_x

لذا تصبح معادله (1) كالآتي

$$Q.t = 0.77A.x + W.F.D(o, t_x).x \quad \text{——— (5)}$$

من معادله (5) يمكن تخمين قيمه مسافه التقدم x عند الزمن t

وقد وجد من التجارب الحقليه المعلليه ان العلاقة بين مسافه التقدم والزمن هي لوغارتميه غطيه ولذا يمكن التعبير عنها بالدالة الأسيه

$$X = a\, t^b$$

a و b ثوابت وصفيه تتقوم بنفس الاساليب والطرق المذكوره في معادلة الارتشاح ($D = c t^m$) التي سبق ذكرها آنفاً .

تطبيقات :

مثال (1) : اذا كان تقدم الماء لمسافه 50م في شريط استغرق 20 دقيقة ، ولشريط 50م ثم 25 دقيقة ، ماهو الزمن اللازم لتغطيه ثالث 50م من الشريط ؟

Ex/ If water advanced for a distance of 50m takes 20min, and for a second 50m takes 35 min. What is the time required for the third 50m of border length to be submerged with water.

الحل : كتب دالة تقدم الماء

$$x = a t^b \Rightarrow 50 = a(20)^b \quad \log 50 = \log a + b \log 20$$

$$\text{and } 100 = a(55)^b \quad \log 100 = \log a + b \log 55$$

(20+35)

$$a = 6.42 \,, \; b = 0.69$$

$$\therefore X_{(m)} = 6.42\, t_{(min)}^{0.69}$$

كذلك زمن تقدم الماء لمسافه 150 م

$$150 = 6.42\, t^{0.69} \Rightarrow t = 96 \text{ min}$$

∴ زمن تقدم ثالث 50م $= 96 - 55 = 41$ دقيقة

مثال ③ تم اعطاء تصريف مقداره 3.9 لتر/ث / وحدة عرض من الشريط . عمق الجريان ثابت

$D_{mm} = 4.8\ t_{min}^{0.5}$ بداية الجريان للسطح هو 8 سم ، دالة الارتشاح للتربة هي

هذه الجملة غير واضحة في الأصل

. $F = \frac{2}{3}$ (parabola) 48 ملم ، افرض ان توزيع العمق الرطب هو قطع مكافئ

الحل : لتحقيق عمق ارتشاح مقداره 48 ملم عند مدخل الجريان لابد ان يكون زمن الارتواء مساوي لزمن الارتشاح لعمق 48

$$t = (48/4.8)^2 = 100\ min$$

تطبق المعادلة التالية

$$Q = 3.9 * 10^{-3} * 60 = 0.234\ m^3/min$$

$$A_o = 0.08 m^2 * 1 m = 0.08 m^2 \quad \text{since } w = 1 m,\ F = 2/3$$

$$D(o, t_x) = 0.048 m$$

$$Q.t = 0.77\ A_o\ x + F \cdot D(o, t_x) \cdot x$$

$$0.234 * 100 = 0.77 (0.08) x + \frac{2}{3} (0.048) x$$

$$x = 250 m$$

صيغة المثال ③ باللغة الانكليزية :

Given the inflow stream of 3.9 lit/sec/unit width of border. The water depth at the begining of Irrigation run (بداية الري) is 8 cm, the infiltration function of soil is given : $D(mm) = 4.8\ t_{min}^{0.5}$. Find maximum distance that the water front (الجبهة) can reach so that the depth of infiltration at the begining of irrigation is 48 mm. Assume that $F = \frac{2}{3}$ (parabola).

Ex ③ If the rate of flow supplied to the irrigation run is 5.5 lit/sec/1m, and the depth of water at the begining of irrigation run is 5 cm. The distribution of infiltration depths is Ellipse ($F = \frac{\pi}{4}$). estimate the contants (m, c) of the infiltration function ($D = c t^m$) (t_{min} , D_{mm}).

Sol-

$t_1 = 30 min$ $\quad X = 120 m$ دالة تقدم الماء

$t_2 = 80 min$ $\quad X = 240 m$

$$Q = 5.5 * 10^{-3} * 60 = 0.33\ m^3/min \quad , F = \frac{\pi}{4} , \quad A_o = \frac{5}{100} * 1 m = 0.05 m^2$$

$$D_o(o, tx) = \frac{c}{1000}\ t_x^m \quad (\text{in meter})$$

من معادلة الموازنة

$$Q \cdot t = 0.77 A_o X + W.F.\ D(o,tx).x$$

$$0.33(30) = 0.77(0.05)(80) + 1 * \frac{\pi}{4} * \frac{C}{1000}(30)^m * 120 \quad \text{---} ①$$

$$0.33(80) = 0.77(0.05)(240) + 1 * \frac{\pi}{4} \frac{C}{1000}(80)^m * 240 \quad \text{---} ②$$

من المعادلتين ① ، ② نستخرج ايجاد ثوابت الارتشاح m , C

$$\left.\begin{aligned} 56 &= C(30)^m \\ 91 &= C(80)^m \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{aligned} m &= 0.495 \\ C &= 10.4 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow D = 10.4\ t^{0.495}$$

Ex④ If the depth of infiltration at the begining of irrigation run is 48 mm when the water front reach distance of 160 m of border length, and it become 72 mm when the water front reach 240 m distance.

Find the depth of infiltration at distance of 100 m from the begining of irrigation run when water front reach 300 m.

The infiltration function is given: $D = 6t^{0.5}$ (D mm, t min).

Sol.

زمن تقدم الماء لمسافة 160 م يساوي زمن ارتشاح مقداره 48 ملم

ويتم ايجاده من دالة الارتشاح

$$D = 6t^{0.5}$$

$$48 = 6t^{0.5} \Rightarrow t = 64 \text{ min}$$

وزمن تقدم الماء لمسافة 240 m يتم ايجاده كالآتي

$$72 = 6t^{0.5} \Rightarrow t = 144 \text{ min}$$

وبذلك يمكن ايجاد دالة تقدم الماء

$$X = at^b$$

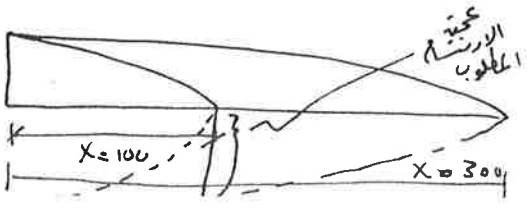
بحل المعادلتين

$$\left.\begin{aligned} 160 &= a(64)^b \\ 240 &= a(144)^b \end{aligned}\right\} \quad \begin{aligned} b &= 0.5 \\ a &= 20 \end{aligned}$$

$$\therefore X = 20t^{0.5}$$

ان زمن الارتشاح عند المسافة $X = 100m$ عند تقدم طليعة الماء لمسافة $X = 300m$

يمثل الفرق بين زمن تقدم المسافتين المذكورتين



$100 = 20\,t^{0.5} \Rightarrow t = 25$ min ← يتم طرح وقت تقدم عليه الماء لمسافة $x = 100$ وذلك لان الماء لم يصل بعد الى المسافة المطلوب حساب عمق الارتشاح بها

$300 = 20\,t^{0.5} \Rightarrow t = 225$ min

$225 - 25 = 200$ min

$D = 6(200)^{0.5} = 84.85$ mm

Ex: Irrigation run has a function of water front $x = 25\,t^{0.5}$ and constant rate of infiltration I mm/hr and the inflow rate equal to 4 lit/sec/1m, if you know the depth of water = 10.8 cm (at the begining of irrig. run) and the depth of infiltration = 48mm (at the begining of irrig. run) when the water reach the end of irrig. run

Find I ?

Sol.

$$Q.\,t_x = 0.77\,A_o\,x + w\int_0^{x(t)} D(s, t_x - t_s)\,ds$$

$s = 25\,t_s^{0.5}$, $ds = 12.5\,t_s^{-0.5}\,dt_s$

$A = 0.108\ m^2$, $w = 1$, $Q = \frac{4}{1000} * 60 = 0.24\ \frac{m^3}{min}$

$D = \int I\,dt = I\int_{t_s}^{t_x} dt = I\,(t_x - t_s)$

$$0.24\,t_x = 0.77\,(0.108)\,(25\,t_x^{0.5}) + 1\int_0^{t_x}\left[I(t_x - t_s) * \frac{10^{-3}}{60}\right] * (12.5\,t_s^{-0.5}\,dt_s)$$

$$0.24\,t_x = 2.079\,t_x^{0.5} + \frac{I}{4800}\int_0^{t_x}(t_x\,t_s^{-0.5} - t_s^{0.5})\,dt_s$$

$$0.24\,t_x = 2.079\,t_x^{0.5} + I\,t_x^{1.5}/3600$$

$D = I\,(t_x - t_s)$ للتخلص من t_x من طرفين

$D_o = I\,t_x$ (D_o عمق الارتشاح بداية الحقل عندما $t_s = 0$)

$t_x = \frac{D_o}{I} = 60\,\frac{D_o}{I}$ (min) نعوض عن t_x بـ $\frac{48}{I}(60)$

$$0.24 * \frac{60*48}{I} = 2.079 * \left(\frac{60*48}{I}\right)^{0.5} + \frac{I}{3600} * \left(\frac{60*48}{I}\right)^{1.5}$$

$I = 20$ mm/hr

H.W Find the maximum distance that the water can reach if you know $X = 2.5t$, rate of flow = 12 lit/sec/1m depth of water at the begining of irrigation run = 8 cm, rate of infiltration $I = 11.32\ \frac{mm}{hr}$

$X = 208$ m ans.

الري الشريطي : Border Irrigation

يقسم الحقل الى شرائط طويله ومتوازيه عرضها ٢ - ٣٢ بواسطه ترابيه dikes او تسمى متون ridges ويسمى كل شريط على حده . يتراوح طول الشريط من ١٠٠ - ٨٠٠ م حسب نوع التربه وطول الحقل والتعريف المتوفر . يجهز الماء من سامنه تفتح في اعلى الحقل باتجاه عمودي على الشريط . يجب ان يغطي السيل الجانبي (الرجيع) تماما دون ذلك يؤدي الى تراكم الماء في جانب واحد مما يؤثر على تناسق الري . للشريط ميل باتجاه الري منتظم ومناسب يسمى (Irrigation slope) .

يجهز كل شريط بتصريف مناسب من الماء من بدايته العليا ويجري الماء على شكل صفيحة رقيقة متجانسه بين جنبتي الشريط .

يفضل ان يكون ميل الشريط اقل من ٠.٥٪ .

المميزات

١- سهوله وقلة تكاليف الانشاء ٢- امكانيه استعمال المكننه في عمليه الانتاج ٣- سهوله التشغيل .

المحددات

١- قد لا تسمح الطوبوغرافيه لاجراء تسويه قليله التكلفه .
٢- عدم توفر التعريف الكافي لارواء شرائط بمساحه معقوله .
٣- صعوبه تحقيق ري بكفاءه عاليه لاعماقه اقل من 50 ملم .

الري الحوضي : Basin Irrigation

هو من اسهل طرق الري السطحي وتتضمن الطريقه تقسيم الحقل الى عدد من الالواح او المساحات المستويه المربعه الشكل تقريبا محاطه بسداد او جسور ترابيه كافيه لحصر الماء داخل الحوض ومنع السيح السطحي. اذ ان الفرق بين الري الشريطي والري الحوضي هو الاشاره الى المساحات المحاطه كليا" بجسور او سداد تمنع السيح السطحي . يتراوح مساحه اللوح (الحوض) من ١م٢ (لري الخضراوات الكثيفه او اشجار الفاكهه) الى 7.5 هكتار لغرض انتاج محصول الرز وغيرها من محاصيل الحبوب . تتم عمليه الارواء بجعل الماء بتصريف عالي نسبيا الى الحوض لتغطيه كامل المساحه بزمن معين ثم يقطع التصريف عند دخول الماء الكافي للارواء . تناسب طريقه الري الحوضي الترب ذات النفاذيه الواطئه وخاصه الترب الثقيلة . تطبق الطريقه على الاراضي المستويه المنبسطه التي لاتحتاج الى تعديل وتسويه مكلفه مما يمكن تطبيقها لاغراض غسل الترب واستصلاحها .

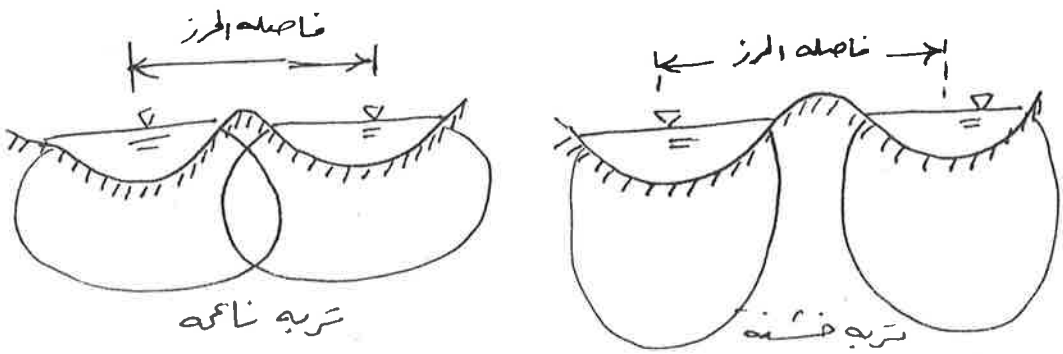
المحاسن :

١- تعديل الارض بصوره دقيقه وبعكسه تكون كفاءه وتناسق الري منخفضه
٢- كثره الجسور والسواقي التي تعيق استخدام المكننة .
٣- متطلبات الانشاء والحفاظ على الجسور والسداد من الانهيار مكلفه مقارنه بالطرق الاخرى .

ري الخروز : Furrow Irrigation

الخرز : هو عباره عن ساقيه او قناة صغيره ذات ميل ثابت باتجاه الري (الجريان) وسيتم الخرز لجميع المحاصيل الخضيه (التي تزرع على خطوط) مثل القطن ، الذرة السكاطا والخضراوات وغيرها .

تتحدد المسافه (المسافه بين خرز وآخر) وتعتمد على نوع المحصول وخصائص حركه الماء في الترب . ينبغي ان تكون المسافه المناصبه بين خرز وآخر مناسبه لتأمين انتشار الماء على جانبي الخرز ووصوله الى المنطقة الجذريه . لاحظ حركه الماء وخط البلل لترب مختلفه النسجه .

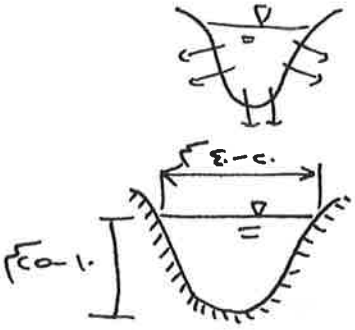


خط البلل التربه تحت الري بالخروز لنفس المسافه الخرز

في الرسم يجب ان تقل ناصله الجرز كلما زادت خشونة التربة بسبب قلة الحركة الجانبية للماء في التربة الخشنة لذا ينصح بأن تكون ناصلة الري لا تزيد عن ٥٠سم ولا تزيد عن ٧٥سم في التربة المتوسطة الخشونة وتزيد عن ذلك في التربة الناعمة.

يختلف العمق في الري الشريطي والحوضي عن اضافة الماء بطريقة الجروز حيث تتم في الاولى تغطية كامل مساحة الحقل بالماء. في حين يترك الماء في الثانية داخل مقطع الجرز فقط ثم يرتشح الى داخل التربة من خلال المحيط المبلول للجرز. لذا فقد ان نفاذ الماء الى الجوانب يتم بتأثير الخاصية الشعرية بينما الى الاسفل بالخاصية الشعرية والجاذبية.

تعتمد المحيط المبتل على الشكل الهندسي للجرز، شكل مقطع الجرز ربما يكون مثلث، او شبه دائري او مقطع مكافئ او ناقصا.



عرض الجرز من ٥٠ — ٤٠ سم والعمق من ١٠-٣٥سم.

يكون اقصى عمق للجرز في بدايته ويقل مع تقدم الماء باتجاه الميل.

يجب ان يكون ميل الجرز منتظم ويحقق سرعة جريان غير حسيبة للتعرية والحت في مقطع الجرز وينضل ان لا يزيد الميل عن ٢٪

محاسن ري الجرز هي عدم حاجته الى مصاريف كبيرة وضائعات المساحة اقل حيث انه لا يحتاج الى سواقي كثيرة لتجهيز الماء ولا يحتاج سداد او مستوين ومع ذلك فهناك محددات وعيوب

١- تراكم الاملاح عند قمم الجروز

٢- سيح سطحي عالي مما يتطلب تجميع المياه الفائضة والتخلص منها بشكل مناسب

٣- احتياج عالي للايدي العاملة اللازمة للتشغيل والصيانة.

٤- يتعذر اعطاء دبيات صغيرة لا تحتاج اقل من ٥ سم كعمق احتياطي خصوصا عندما تكون الجذور ضحلة ومعدلات السرب للماء عالية.