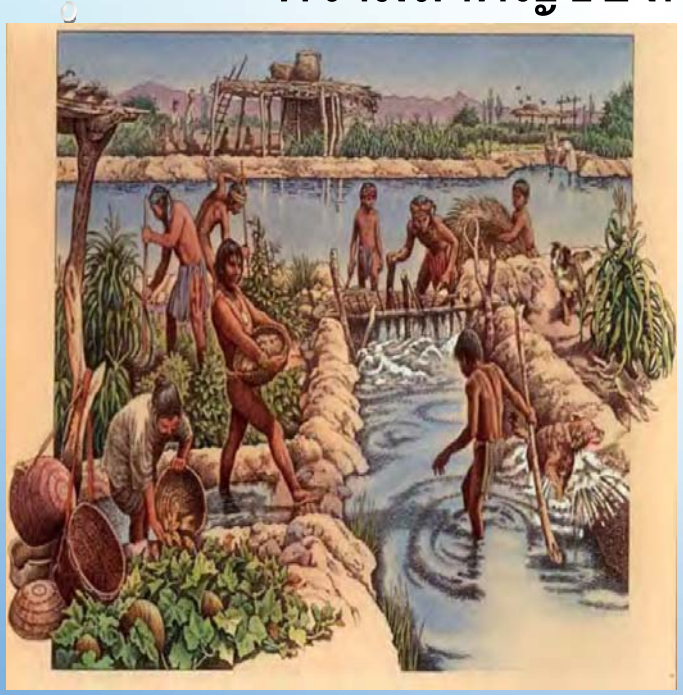
หลักการชลประทาน และการให้น้ำพืชเกษตรกรรม

รองศาสตราจารย์.ดร.วราวุธ วุฒิวณิชย์

สำหรับการประชุมเชิงปฏิบัติการ
กรมฝนหลวงและการเกษตร
วันที่ 14 กันยายน 2561

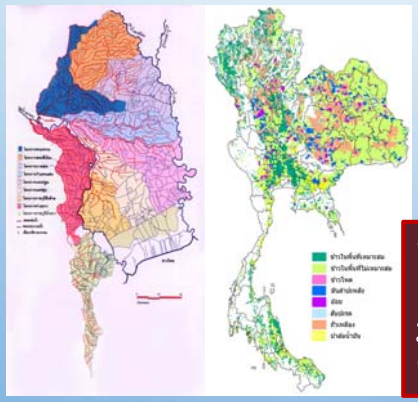
ความสำคัญของการชลประทาน



Irrigation in many countries is an old art - as old as civilization - but for the whole world it is a modern science- the science of survival.

การชลประทานกำเนิดมา 7500 ปีใน Mesopotamia— *N.D.GULHATI OF INDIA—*

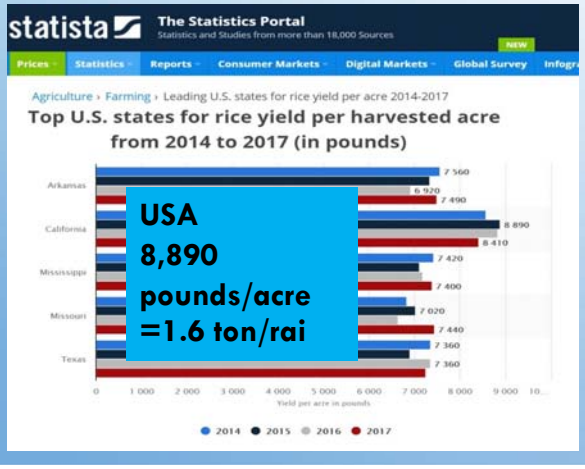
การชลประทาน คือศาสตร์ที่เกี่ยวกับการให้น้ำแก่พืช



คำถาม ?
1.เมื่อไรที่พืชต้องการน้ำ
2.พืชต้องการมากน้อยเท่าใด
3.แหล่งน้ำอยู่ที่ไหน
4.ปริมาณน้ำต้นทุนที่มี เพียงพอหรือไม่ ถ้าไม่พอจะทำอย่างไร
5.จะส่งน้ำด้วยวิธีไหน
6.ค่าใช้จ่ายเท่าใด
7.ใครออกค่าใช้จ่าย
8.ให้น้ำอย่างไรจึงได้ประโยชน์สูงสุด
9.ผลประโยชน์ที่ได้คุ้มค่าหรือไม่
10.ใครได้ผลประโยชน์จากน้ำชลประทาน
11.การจัดสรรน้ำชลประทานมีความเป็นธรรมหรือไม่
12.การพัฒนาแหล่งน้ำเกิดผลดีผลเสียอย่างไร มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากน้อยเพียงใด ถ้าไม่พัฒนาจะเกิดผลอย่างไร

การชลประทาน จึงเกี่ยวข้องกับมิติต่างๆ ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม การเงิน การเมือง จึงต้องรู้ศาสตร์และเทคโนโลยีหลายด้าน และสามารถบูรณาการความรู้ด้านต่างๆเข้าด้วยกัน จึงจะประสบผลสำเร็จ

วัตถุประสงค์หลักข้อที่ 1 ของการชลประทาน คือ การเพิ่มผลผลิตด้วยน้ำ



The Guardian

22.4 ton/hectare =3.6 ton/rai

India's rice revolution

Sumant Kumar was overjoyed when he harvested his rice last year. There had been good rains in his village of Darveshpura in north-east India and he knew he could improve on the four or five tonnes per hectare that he usually managed. But every stalk he cut on his paddy field near the bank of the Sakri river seemed to weigh heavier than usual, every grain of rice was bigger and when his crop was weighed on the old village scales, even Kumar was shocked.

This was not six or even 10 or 20 tonnes. Kumar, a shy young farmer in Nalanda district of India's poorest state Bihar, had - using only farmyard manure and without any herbicides - grown an astonishing 22.4 tonnes of rice on one hectare of land. This was a world record and

5

2/14/2018 Rice production in Thailand - Wikipedia

WIKIPEDIA

Rice production in Thailand

Rice production in Thailand represents a significant portion of the Thai economy and labor force.[1] Forty percent of Thais work in agriculture, 16 million of them as rice farmers by one estimate.[2][3]

Thailand has a strong tradition of rice production. It has the fifth-largest amount of land under rice cultivation in the world and is the world's second largest exporter of rice.[4] Thailand has plans to further increase the land available for rice production, with a goal of adding 500,000 hectares to its already 9.2 million hectares of rice-growing areas.[5][6] Fully half of Thailand's cultivated land is devoted to rice.[7]

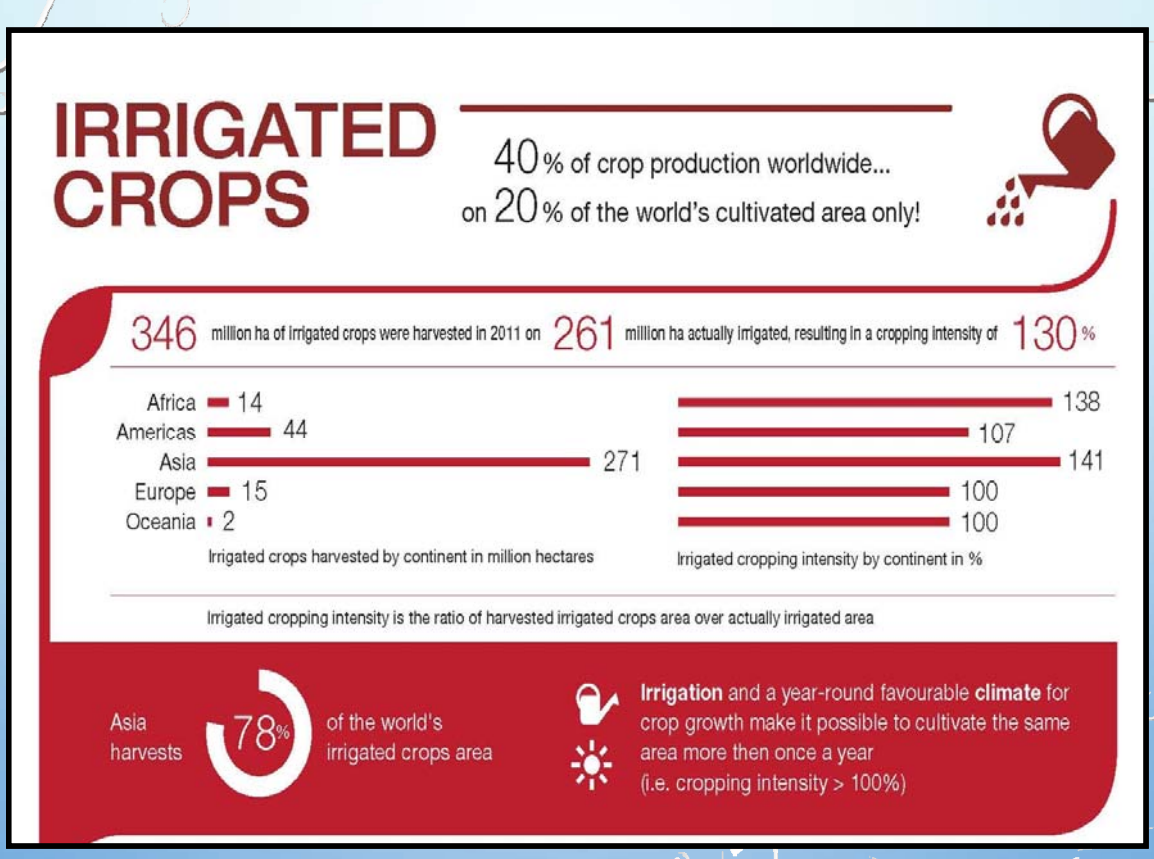
Rice plantation in Thailand

Max. recorded rice yield		
Thailand	0.5 ton/rai	
USA	1.6 ton/rai	x3
China	2.8 ton/rai	x5
India	3.6 ton/rai	x7

The Thai Ministry of Agriculture expects rice production to yield around 25 million tonnes of paddy rice in the 2016-2017 crop year, down from 27.06 million tonnes in 2015-2016.[8] Jasmine rice (Thai: ข้าวหอมมะลิ; RTGS: *khao hom*

27.06 million ton/9.2 million ha.=2.94 ton/hectare =0.5 ton/rai

6



FAO statistics	Area(%)	Yield(%)
Irrigated	20	40
Rainfed	80	60
Total	100	100

Irrigated yield/Rainfed yield=(40/60)*(80/20) = 8/3=2.7

ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูก ประมาณ **149** ล้านไร่ เป็นพื้นที่ชลประทาน **30** ล้านไร่ หรือ **20%**

ผลผลิตข้าวเฉลี่ย = **0.5** ตัน/ไร่

เกษตรน้ำฝน **(80%)** ได้ผลผลิต = **X** ตัน/ไร่

เกษตรชลประทาน **(20%)** ได้ผลผลิต = **2.7X** ตัน/ไร่

80%(X) + 20%(2.7X) = ผลผลิตข้าว **0.5** ตัน/ไร่

1.34X = 0.5

X = 0.37

ผลผลิตเกษตรน้ำฝน **(X)=0.37** ตัน/ไร่

ผลผลิตเกษตรชลประทาน **(2.7X)=2.7*0.37=1.00** ตัน/ไร่

คำถามคือ ทำอย่างไรจึงจะสามารถเพิ่มผลผลิตได้

ด้วยการชลประทาน

** ถ้าพืชไม่ขาดน้ำ ผลผลิตจะเพิ่ม **

ดังนั้นถ้าต้องการเพิ่มผลผลิต

ต้องรู้หลักการชลประทาน

(IRRIGATION PRINCIPLE)

หลักการชลประทาน

สำหรับเกษตรกร – หลักการชลประทาน คือ หลักวิชาที่เกี่ยวกับการกำหนดการใช้น้ำแก่พืช: เมื่อไรจะให้น้ำ**(WHEN)** ให้เป็นปริมาณเท่าใด **(HOW MUCH)** และให้อย่างไร **(HOW)** เพื่อให้พืชให้ผลผลิตดี

(WHEN-HOW MUCH-HOW)

{ความเพียงพอ ความสม่ำเสมอ ประสิทธิภาพ}

สำหรับโครงการชลประทาน – หลักการชลประทาน คือ หลักวิชาที่เกี่ยวกับการส่งน้ำ: จะส่งน้ำอย่างไรเพื่อให้ผู้ใช้น้ำได้รับน้ำในปริมาณที่ต้องการและในเวลาที่ต้องการ

(FREQUENCY, RATE, DURATION)

{ความเพียงพอ ความยืดหยุ่น ความเป็นธรรม ประสิทธิภาพ}

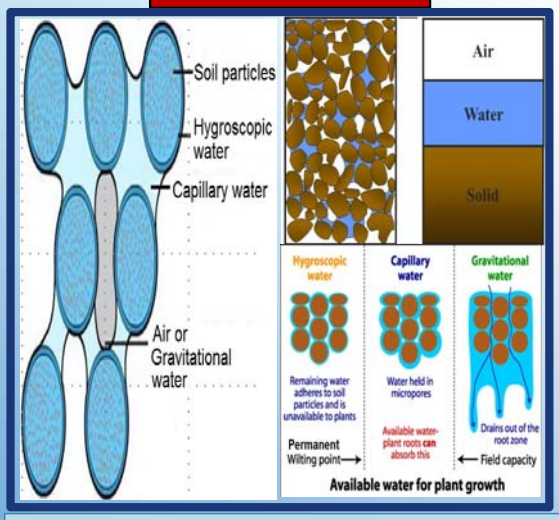
หลักการชลประทาน

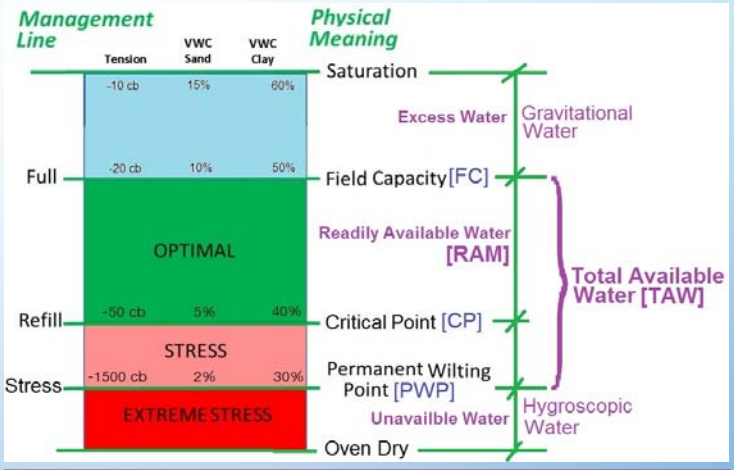
เมื่อไรจะให้น้ำ(WHEN) ให้เป็นปริมาณเท่าใด (HOW MUCH) และให้อย่างไร (HOW)

[1] IRRIGATION SCHEDULING (WHEN, HOW MUCH)

[2] IRRIGATION METHOD (HOW)

Soil Water





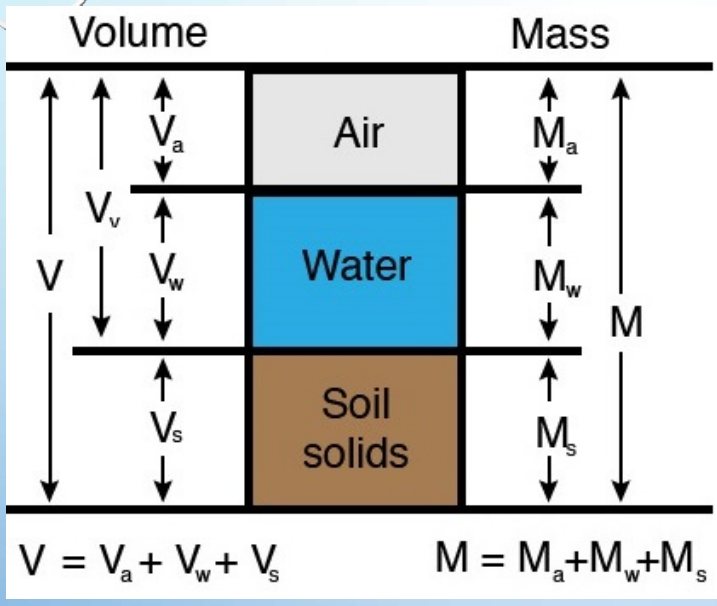
RAM = Allowable Depletion
RAW/TAW = Depletion Fraction (p)< 1.00 ขึ้นอยู่กับพืช

Optimal irrigation scheduling คือการควบคุมความชื้นในดินให้อยู่ในช่วง **CP** และ **FC**

[1] จะเริ่มให้น้ำเมื่อความชื้นในดินลดลงถึง **CP** → **WHEN TO IRRIGATE**

[2] ปริมาณน้ำที่ให้จะต้องเพิ่มความชื้นในดินกลับไปอยู่ที่ **FC** → **HOW MUCH WATER SHOULD BE APPLIED**

SOIL MOISTURE CALCULATION



$\theta_M(\%)$=% soil moisture by dry mass
$\theta_V(\%)$=% soil moisture by volume
d=Depth of soil moisture(mm)
D=Depth of root zone(mm)

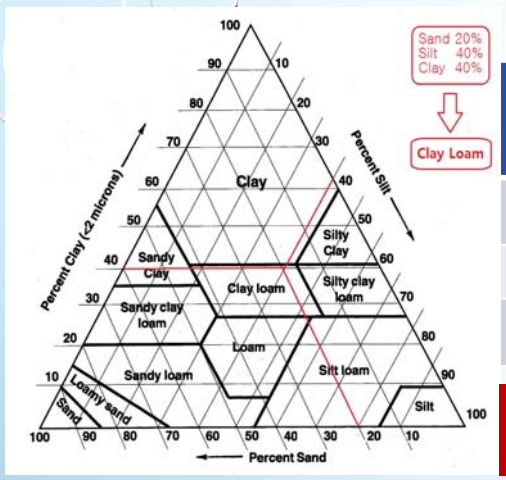
Soil moisture properties

$As = M_s/(V*\gamma_w)$
$D_B = M_s/V$
$n(\%) = 100*V_v/V$

As=Apparent specific gravity(-)
DB=Bulk density(g/cc)
n=Porosity(%)
γw=Unit weight of water=1g/cc.

Soil moisture calculation

$\theta_M(\%) = 100M_w/M_s$
$\theta_V(\%) = 100V_w/V$
$\theta_V(\%) = \theta_M(\%)*As$
$d = \theta_V(\%)*D/100$



Soil Texture Classification

Sand	ϕ>0.05 mm.
Silt	ϕ=0.002–0.05 mm.
Clay	ϕ<0.002 mm.

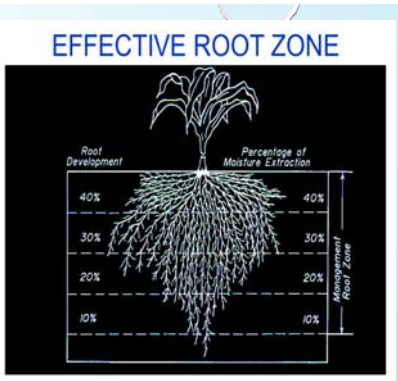


TABLE 1 SOIL PROPERTIES AND WATER HOLDING CAPACITY

Soil types	FC (% dry mass)		PWP (% dry mass)		Porosity(n) (%)		Apparent Specific Gravity(As)	
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
Sand	6-12	9	2-6	4	32-42	38	1.55 – 1.80	16.5
Sandy loam	10-18	14	4-8	6	40-47	43	1.40-1.60	1.50
Loam	18-26	22	8-12	10	43-49	46	1.35-1.50	1.40
Clay loam	23-31	27	11-15	13	47-51	49	1.30-1.40	1.35
Silty clay	27-35	31	13-17	15	49-53	51	1.25-1.35	1.30
Clay	31-39	36	15-19	17	51-55	53	1.20-1.30	1.25

ตัวอย่างการคำนวณ

Example 1 – จงหา TAW และ RAW สำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินร่วน (Loam) มีเขตรากลึก (D) 80 cm. (เมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตเต็มที่) และ Depletion Fraction(p) ของข้าวโพด=0.6

>> จากตารางที่ 1: FC=22% by dry mass, PWP=10% by dry mass, As=1.4

สูตร $d = \theta_M(\%) * A_S * D/100$

TAW=(22-10)*1.4*80/100=13.44 cm = 134.4 mm.

RAW=p*TAW=0.6*134.4=80.6 mm.

Example 2 จงคำนวณหากำหนดการให้น้ำข้าวโพดในตัวอย่างที่ 1 ถ้าสมมติว่าความต้องการน้ำของข้าวโพด (ETc) = 8 mm/day

>> Irrigation Frequency= RAW(mm)/ETc(mm/day)

=80.6/8 =10 days/irrigation

>> Net Irrigation Water Requirement (NIR) = ETc*Irrigation Frequency

=8*10=80 mm for every 10 days. (If no rain)

Example 3 จากค่าสถิติ ถ้ามีฝนตกในพื้นที่ปลูกข้าวโพด และคิดเป็นฝนใช้การ (Effective Rainfall, Re) ประมาณ 2 mm/day ตลอดช่วงการปลูกข้าวโพด จงคำนวณหาปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ (NIR) ที่ต้องให้แก่ข้าวโพด

>> NIR = (ETc-Re)*Irrigation Frequency

= (8-2)*10=60 mm for every 10 days.

ถ้าช่วงไหน มีฝนมาก จนฝนใช้การ(Re) > ค่าความต้องการน้ำของพืช(ETc)

(ETc-RE) < 0 หรือมีค่าติดลบ

กรณีนี้ NIR = 0 แสดงว่าไม่ต้องให้น้ำ

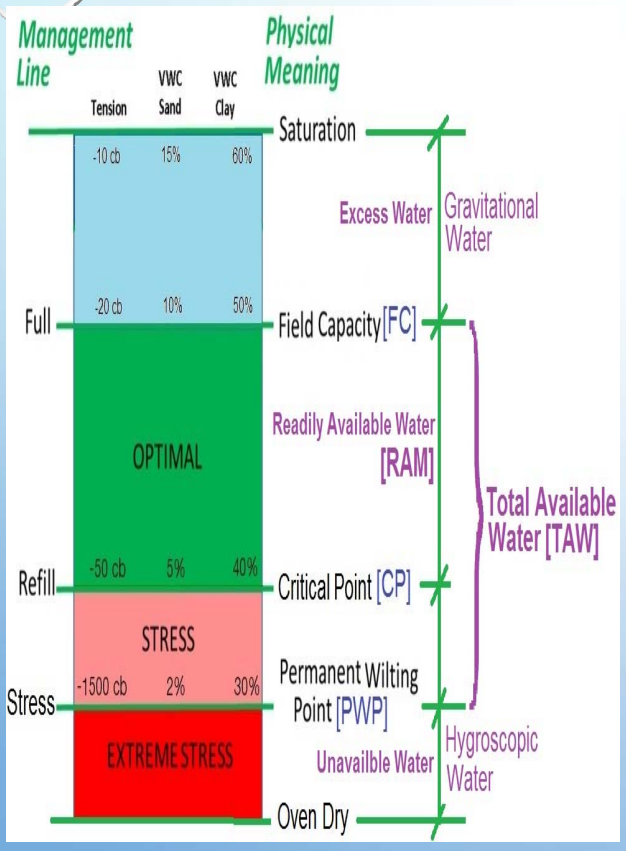
Example 4 จากตัวอย่างที่ 3 ถ้าประสิทธิภาพการให้น้ำ (Application Efficiency, Ea)=70% จงหาปริมาณความต้องการน้ำชลประทานทั้งหมด (Gross Irrigation Water Requirement, GIR) ที่ต้องให้แก่ข้าวโพด

>> Ea (%) = 100 * NIR/GIR

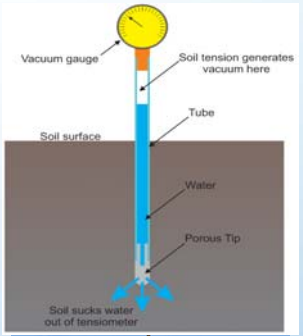
>> GIR = 100*60/70 = 85.7 mm for every 10 days.

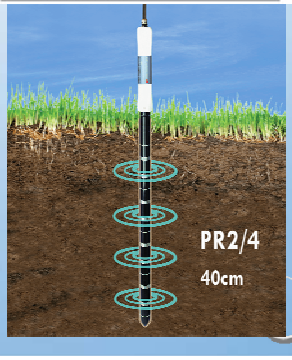
>> IRRIGATION WATER LOSS = GIR – NIR = 85.7-60 =25.7 mm/irrigation

IRRIGATION SCHEDULING INSTRUMENTS



Soil Moisture Meter
Soil Moisture Scheduler
<<WHEN TO IRRIGATE>>





สรุปในการกำหนดการให้น้ำ (Irrigation scheduling) จำเป็นต้องรู้เกี่ยวกับ

[1] ความชื้นในดิน (FC, PWP, CP, As)

[2] คุณสมบัติพืช (D, p)

[3] ความต้องการน้ำของพืช(ETc)

[4] ฝนใช้การ (Re)

[5] ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea) ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการให้น้ำ (Irrigation Method)

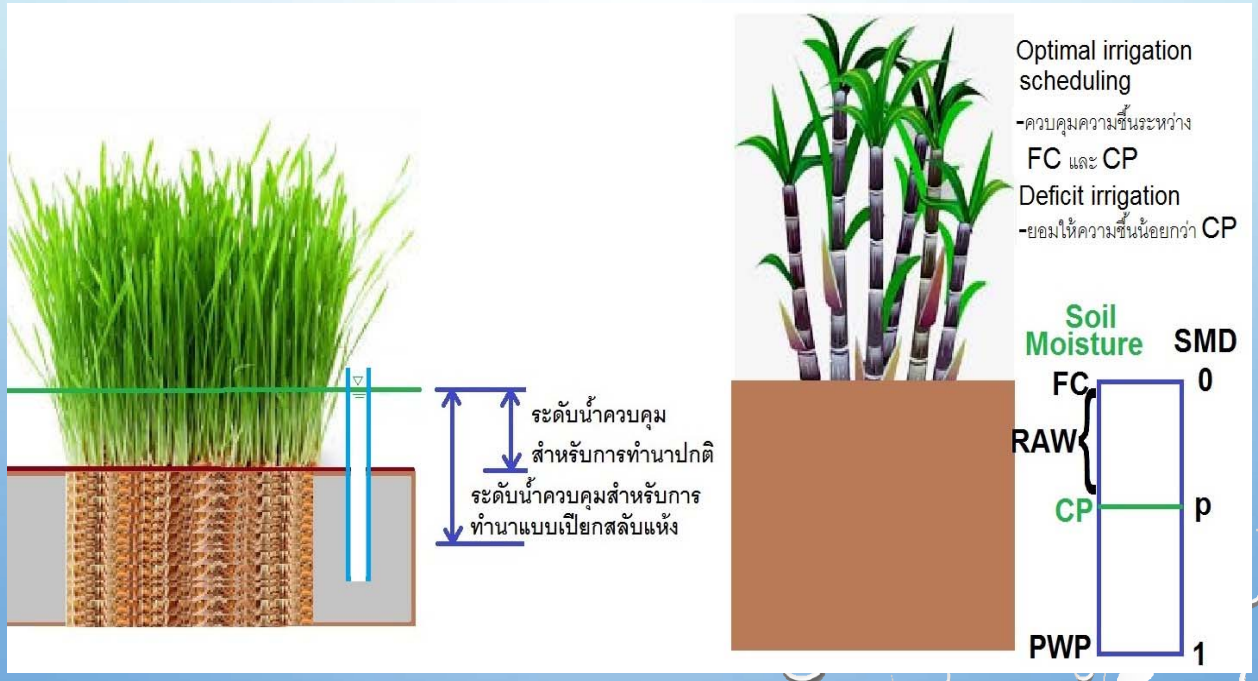
Table 8 Ranges of maximum effective rooting depth (Z_r), and soil water depletion fraction for no stress (p), for common crops

Crop		Maximum Root Depth [1] (m)	Depletion Fraction [2] (for ET ≈ 5 mm/day) p
a. Small Vegetables			
Broccoli		0.4-0.6	0.45
Brussel Sprouts		0.4-0.6	0.45
Cabbage		0.5-0.8	0.45
Carrots		0.5-1.0	0.35
Cauliflower		0.4-0.7	0.45
Celery		0.3-0.5	0.2
Garlic		0.3-0.5	0.3
Lettuce		0.3-0.5	0.3
Onions			
	- dry	0.3-0.6	0.30
	- green	0.3-0.6	0.30
	- seed	0.3-0.6	0.35
Spinach		0.3-0.5	0.20
Radishes		0.3-0.5	0.30

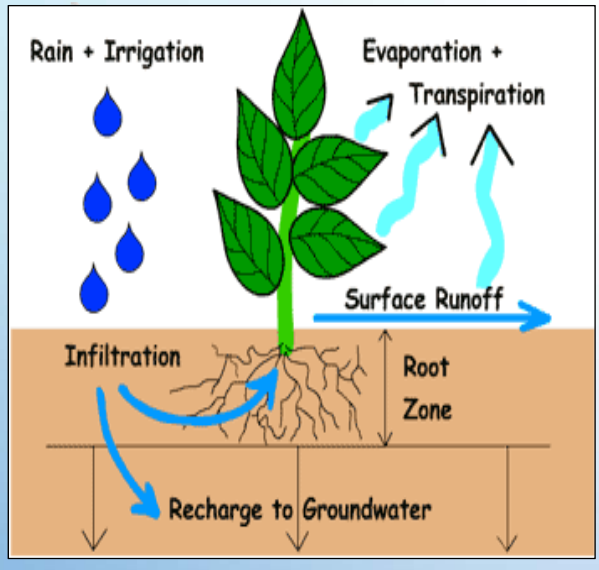
FAO Irrigation and Drainage Paper No.56 – Guideline for computing crop water requirements

การกำหนดการให้น้ำสำหรับข้าวและพืชที่ไม่ใช่ข้าว

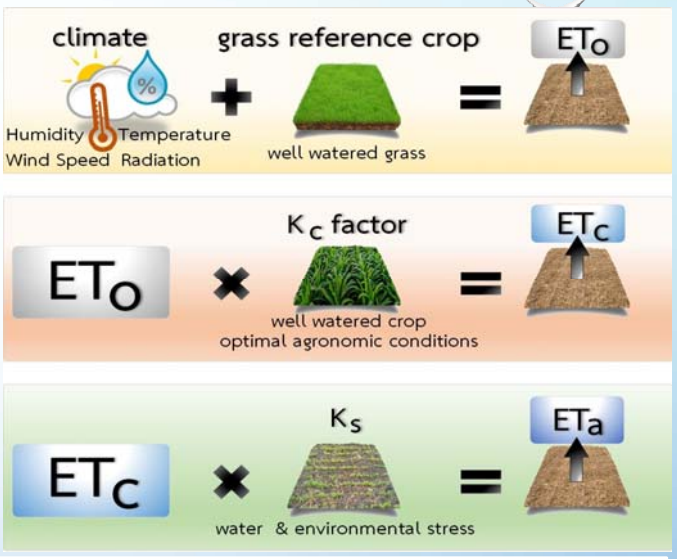
Rice	Non-rice



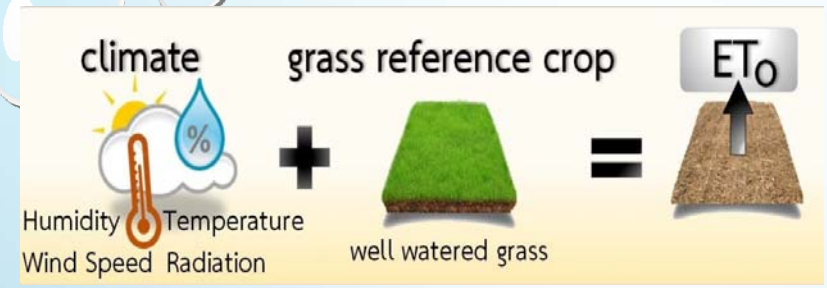
Crop Water Requirement



ET=Evaporation+Transpiration
=Evapotranspiration
3 terms of ET → ETo, ETc, ETa

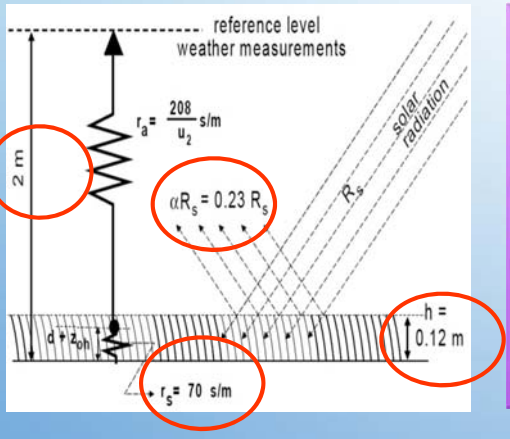


ETo= Reference crop ET depends on climatic data only.
ETc=Kc.Eto (ET under standard conditions)
Kc=Crop coefficient depending types of crop and stage of growth
ETa=Ks.Etc (Actual ET)
Ks=Water stress coefficient



ET_o = f(CLIMATE)

Evapotranspiration rate from a reference surface, not short of water, is called the reference crop evapotranspiration (ETo)



Reference surface is a hypothetical grass reference crop with specific characteristics, height of 0.12 m with a surface resistance of 70 s/m and an albedo of 0.23.

อัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิงนี้จะเป็นตัวแทนของ green grass of uniform height, actively growing and adequately watered.

21

Penman-Monteith is recommended method for ETo calculation.

Penman-Monteith Formula

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T + 273.16}\right) U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34U_2)}$$

ET_o	=	Reference crop evapotranspiration	(mm/day)
Δ	=	Slope of saturation vapor pressure curve	(kPa/°C)
γ	=	Psychrometric constant	(kPa/°C)
R_n	=	Net radiation at crop surface	(MJ/m^2/day)
G	=	Soil heat flux	(MJ/m^2/day)
T_{max}	=	Maximum air temperature	(°C)
T_{min}	=	Minimum air temperature	(°C)
T	=	Average air temperature	(°C)
U_2	=	Windspeed measured at 2 m height	(m/s)
e_s	=	Saturated vapor pressure	(kPa)
e_a	=	Actual vapor pressure	(kPa)

Average ETo for different agroclimatic regions(mm/day)

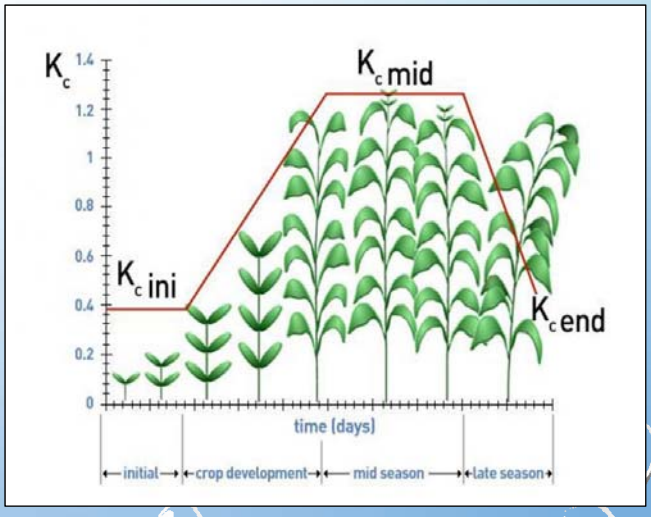
Regions	Mean daily temperature (◦C)		
	Cool ~10◦C	Moderate 20◦C	Warm > 30◦C
Tropics and subtropics			
- humid and sub-humid	2 - 3	3 - 5	5 - 7
- arid and semi-arid	2 - 4	4 - 6	6 - 8
Temperate region			
- humid and sub-humid	1 - 2	2 - 4	4 - 7
- arid and semi-arid	1 - 3	4 - 7	6 - 9

Crop Evapotranspiration (ETc) or Crop Water Requirements

ETc=Crop evapotranspiration under standard conditions ([1]disease-free, [2]well-fertilized crops , [3]grown in large fields, [4]under optimum soil water conditions, and [5]achieving full production under the given climatic conditions).

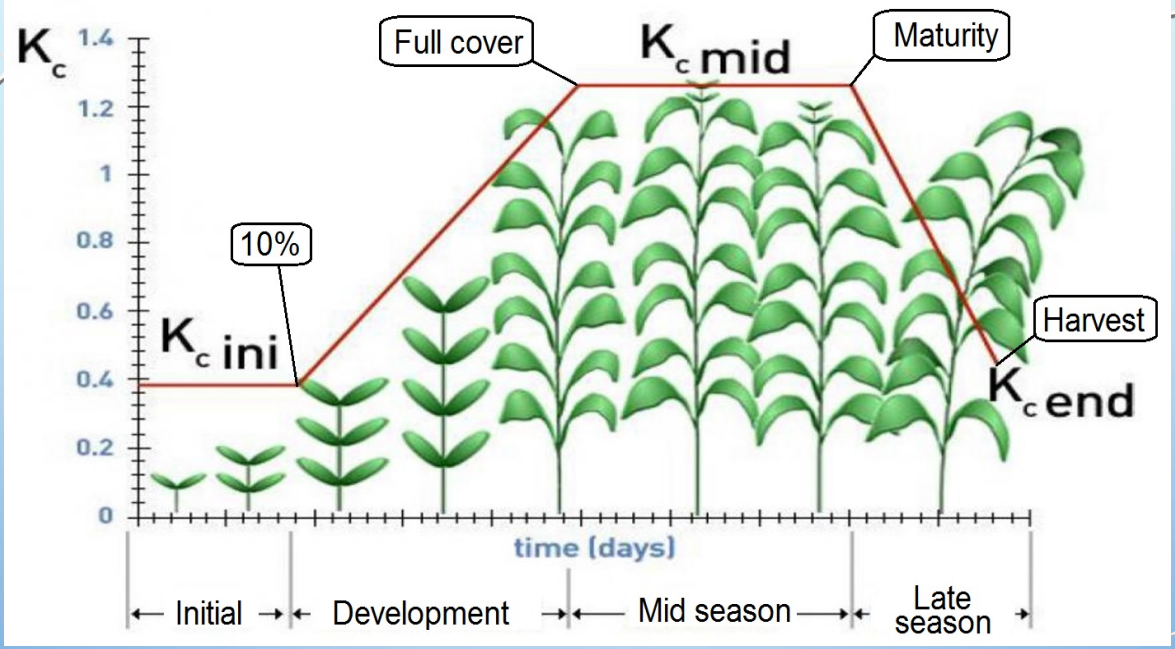
$$ETc = Kc.ETo$$

Kc = crop factor varying with the crop type and growing periods

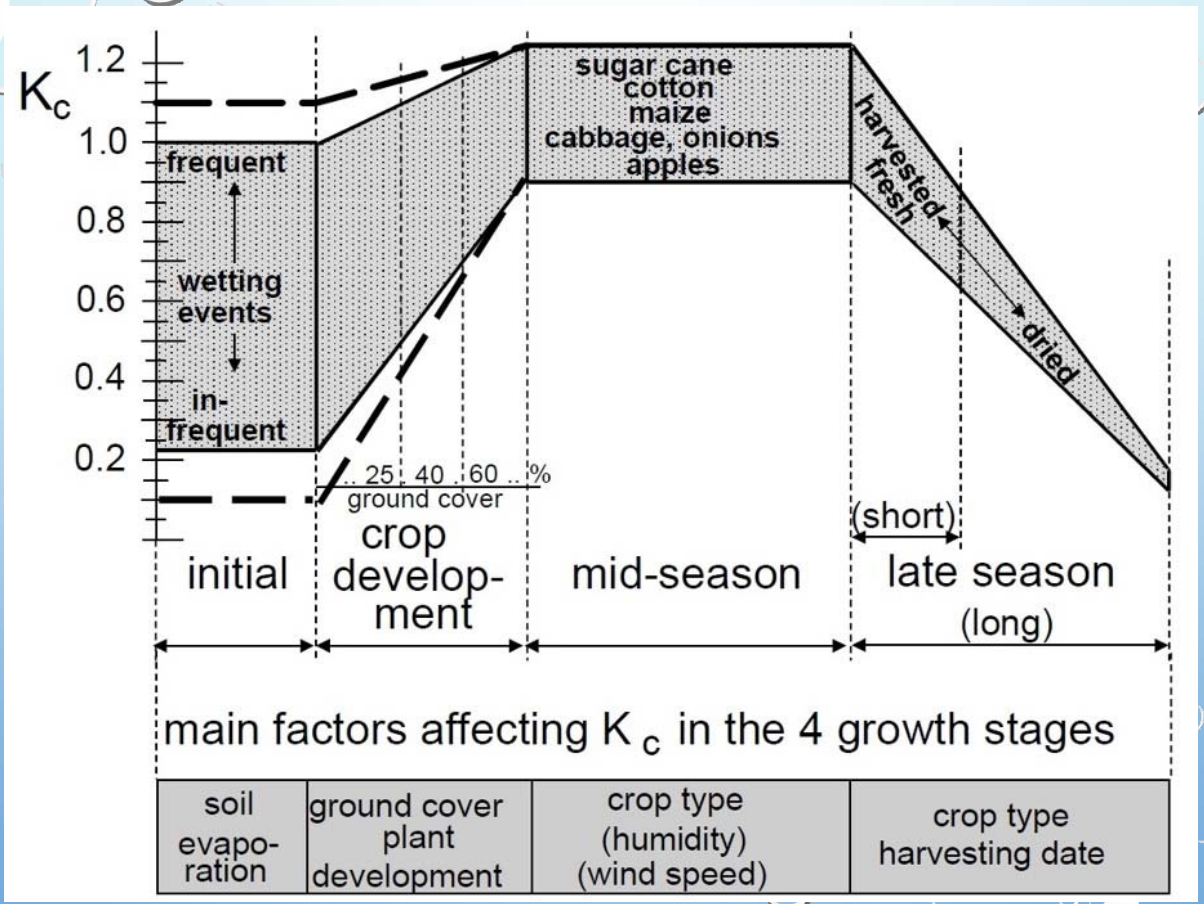


When the standard conditions are not met, ETa < ETc.

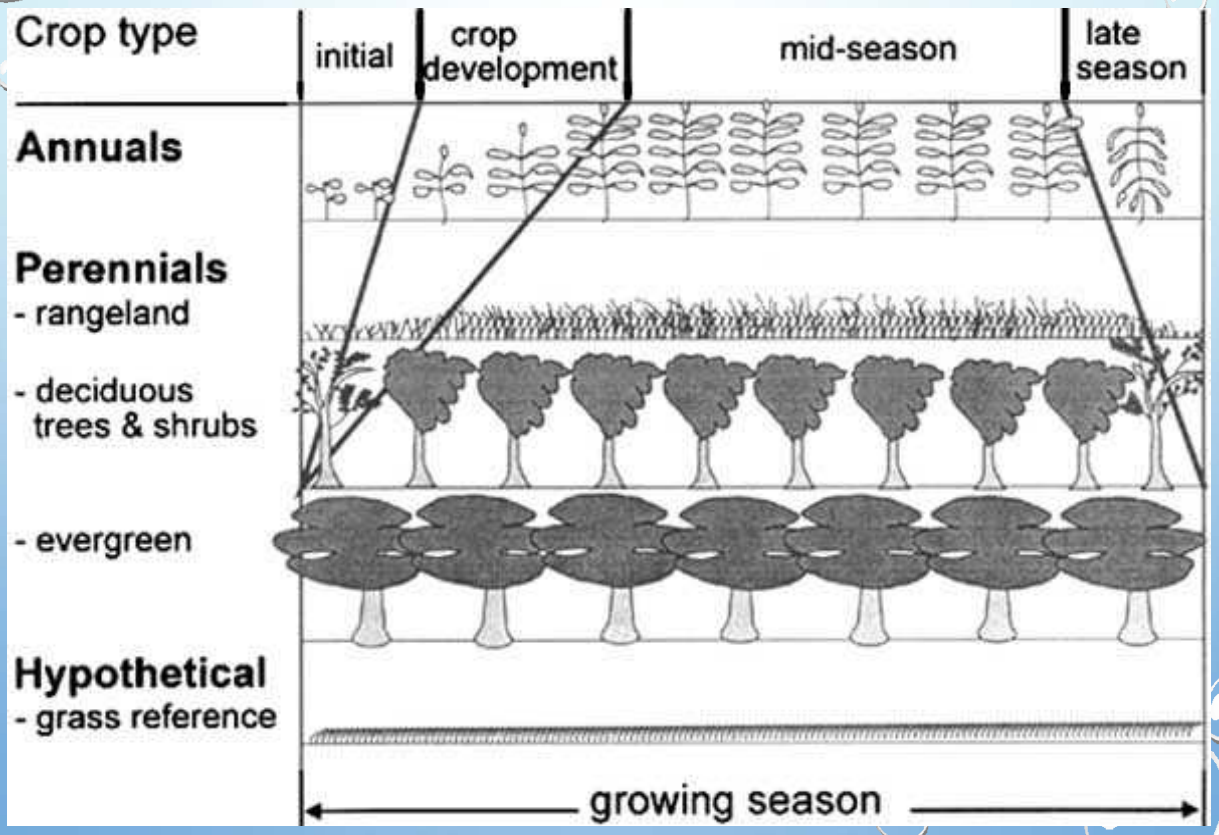
GENERAL Kc (Kc_{ini}, Kc_{mid}, Kc_{end})



Initial stage –This stage runs from planting date to approximately 10% ground cover.
Crop development stage-This stage runs from 10% ground cover to effective full cover.
Mid-season stage –This stage runs from effective full cover to the start of maturity.
Late season stage –This stage runs from the start of maturity to harvest.



CROP GROWTH STAGES FOR DIFFERENT TYPES OF CROPS



EXAMPLE – Growth stages and Kc (FAO)

TABLE 11
Lengths of crop development stages* for various planting periods and climatic regions (days)

Crop	Init. (L_{ini})	Dev. (L_{dev})	Mid (L_{mid})	Late (L_{late})	Total	Plant Date	Region
a. Small Vegetables							
Broccoli	35	45	40	15	135	Sept	Calif. Desert, USA
Cabbage	40	60	50	15	165	Sept	Calif. Desert, USA
Carrots	20	30	50/30	20	100	Oct/Jan	Arid climate
	30	40	60	20	150	Feb/Mar	Mediterranean
	30	50					
Cauliflower	35	50					
Celery	25	40					
	25	40					
	30	55					
Crucifers[1]	20	30					
	25	35					
	30	35					
Lettuce	20	30					
	30	40					
	25	35					
	35	50					
Onion (dry)	15	25					
	20	35					
Onion (green)	25	30					
	20	45					
	30	55					

TABLE 12
Single (time-averaged) crop coefficients, K_c, and mean maximum plant heights for non stressed, well-managed crops in subhumid climates ($RH_{min} \approx 45\%$, $u_2 \approx 2$ m/s) for use with the FAO Penman-Monteith ET_o.

Crop	$K_{c\ ini}$[1]	$K_{c\ mid}$	$K_{c\ end}$	Maximum Crop Height (h) (m)
a. Small Vegetables	**0.7**	**1.05**	**0.95**	
Broccoli		1.05	0.95	0.3
Brussel Sprouts		1.05	0.95	0.4
Cabbage		1.05	0.95	0.4
Carrots		1.05	0.95	0.3
Cauliflower		1.05	0.95	0.4
Celery		1.05	1.00	0.6
Garlic		1.00	0.70	0.3
Lettuce		1.00	0.95	0.3
Onions - dry		1.05	0.75	0.4
- green		1.00	1.00	0.3
- seed		1.05	0.80	0.5
Spinach		1.00	0.95	0.3
Radish		0.90	0.85	0.3

FAO Irrigation and Drainage Paper No.56 – Guideline for computing crop water requirements

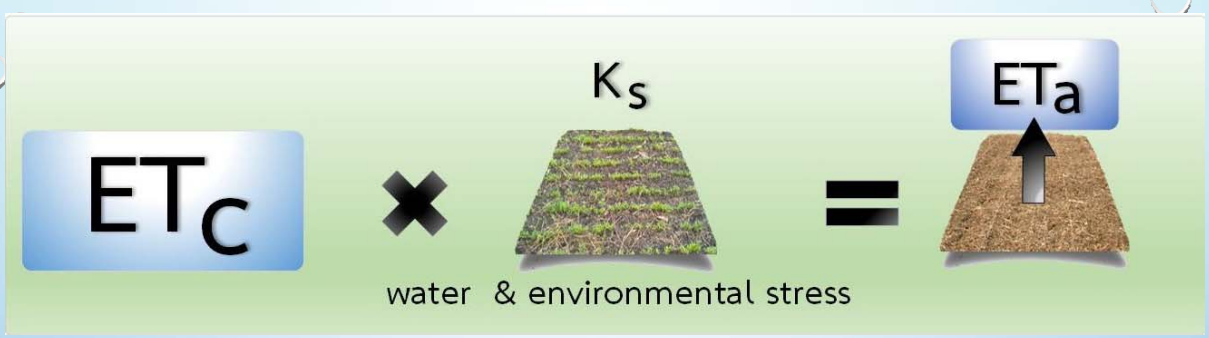
Crop water requirements for Prachuap Khiri Khan province, Central and Western Thailand
Downloaded from URL: water.rid.go.th/hwm/cropwater/CRWdata/ET

Crop No.	Crop name	Growth period	Crop water requirements	
		days	mm./season	m^3/rai
1	Rice-Rice Department High Yield Variety	100	699	1,119
2	Rice-Khao Dok Mali 105	100	629	1,006
3	Rice-Basmati	100	695	1,112
4	Wheat	100	311	498
5	Maize	100	351	561
6	Sweet corn	75	274	438
7	Sorghum	110	387	619
8	Soy bean	100	373	596
9	Peanut	105	371	594
10	Mung bean	70	215	344
11	Sesame	90	295	471
12	Tobacco	90	398	637
13	Sun flower	110	392	627
14	Water melon	85	418	668
15	Cotton	160	471	753
16	Sugarcane	300	978	1,564
17	Castor bean	200	745	1,191
18	Taro	170	1,177	1,884
19	Asparagus	365	1,526	2,442
20	Tomato	110	494	791
21	Onion	100	395	632
22	Shallots	85	304	487
23	Garlic	110	269	431
24	Potato	95	368	588
25	Bird's eye chilli	150	483	774
26	Bitter gourd	75	326	522
27	Cauliflowers	45	197	316
28	Chinese kale	55	165	265
29	Yard long bean	80	287	459
30	Graden pea	85	302	484
31	Winged bean	135	396	634
32	Chinese cabbage	60	196	313
33	Chinese radish	45	186	297
34	Baby corn	65	287	459
35	Sweet potato	125	465	744

An example seasonal crop water requirement published by RID

29

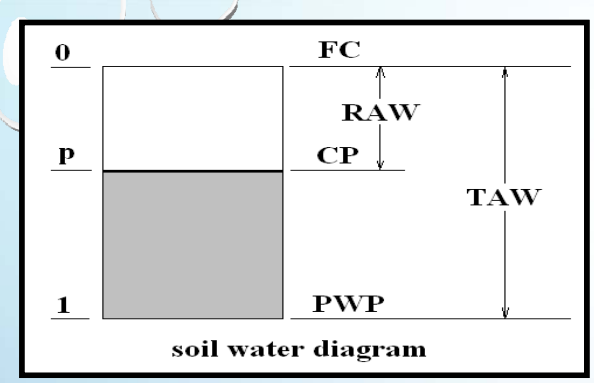
ETc under soil water stress conditions



$$ETa = Ks.ETc$$

ETa = Actual crop evapotranspiration under soil water stress [mm/day]
ETc = Crop evapotranspiration under standard conditions [mm/day]
Ks = Water stress coefficient

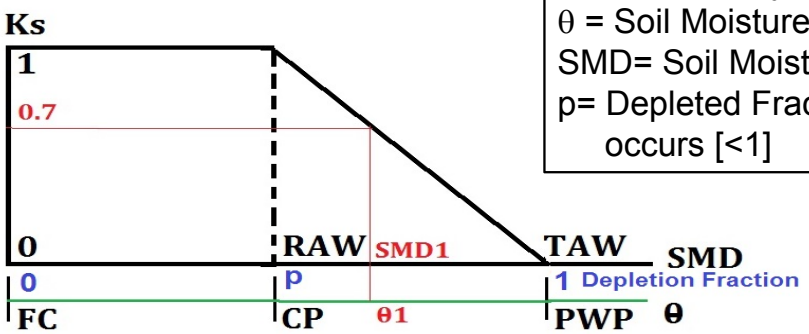
30



soil water diagram

Water Stress Coefficient(Ks)

TAW=(FC-PWP).As.D [mm]
FC = Field Capacity (% dry mass)
PWP = Permanent Wilting Point (% dry mass)
CP = Critical Point (%dry mass)
As=Apparent Specific Gravity
D=Root Zone Depth [mm]
RAW = Readily Available Water [mm]
θ = Soil Moisture (%dry mass)
SMD= Soil Moisture Depletion (0-1) [mm]
p= Depleted Fraction before water stress occurs [<1]



$$Ks = \begin{cases} 1 \text{ if } SMD \le RAW \\ \dfrac{[TAW-SMD]}{[TAW-RAW]} \text{ if } SMD > RAW \end{cases}$$

$$Ks = \begin{cases} 1 \text{ if } \theta \ge CP \\ \dfrac{[\theta-PWP]}{[CP-PWP]} \text{ if } \theta < CP \end{cases}$$

Table 8 Ranges of maximum effective rooting depth (Z_r), and soil water depletion fraction for no stress (p), for common crops

Crop		Maximum Root Depth [1] (m)	Depletion Fraction [2] (for ET ≈ 5 mm/day) p
a. Small Vegetables			
Broccoli		0.4-0.6	0.45
Brussel Sprouts		0.4-0.6	0.45
Cabbage		0.5-0.8	0.45
Carrots		0.5-1.0	0.35
Cauliflower		0.4-0.7	0.45
Celery		0.3-0.5	0.2
Garlic		0.3-0.5	0.3
Lettuce		0.3-0.5	0.3
Onions			
	- dry	0.3-0.6	0.30
	- green	0.3-0.6	0.30
	- seed	0.3-0.6	0.35
Spinach		0.3-0.5	0.20
Radishes		0.3-0.5	0.30

FAO Irrigation and Drainage Paper No.56 – Guideline for computing crop water requirements

SOIL MOISTURE BALANCE EQUATION

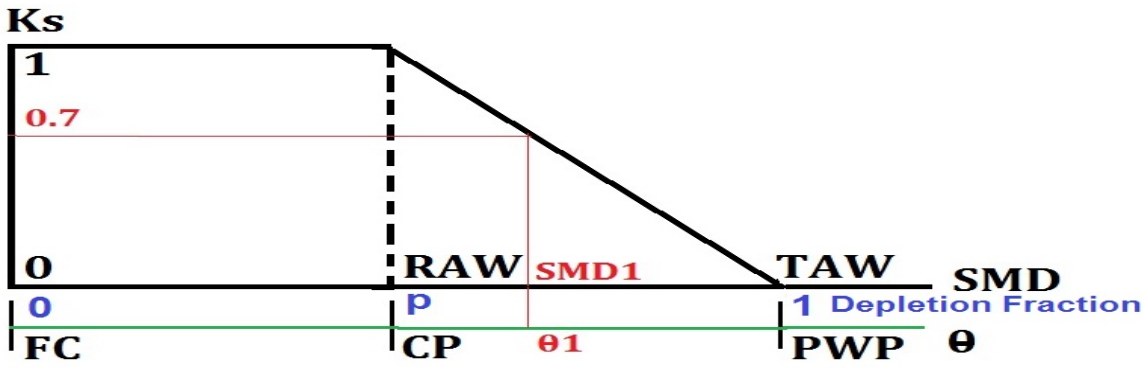
$$\theta(t)=\theta(t-1)-ETa(t)+R(t)+I(t)-L(t)$$

θ= soil moisture in the root zone[mm]
ETa = actual ET[mm]
R = rainfall[mm]
I = irrigation water applied[mm]
L = water losses due to runoff and deep percolation during irrigation water application[mm]
t, t-1= day t and t-1

Note that the terms, sub-surface flow and capillary rise, are omitted in the above equation, due to small values in most cases.

*Alternatively the above equation can be rewritten in term of soil moisture depletion (SMD) for Ks calculation.

$$SMD(t)=SMD(t-1)+ETa(t)-P(t)-I(t)+L(t)$$

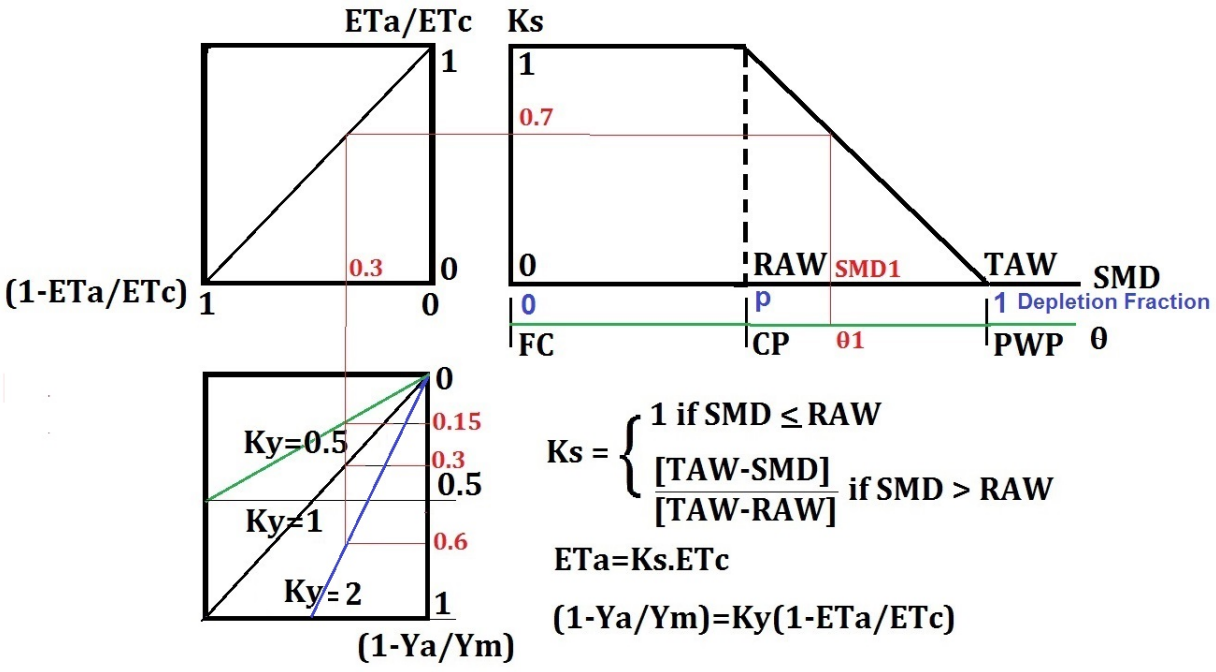


$$Ks = \begin{cases} 1 \text{ if } SMD \le RAW \\ \dfrac{[TAW-SMD]}{[TAW-RAW]} \text{ if } SMD > RAW \end{cases}$$

$$Ks = \begin{cases} 1 \text{ if } \theta \ge CP \\ \dfrac{[\theta-PWP]}{[CP-PWP]} \text{ if } \theta < CP \end{cases}$$

Crop Yield Response

Water Stress(θ<CP or SMD>RAW)→ ETa →Yield Reduction



$$Ks = \begin{cases} 1 \text{ if } SMD \le RAW \\ \dfrac{[TAW-SMD]}{[TAW-RAW]} \text{ if } SMD > RAW \end{cases}$$

$ETa = Ks.ETc$

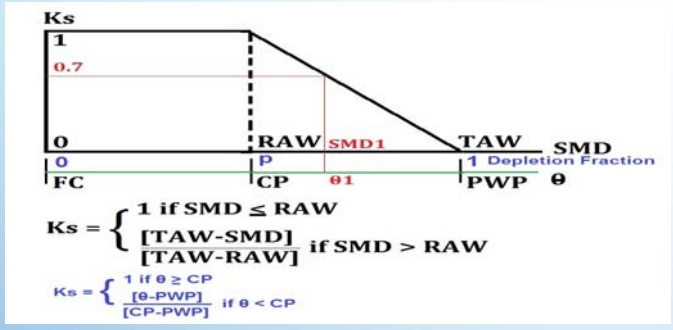
$(1-Ya/Ym) = Ky(1-ETa/ETc)$

Ya=Actual yield
Ym=Maximum yield
Ky=Yield response factor

การคำนวณ STRESS และ YIELD RESPONSE

จากตัวอย่างที่ 1: TAW=134.4 mm, p= 0.6,

จากตัวอย่างที่ 2: ETc=2 mm/day



กำหนดให้ SMD1 = 0.8TAW>RAW

Ks=(TAW-SMD1)/(TAW-RAW)

=(1-0.8)/(1-0.6)=0.5

ETa/ETc=Ks=0.5

(1-ETa/ETc)=1-0.5=0.5

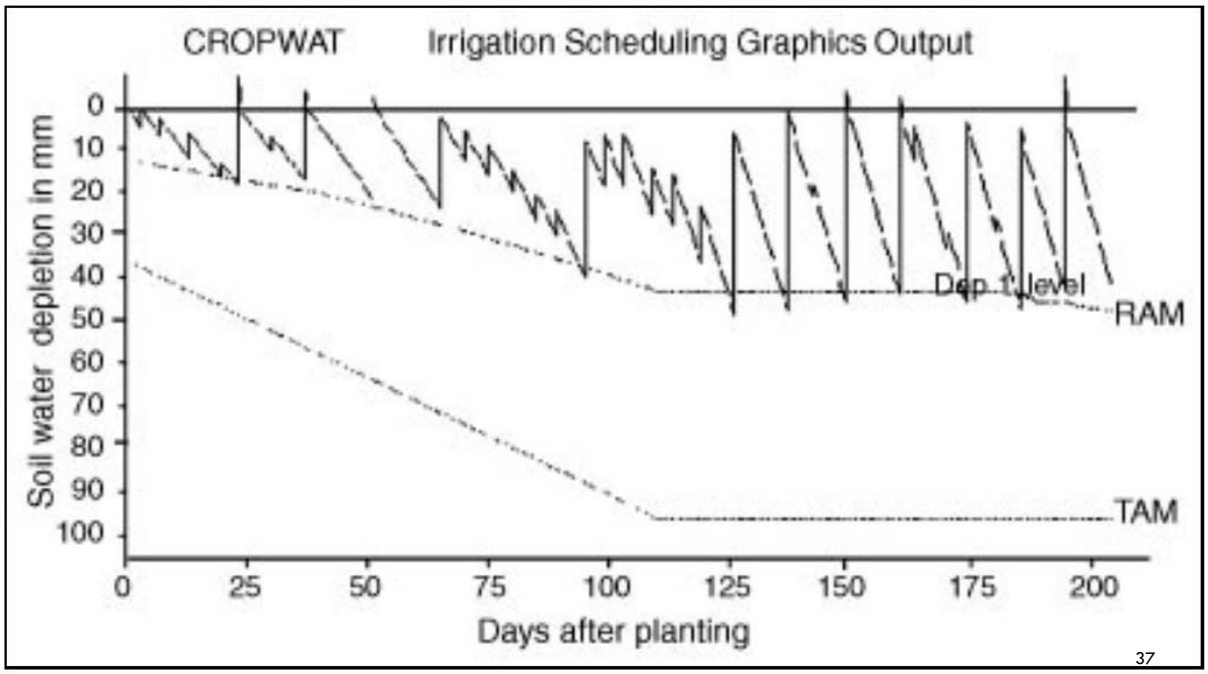
ถ้า Yield Response Factor (Ky)=1.5

(1-Ya/Ym)=Ky(1-ETa/ETc)=1.5*0.5)=0.75

Ya/Ym=1-0.75

Ya=0.25Ym

Soil water balance for optimal irrigation of sugar beet in Morocco



37

TABLE 24
Seasonal yield response functions from FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33.

Crop	K_y	Crop	K_y
Alfalfa	1.1	Potato	1.1
Banana	1.2-1.35	Safflower	0.8
Beans	1.15	Sorghum	0.9
Cabbage	0.95	Soybean	0.85
Citrus	1.1-1.3	Spring Wheat	1.15
Cotton	0.85	Sugarbeet	1.0
Grape	0.85	Sugarcane	1.2
Groundnet	0.70	Sunflower	0.95
Maize	1.25	Tomato	1.05
Onion	1.1	Watermelon	1.1
Peas	1,15	Winter wheat	1.05
Pepper	1.1		

38

FAO Irrigation and Drainage Paper No.56 – Guideline for computing crop water requirements

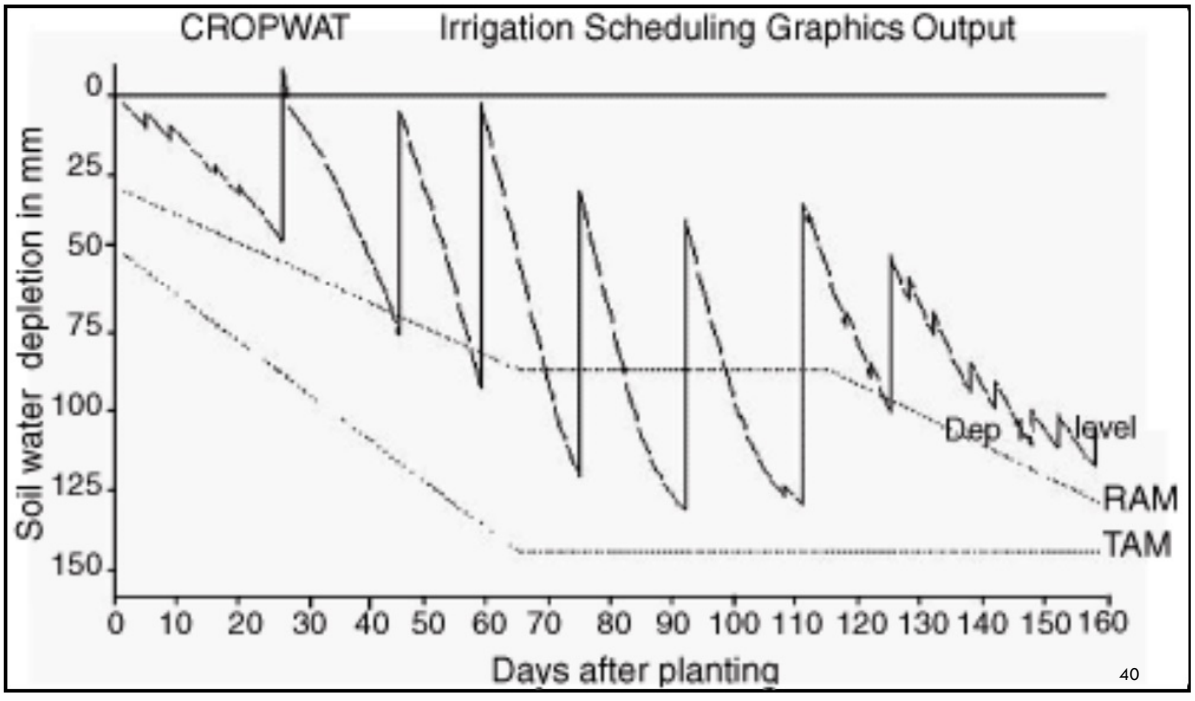
Yied Response Factor(Ky)

Crop	Vegetative period (1)			Flowering period (2)	Yield formation (3)	Ripening (4)	Total growing period
	early (1a)	late (1b)	total				
Alfalfa			0.7-1.1				0.7-1.1
Banana							1.2-1.35
Bean			0.2	1.1	0.75	0.2	1.15
Cabbage	0.2				0.45	0.6	0.95
Citrus							0.8-1.1
Cotton			0.2	0.5		0.25	0.85
Grape							0.85
Groundnut			0.2	0.8	0.6	0.2	0.7
Maize			0.4	1.5	0.5	0.2	1.25
Onion			0.45		0.8	0.3	1.1
Pea	0.2			0.9	0.7	0.2	1.15
Pepper							1.1

39

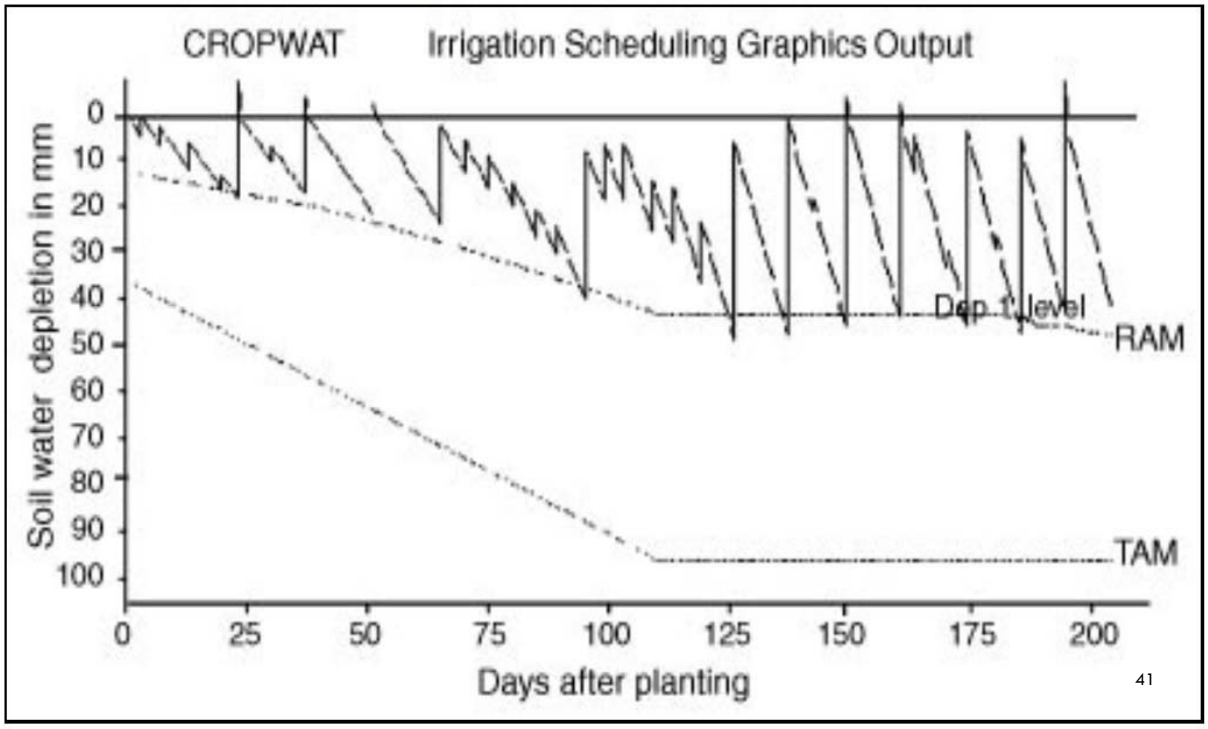
FAO Irrigation and Drainage Paper No.56 – Guideline for computing crop water requirements

Soil water balance with stress during flowering stage of cotton in Turkey

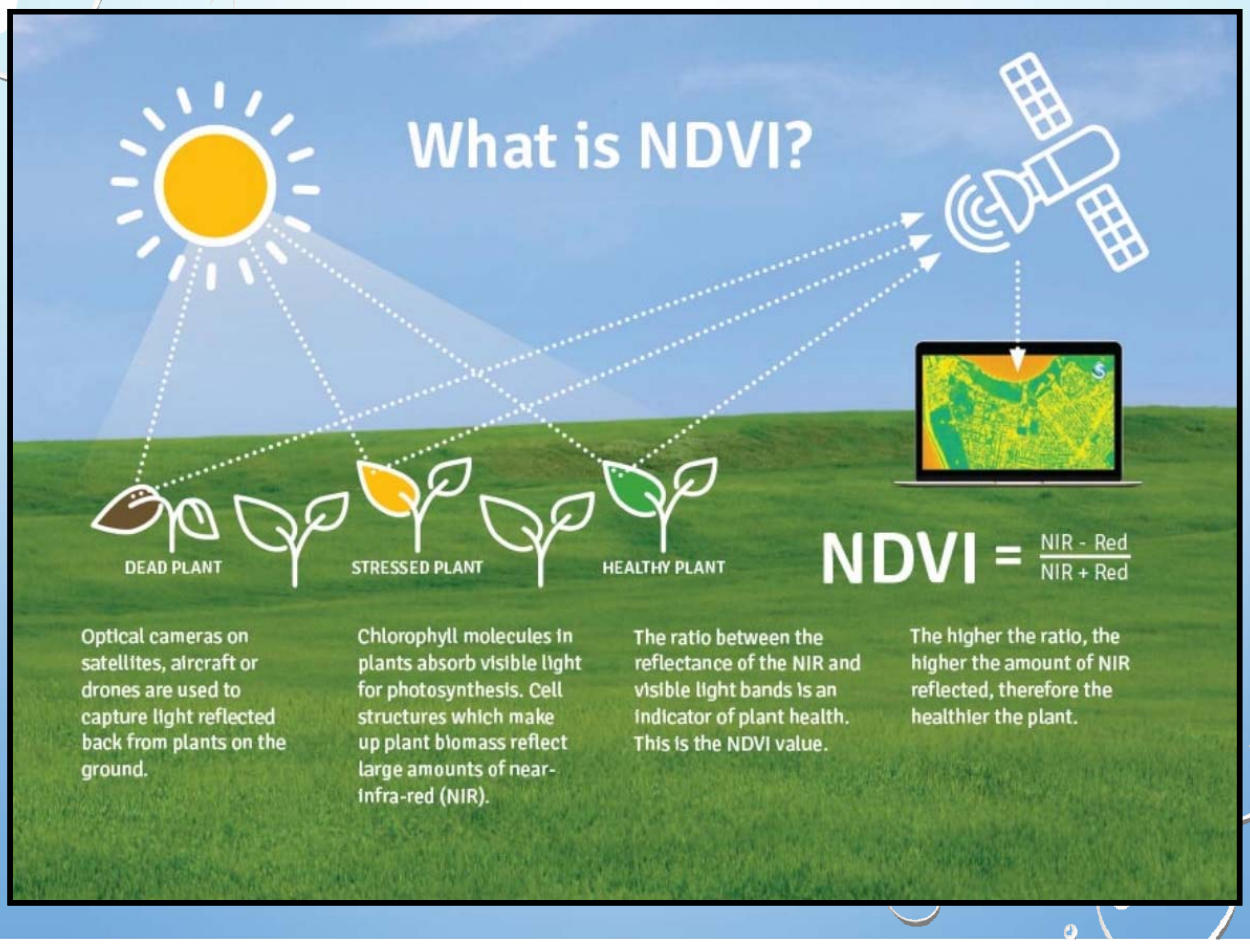


40

Soil water balance
for optimal irrigation of sugar beet in Morocco

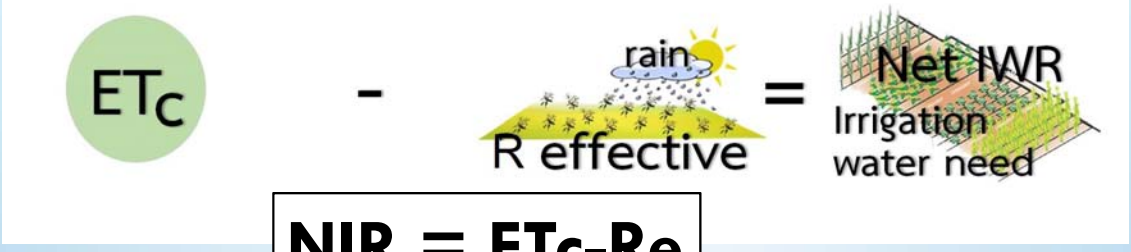


41



Net Irrigation Water Requirement (NIR)

ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ



NIR = ETc-Re

Re = Effective Rainfall = ฝนใช้การ = ฝนที่ตกลงในแปลงเพาะปลูก และพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

Re = R – RO – DP
R= Rainfall
RO = Runoff
DP = Deep Percolation

EFFECTIVE RAINFALL METHODS

(1) Fixed percentage
Re= Fixed percentage * R

(2) Dependable rainfall (FAO/AGLW formula)	
For different arid and sub-humid climates,	
For design purposes where 80% probability of exceedance is required.	
Monthly step	
Re = 0.6 * R -10	for Rmonth < 70 mm
Re = 0.8 * R -24	for Rmonth > 70 mm
Decade step	
Re(dec) = 0.6 * R(dec) - (10 / 3)	for Rdec < (70 / 3) mm
Re(dec) = 0.8 * Rdec - (24 / 3)	for Rdec > (70 / 3) mm

44

(3) Empirical formula

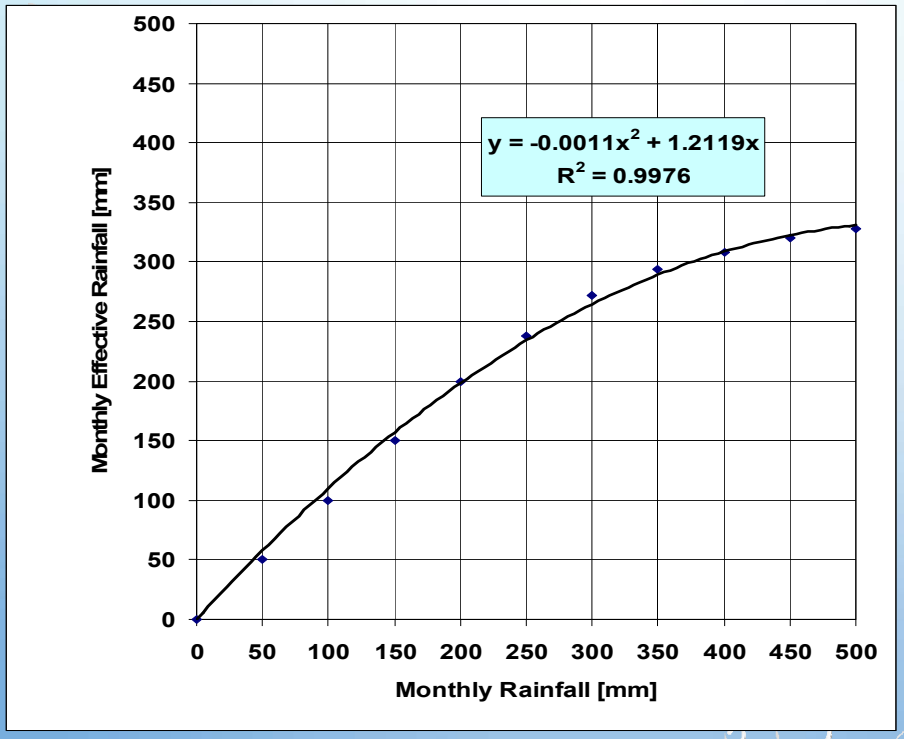
Same formula as for Dependable rainfall but the parameters may be determined from an analysis of local climatic records.

Monthly step	
Re = a * Rmonth - b	for Rmonth < z mm
Re = c * Rmonth - d	for Rmonth > z mm
Decade step	
Re(dec) = a * Rdec – (b / 3)	for Rdec < (z / 3) mm
Re(dec) = c * Rdec – (d / 3)	for Rdec > (z / 3) mm
Values for a, b, c, d and z are the formula coefficients.	

(4) USDA Soil Conservation Service

Monthly step	
Re = Rmonth * (125 - 0.2 * Rmonth) / 125	for Rmonth<250 mm
Re= 125 + 0.1 * Rmonth	for Rmonth>250 mm
Decade step	
Re(dec) = Rdec * (125 - 0.2*3* Rdec)) / 125	for Rdec<(250/3) mm
Re(dec) = (125 / 3) + 0.1 * Rdec	for Rdec>(250/3) mm
Values for a, b, c, d and z are the formula coefficients.	

MONTHLY EFFECTIVE RAINFALL FOR RICE IN NORTHEAST, THAILAND



Monthly R(mm)	Monthly Re(mm)
0	0
50	50
100	100
150	150
200	200
250	237.5
300	270
350	292.5
400	310
450	320
500	325

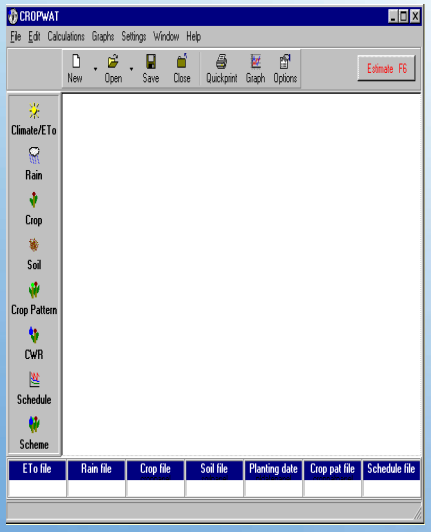
ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานทั้งหมด (Gross Irrigation Water Requirement, GIR)

Ei (%) =100*NIR/GIR

GIR-NIR=Losses

Irrigation efficiency, Ei(%)	Low	Medium	High
Application Efficiency (E_a)	50	65	80
Surface irrigation	50	65	80
Sub-surface irrigation		<60	
Sprinkler	60	70	80
Paddy field	65	70	75
Field Canal Efficiency (E_b)	70	80	90
Conveyance Efficiency (E_c)	65	78	90
Irrigation Efficiency ($E_i=E_a.E_b.E_c$)	23	44	65

*Doorenbos and Pruitt(1977) and Ilaco/Empire M&T(1979)



Program structure = 8 different modules

Data input & basic calculation modules

(1) **Climate/ETo:** Input the measured ETo data or climatic data for ETo calculation

(2) **Rain:** Input the rainfall data and calculation of effective rainfall

(3) **Crop:** Input the crop data and planting date for ETc calculation in (6)

(4) **Soil:** Input the soil data for irrigation scheduling in (7)

(5) **Crop pattern:** Input the cropping pattern for scheme supply calculations in (8)

Note that in fact Climate/ETo and Rain modules are not only for data input but also calculate data, namely Radiation / ET0 and Effective rainfall respectively.

Calculation modules

(6) **CWR** - for calculation of Crop Water Requirements

(7) **Schedules** - for the calculation of irrigation schedules

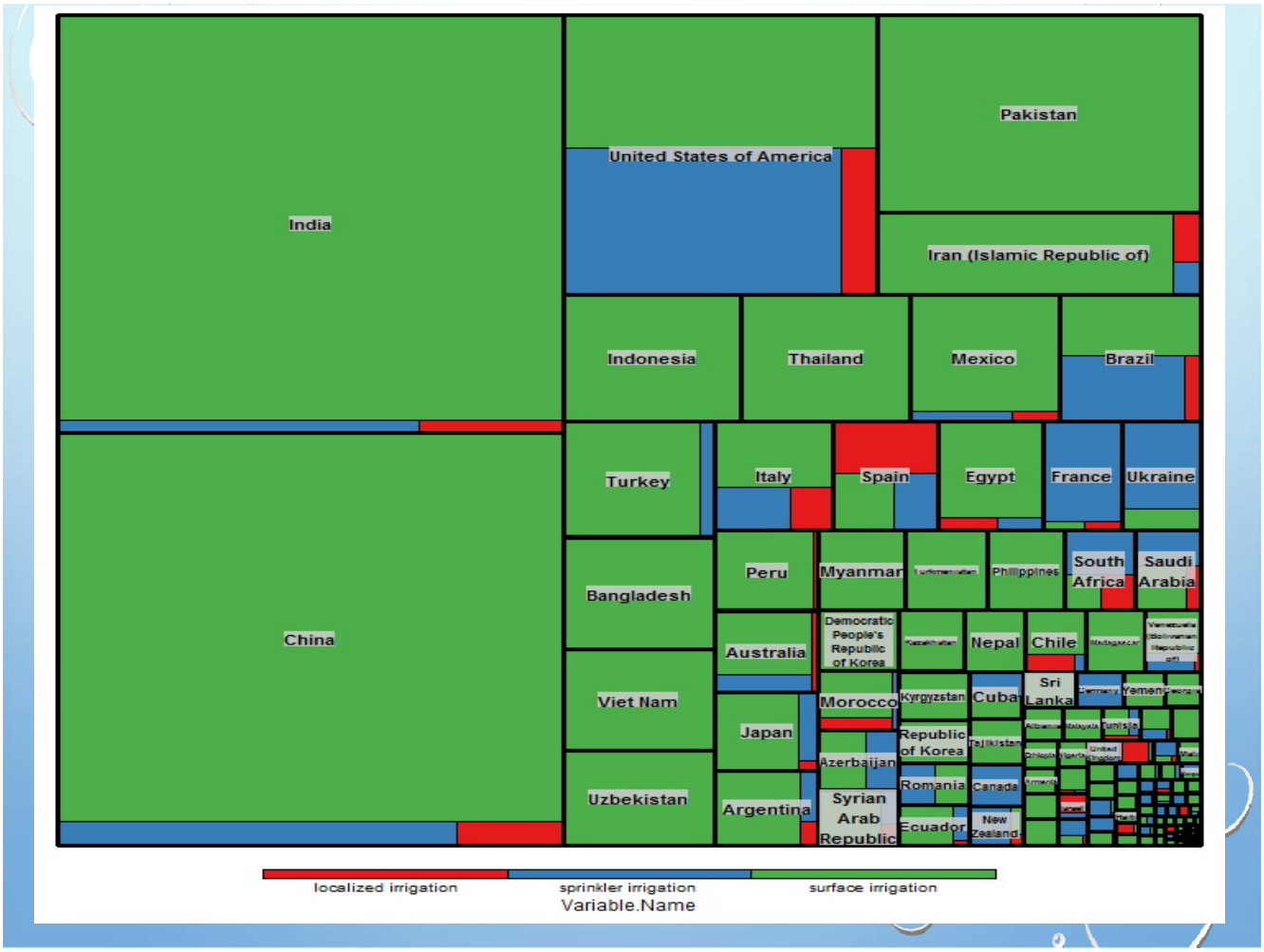
(8) **Scheme** - for the calculation of scheme supply based on a specific cropping pattern

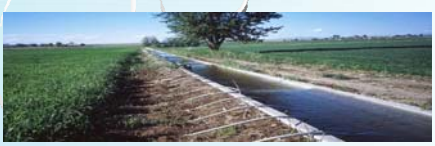
49

HOW TO APPLY WATER (IRRIGATION METHODS)

Surface irrigation	Micro-irrigation
Furrow	Drip or trickle
Border	Micro spray
Basin	Micro sprinkler
Sprinkler irrigation	**Sub-surface irrigation**
Fixed system	Open ditch
Big gun	Buried pipe
Center pivot	
Lateral move	

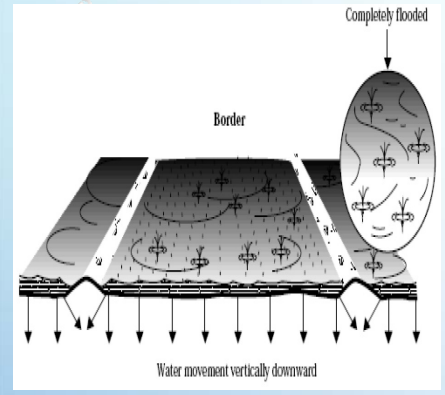
Modern Techniques:
Greenhouse, Hydroponics, Aeroponics, Aquaponics, Plant Factory, Nano Farm

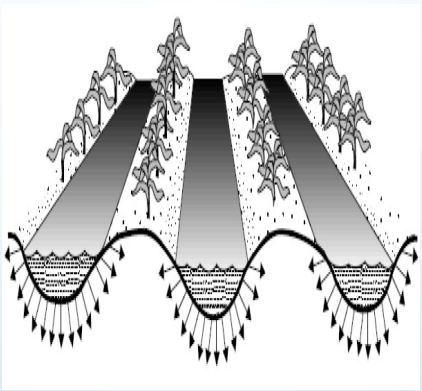


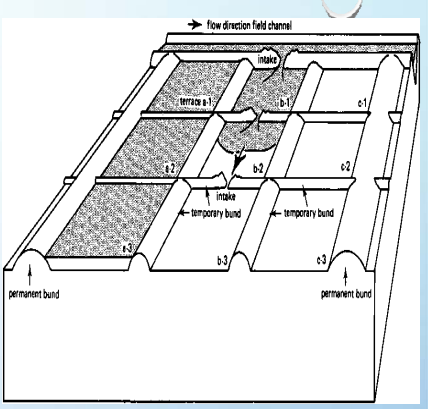


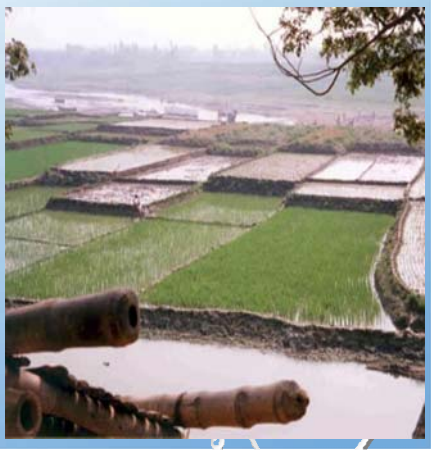
SURFACE IRRIGATION

BORDER-FURROW-BASIN









สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในการให้น้ำแบบผิวดิน

- ต้องมีการปรับระดับพื้นที่ (SLOPE)ให้ราบหรือมีความลาดเทที่เหมาะสมกับ พืช ดินและสภาพพื้นที่
- ออกแบบขนาด รูปร่างแปลง (A) ให้เหมาะความลาดเทของแปลง พืช ดินและสภาพแปลง
- เลือกอัตราการให้น้ำ (Q) และระยะเวลาในการให้น้ำ (T) ให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำที่ให้ (D) และคุณสมบัติแปลงเพาะปลูก (ความกว้าง ความยาว ความลาดเท)

ข้อดี-ข้อเสียของวิธีการให้น้ำแบบผิวดิน

ข้อดี

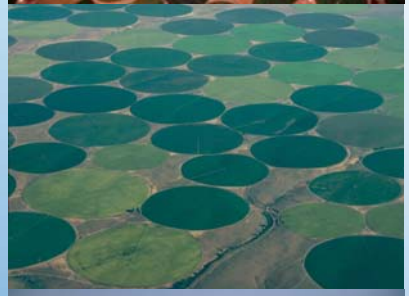
1) ค่าลงทุนถูก ถ้าไม่ต้องปรับพื้นที่มาก
2) คนไทยคุ้นเคยวิธีการให้น้ำทางผิวดิน

ข้อเสีย

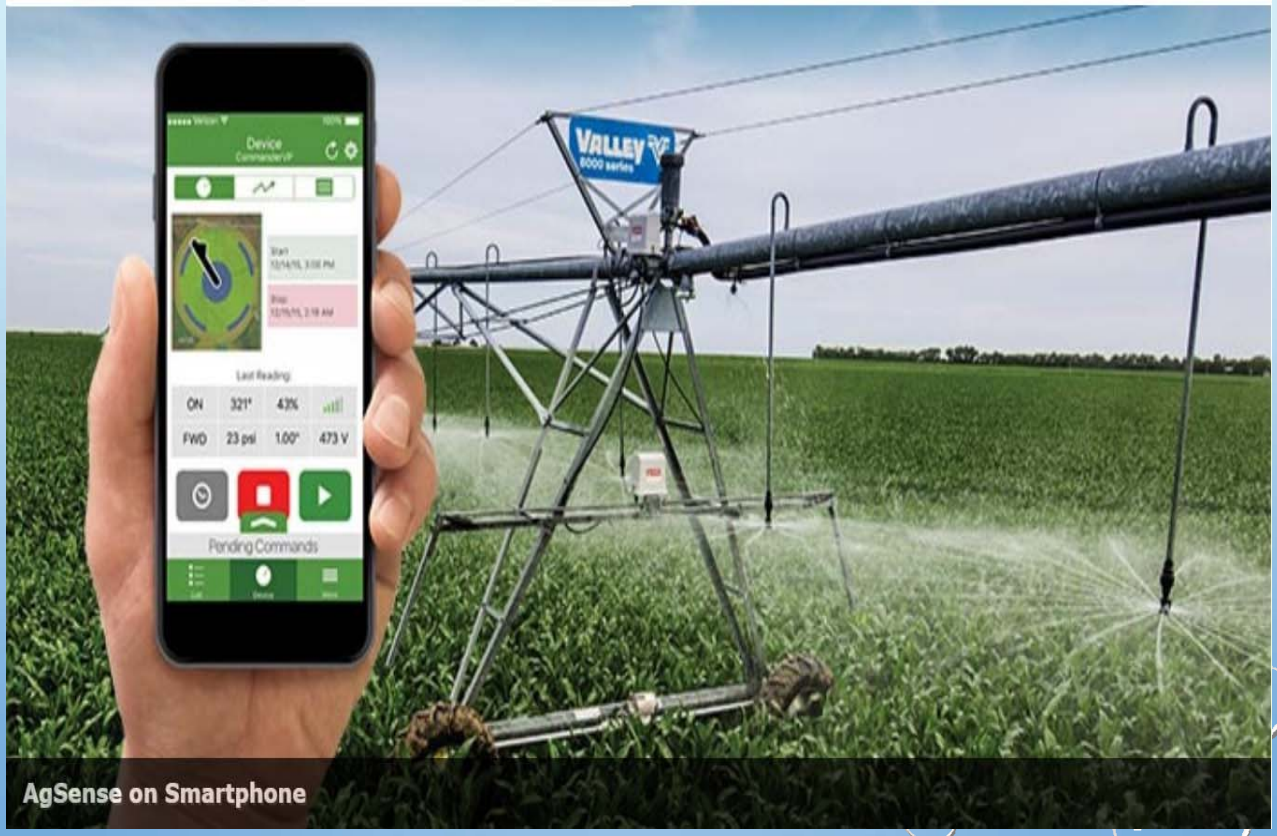
1) มีการสูญเสียน้ำมาก
2) ต้องให้น้ำในอัตราสูง
3) ความสม่ำเสมอในการให้น้ำต่ำกว่าวิธีอื่น
4) ใช้แรงงานมาก
5) ไม่เหมาะกับดินที่มีอัตราการซึมสูง เช่นดินทราย
6) ไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีความลาดเทสูงหรือพื้นที่เป็นคลื่นเป็นเนิน

SPRINKLER IRRIGATION

CENTER PIVOT



Precision Irrigation Technology



AgSense on Smartphone

LINEAR MOVE

สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในการให้น้ำแบบ SPRINKLER

- ค่าลงทุน ค่าใช้จ่าย
- เลือกระบบ **SPRINKLER** และอุปกรณ์ควบคุม ให้เหมาะสมกับเงินทุน พืช และแหล่งน้ำ (**SPRINKLER** ต้องการ **HEAD** สูง)
- หลักสำคัญคือ อัตราการจ่ายน้ำของหัว **SPRINKLER** ต้องน้อยกว่าอัตราการซึมซองน้ำลงไปในดิน

ข้อดี-ข้อเสีย ของ SPRINKLER

ข้อดี

1) เหมาะกับดินที่มีอัตราการซึมสูง เช่นดินทราย หรือ พื้นที่ที่มีความลาดเทสูง หรือเป็นคลื่นเป็นเนิน

2) ความสม่ำเสมอในการให้น้ำสูง ประสิทธิภาพสูง

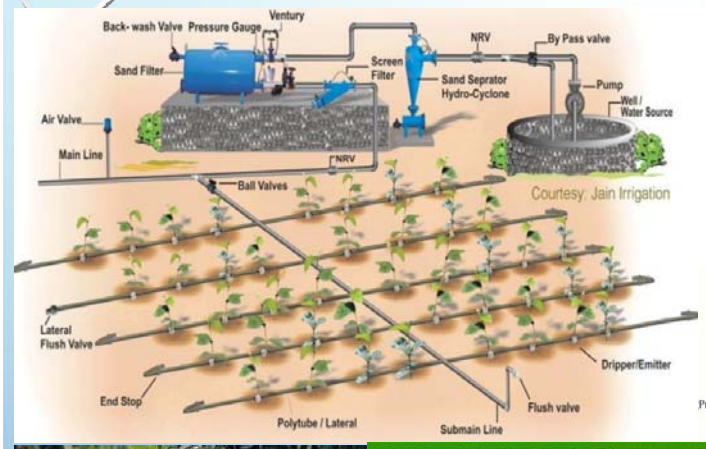
3) ใช้แรงงานน้อย

ข้อเสีย

1) ค่าลงทุนสูง

2) ไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีลมแรง

MICRO-IRRIGATION(LOCALIZED)

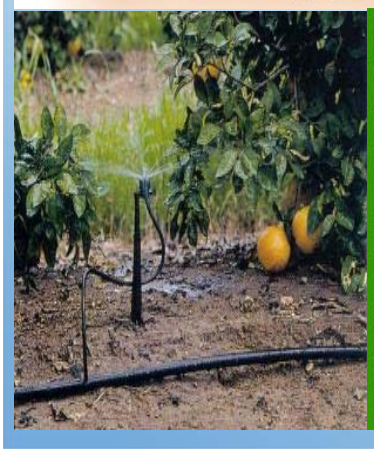


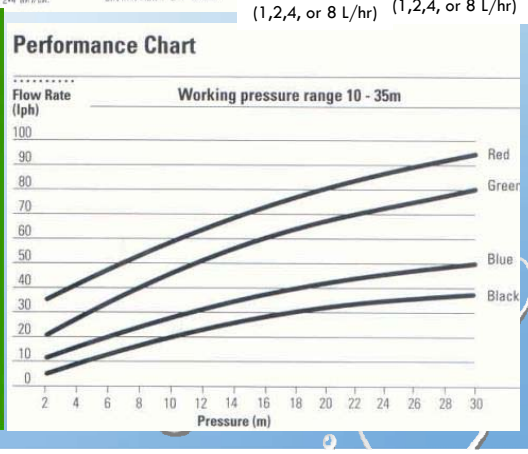
หัวน้ำหยด Woodpecker P.C.J. Pressure Compensating Junior Nipple Outlet อัตราการจ่ายน้ำ: 2•4 ลิตร/ชม.

หัวน้ำหยด Woodpecker P.C.J. (Pressure Compensating Junior) Barbed Outlet อัตราการจ่ายน้ำ: 2•4 ลิตร/ชม.

Woodpecker Nipple Outlet (1,2,4, or 8 L/hr)

Woodpecker Barbed Outlet (1,2,4, or 8 L/hr)





สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในการให้น้ำแบบ MICRO IRRIGATION

- ค่าลงทุน ค่าใช้จ่าย
- เลือกระบบ **MICRO IRRIGATION** และอุปกรณ์ควบคุมให้เหมาะสมกับเงินทุน พืชที่ปลูก และแหล่งน้ำ (ต้องการ **HEAD)**
- หลักสำคัญคือ ต้องเลือกระบบให้เหมาะกับพืช เช่นน้ำหยดจะไม่เหมาะกับพืชที่มีจำนวนต้นต่อพื้นที่สูง เช่นข้าว

ข้อดี-ข้อเสีย ของ MICRO IRRIGATION

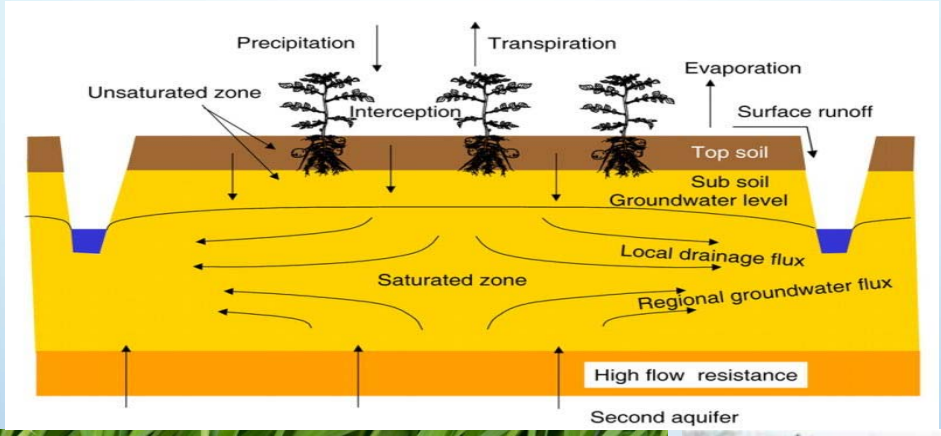
ข้อดี

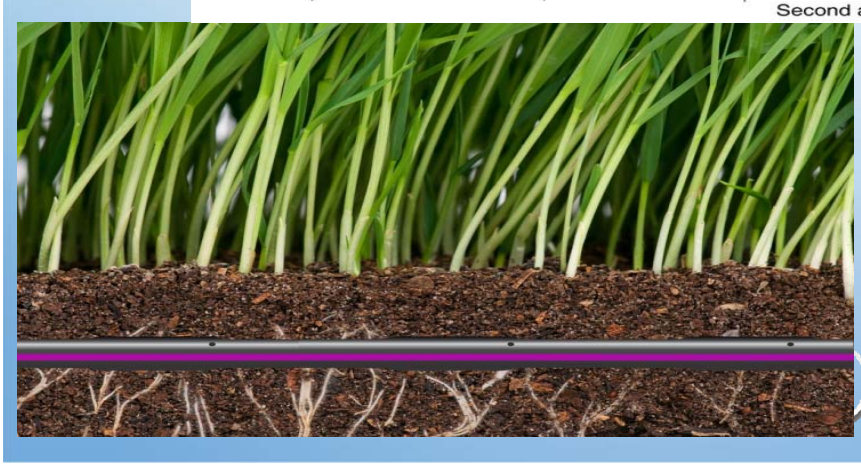
1) เหมาะกับดินที่มีอัตราการซึมสูง เช่นดินทราย หรือ พื้นที่ที่มีความลาดเทสูง หรือเป็นคลื่นเป็นเนิน
2) ความสม่ำเสมอในการให้น้ำสูง ประสิทธิภาพสูง
3) ใช้แรงงานน้อย

ข้อเสีย

1) ค่าลงทุนสูง
2) ไม่เหมาะกับน้ำที่มีตะกอนมาก เพราะจะทำให้หัวน้ำหยดอุดตันได้ง่าย
3) ต้องมีระบบกรองน้ำที่ดี

SUB-SURFACE IRRIGATION





สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในการให้น้ำแบบใต้ผิวดิน

- จะใช้เฉพาะพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง หรือมีชั้นดินทึบน้ำใต้เขตราก
- หลักสำคัญคือ การควบคุมระดับน้ำใต้ดินให้อยู่ในระดับที่น้ำจะซึมเข้าสู่เขตรากได้ด้วย **CAPILARY ACTION**

ข้อดี-ข้อเสีย ของการให้น้ำแบบใต้ผิวดิน

ข้อดี

1) ลดการสูญเสียน้ำจากการระเหย

ข้อเสีย

1) ใช้ได้เฉพาะพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง หรือมีชั้นดินทึบน้ำใต้เขตราก

2) ไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็ม

Application efficiency (E_a)

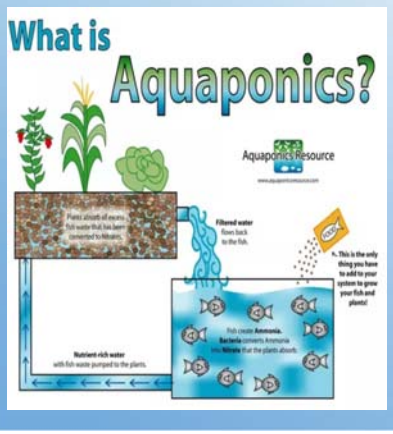
Surface Irrigation
(E_a = 50-70%)

Sprinkler Irrigation
(E_a = 70-80%)

Micro-Irrigation
(E_a = 80-95%)

OTHER MODERN TECHNOLOGY

Green Houses, Hydroponics, Aeroponics, Aquaponics, Plant Factory, Nano Farm



สรุป หลักการชลประทาน

- WHEN TO IRRIGATE
- HOW MUCH WATER SHOULD BE APPLIED
- HOW TO APPLY WATER EFFICIENTLY

Soil-Water Relation

- Field Capacity(FC)
- Permanent Wilting Point(PWP)
-Apparent Specific Gravity(As)
- Water Holding Capacity (TAW, RAW)
- Infiltration

Crop & IWR Water Requirements

- ETo
- ETc = Kc.ETo
- ETa = Ks.ETc
- Net IWR, Gross IWR, Efficiency
- Scheme Water Supply

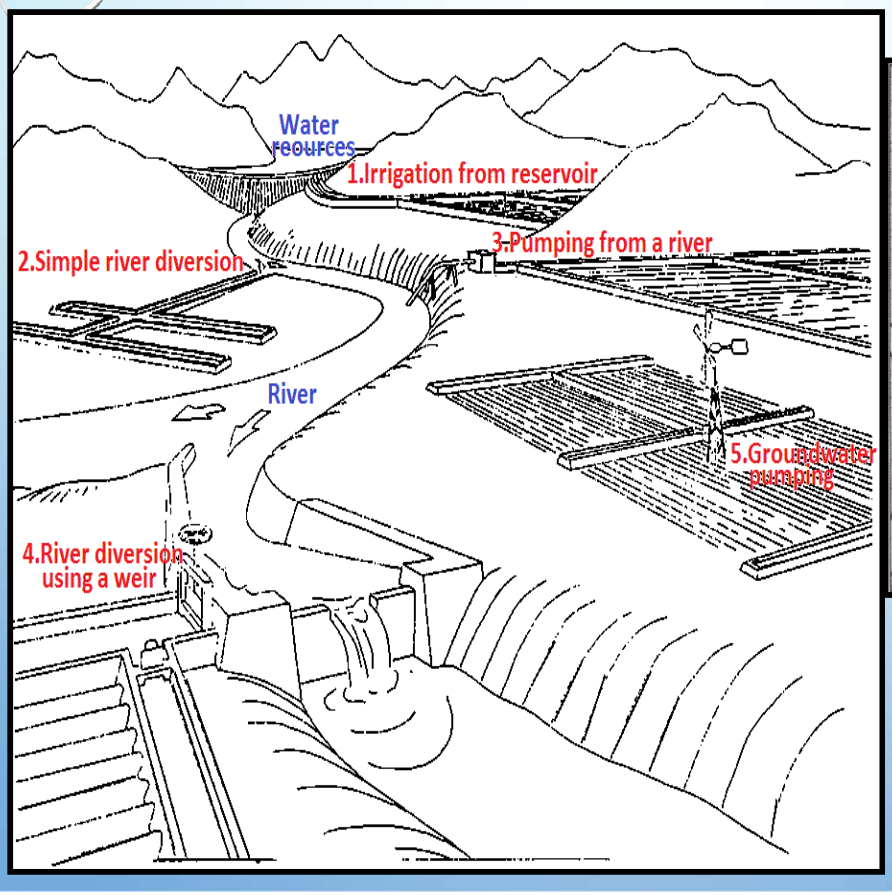
Yield Response

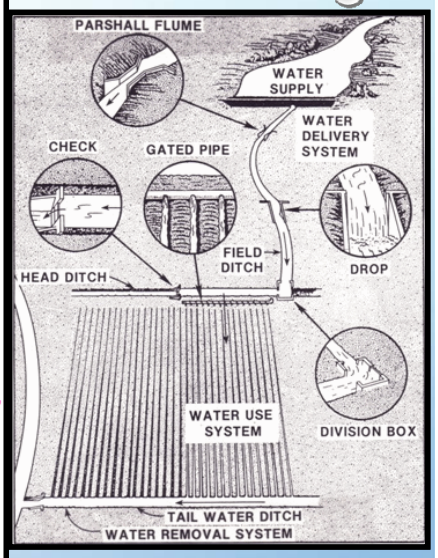
-Depletion Fraction(p)
-Water Stress Coefficients(Ks)
-Yield Response Factor(Ky)
-Yield Response Function: (1-Ya/Ymax) =Ky(1-ETa/ETc)
-Irrigation Scheduling (Optimum irrigation, Deficit Irrigation)

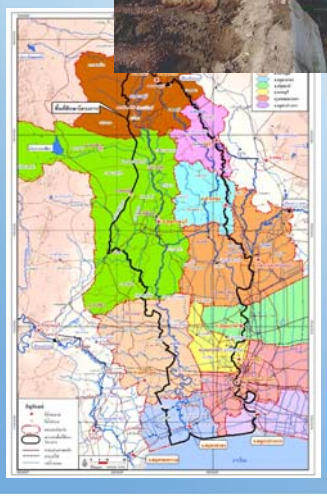
Irrigation Methods

-Surface Irrigation
-Sprinkler Irrigation
-Micro-Irrigation
--Sub-surface Irrigation
-Hydroponics
-Greenhouse

ระบบชลประทาน



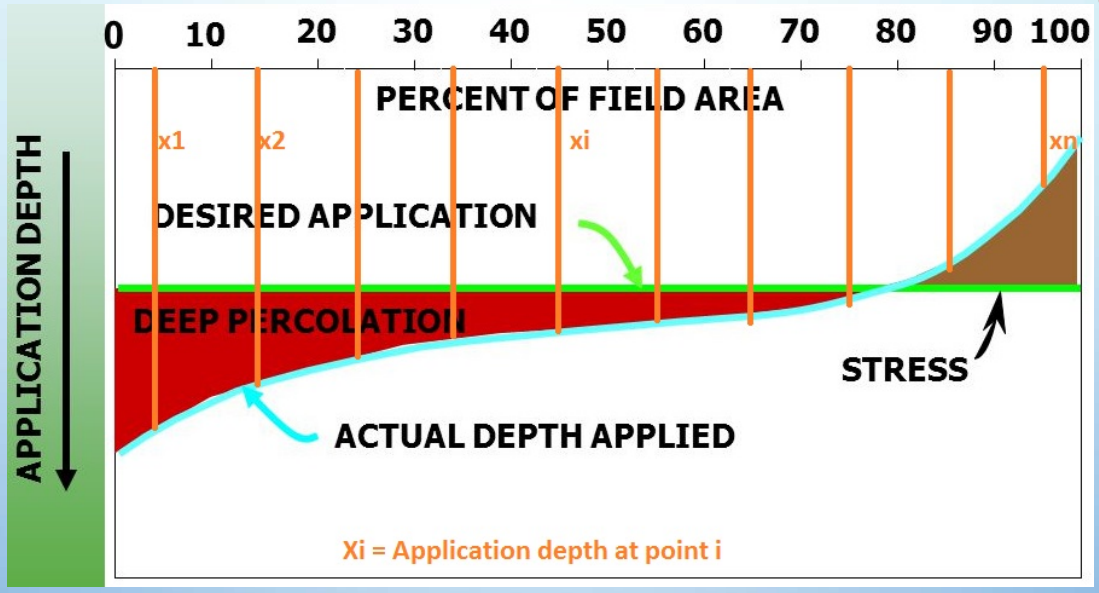




LAND CONSOLIDATION PROJECT

การประเมินผลการให้น้ำ-ระดับแปลง

ความสม่ำเสมอ(UNIFORMITY) ประสิทธิภาพ(EFFICIENCY) ความเพียงพอ(ADEQUACY)



Uniformity

$$CU = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{N} |X_i - \bar{X}|}{N \cdot \bar{X}}\right] \cdot 100$$

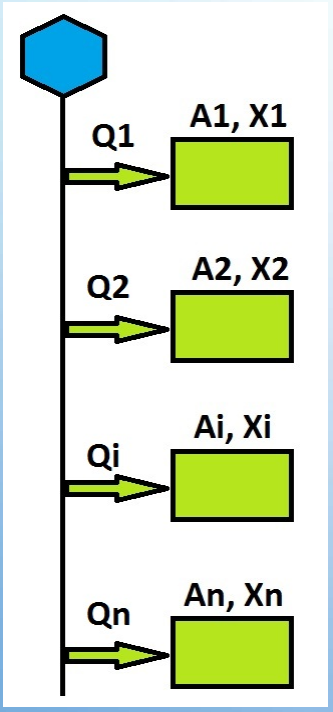
Efficiency
=100*Usable depth/Actual depth applied
(Usable = Desired-Stress)

Adequacy = Usable depth/Desired depth
= (Desired depth-Stress)/Desired depth
(Full adequacy= No stress)

การประเมินผลการส่งน้ำ-ระดับโครงการ

(ความเพียงพอ ความยืดหยุ่น ความเป็นธรรม ประสิทธิภาพ)

(ADEQUACY, FLEXIBILITY, EQUITY, EFFICIENCY)



ADEQUACY = Area received desired amount/Total area

FLEXIBILITY = ability to change frequency, rate and duration of water delivery
-Frequency = once/week
-Rate = Q cms
-Duration = 24 hours

$$\mathbf{EQUITY} = \mathbf{100} * (\mathbf{1} - \frac{\sum(\mathbf{x1} - \bar{x})}{\mathbf{N}.\bar{\mathbf{x}}})$$

Efficiency=100*NIR/GIR
NIR=ETc-Re+Others

THANK YOU