



Food and Agriculture Organization
of the United Nations



Sweden
Sverige



معامل المحصول *crop coefficient*

د. إيهاب جناد

مدير إدارة المياه-اكساد

ihjnad@yahoo.com

المركز العربي لدراسات المناطق الجافة و الأراضي القاحلة
(ACSAD)

معامل المحصول

الاستهلاك المائي المرجعي
ملم / يوم

معامل المحصول

الاستهلاك المائي الفعلي
ملم / يوم

ET_0

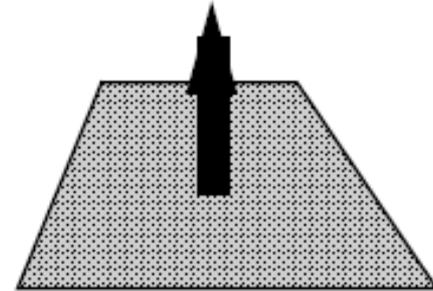
x

K_c factor



=

ET_c

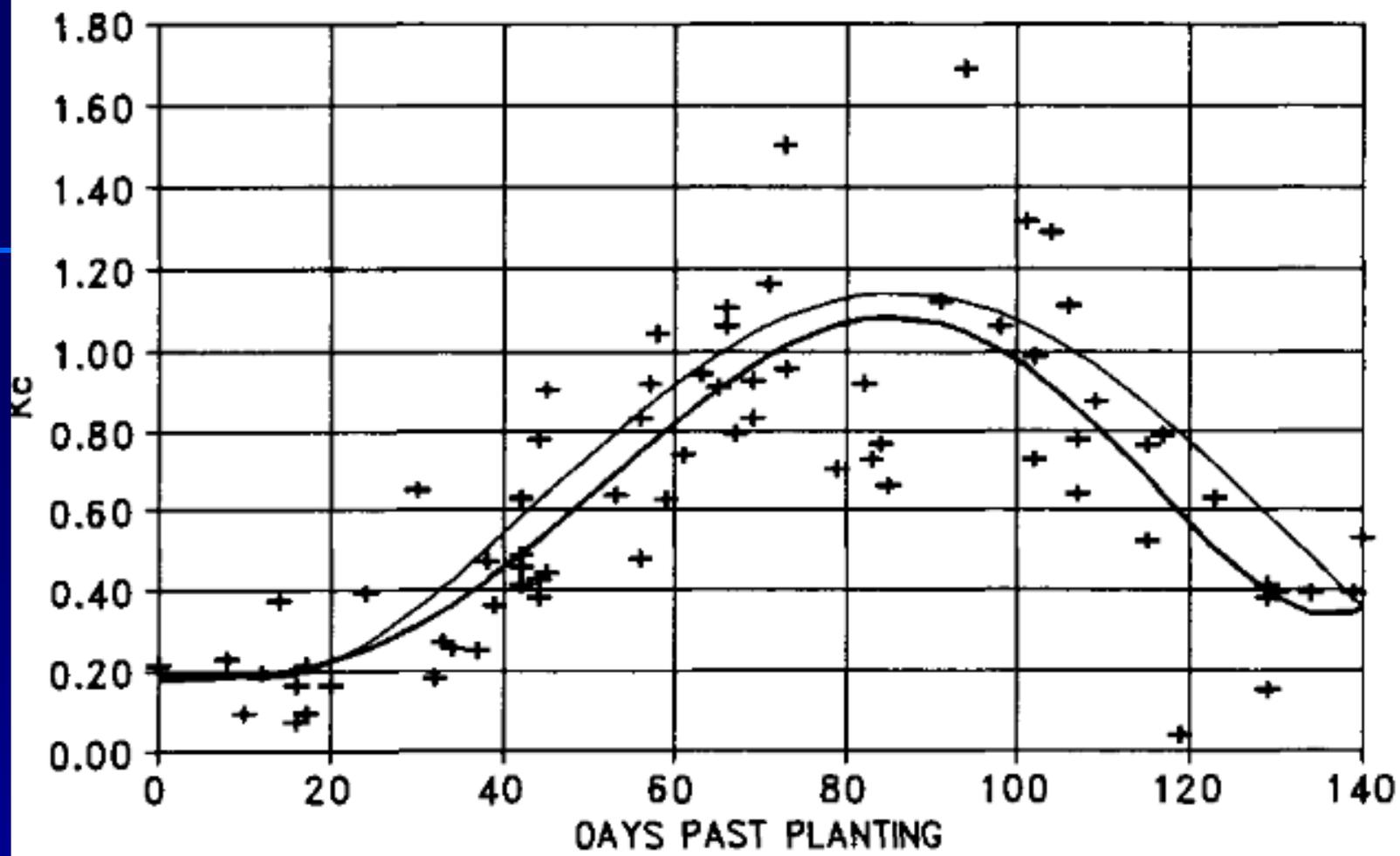


Kc معامل المحصول

هو نسبة الاستهلاك المائي الفعلي للمحصول ETC إلى الاستهلاك المائي المرجعي ETo.

تتراوح قيمته بين (0.2 – 1.3) وهو يعكس الخصائص الرئيسية للمحصول والتي تميزه عن العشب الأخضر .

$$Kc = ETC/ETo$$



+ ACTUAL — STEGMAN - - - JENSEN-HAISE

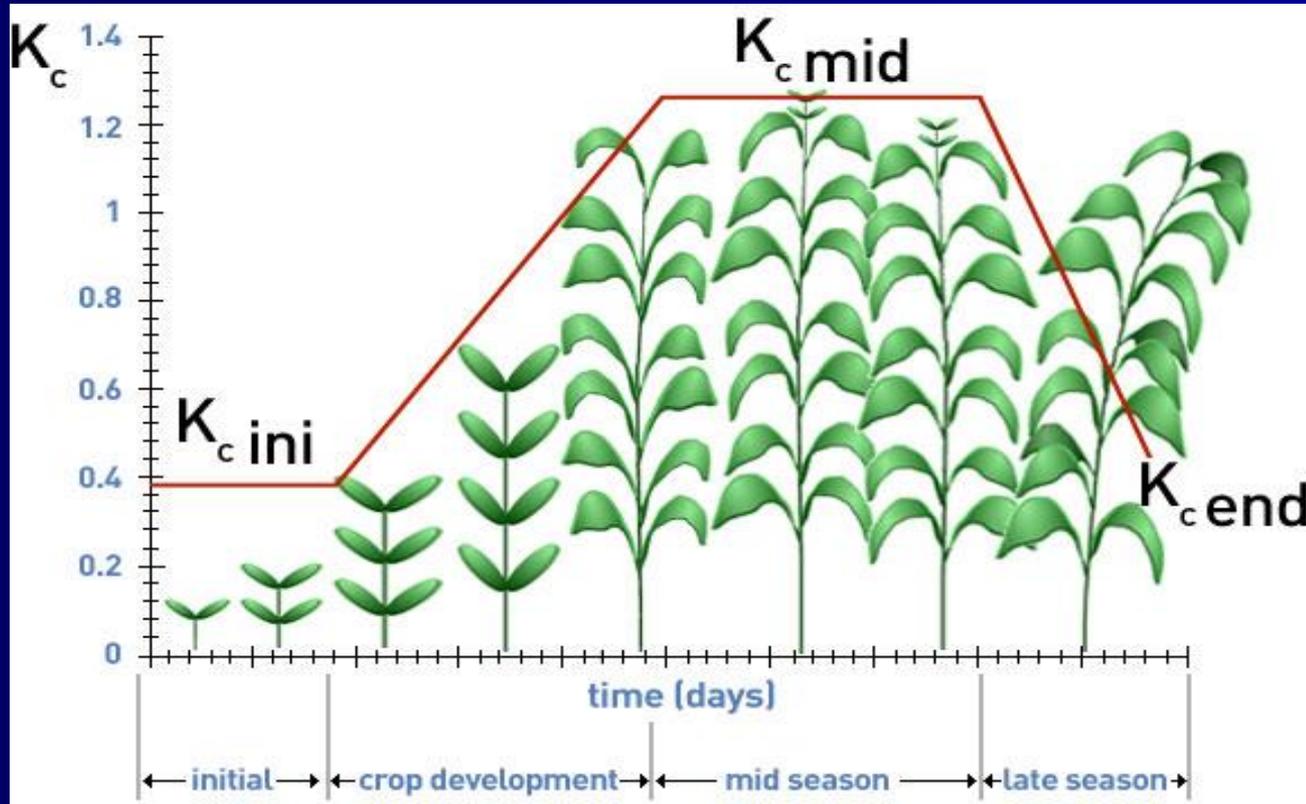
العوامل المؤثرة على معامل المحصول K_c :

تختلف قيمة معامل المحصول K_c من محصول إلى آخر وكذلك تختلف قيمته خلال مراحل النمو لنفس المحصول وذلك لأنه يتأثر بمجموعة من العوامل وهي:

- 1- نوع المحصول .
- 2- المناخ.
- 3- التبخر من سطح التربة.
- 4- مراحل نمو المحصول.

4 – مراحل نمو المحصول

مع نمو المحصول تتغير كل من نسبة التغطية , ارتفاع المحصول , والـ **LAI** وتتغير قيمة **ETc** وتبعاً لذلك تتغير قيمة **Kc** خلال مراحل نمو المحصول



طرق تحديد معامل المحصول

هناك عدة طرق لتحديد معامل المحصول K_c وذلك يتوقف على الهدف من الدراسة والدقة المطلوبة والبيانات المتاحة .

1 - الطريقة الحقلية:

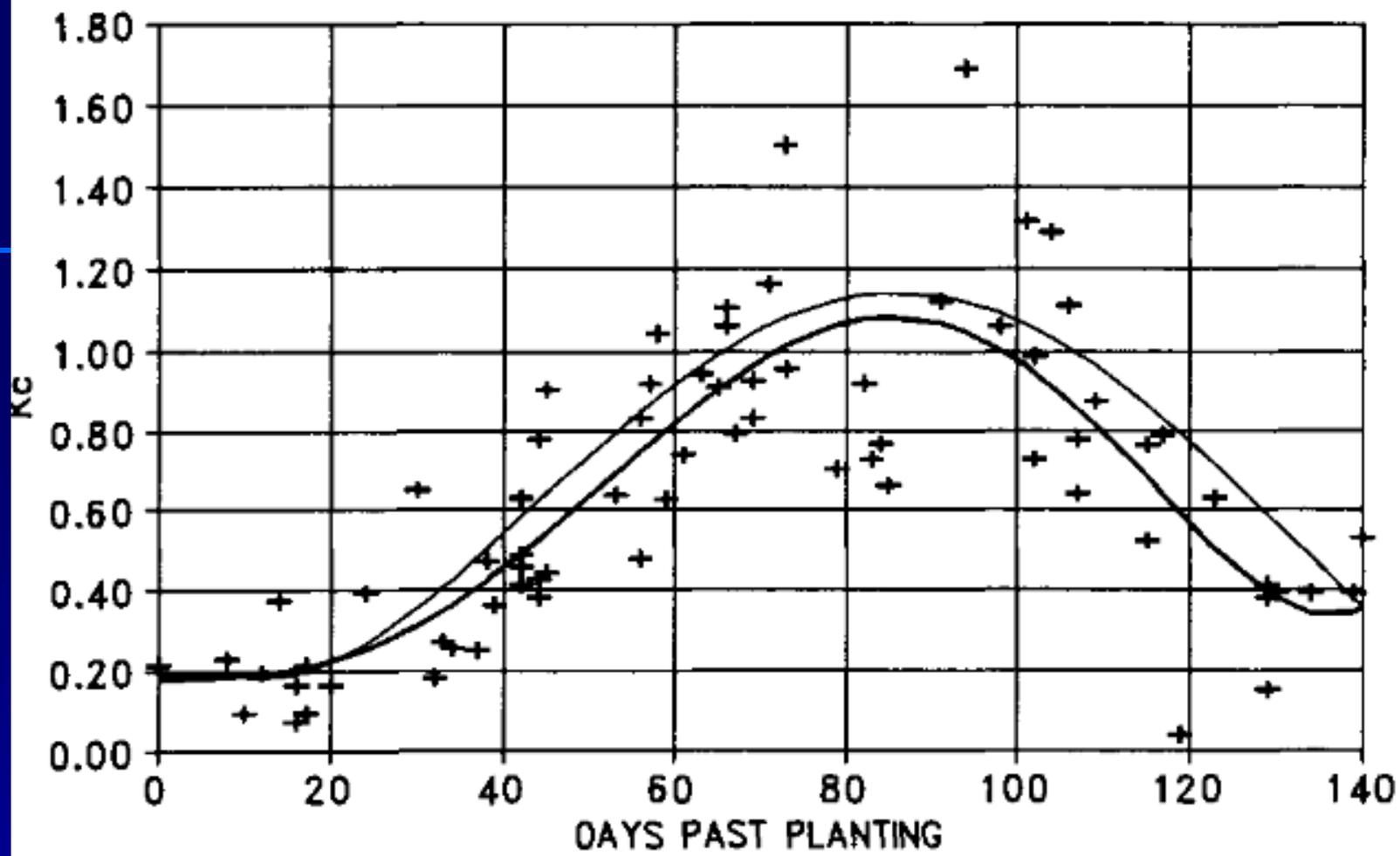
وفقاً لهذه الطريقة يتم حساب معامل المحصول من المعادلة :

$$Kc = ETC / ETo$$

حيث :

ETC: الاستهلاك المائي الفعلي ملم/يوم، يحدد بإحدى الطرق التالية (طريقة الموازنة المائية - طريقة حفظ الطاقة).

ETo: الاستهلاك المائي المرجعي ملم/يوم يحسب باستخدام المعادلات المناخية (بلاني كريدل – بنمان مونتيس – إلخ....) . أو بطريقة أحواض البخر



+ ACTUAL — STEGMAN - - - JENSEN-HAISE

2-طريقة الجداول المنشورة من قبل منظمة الفاو (Allen et al , 1998)

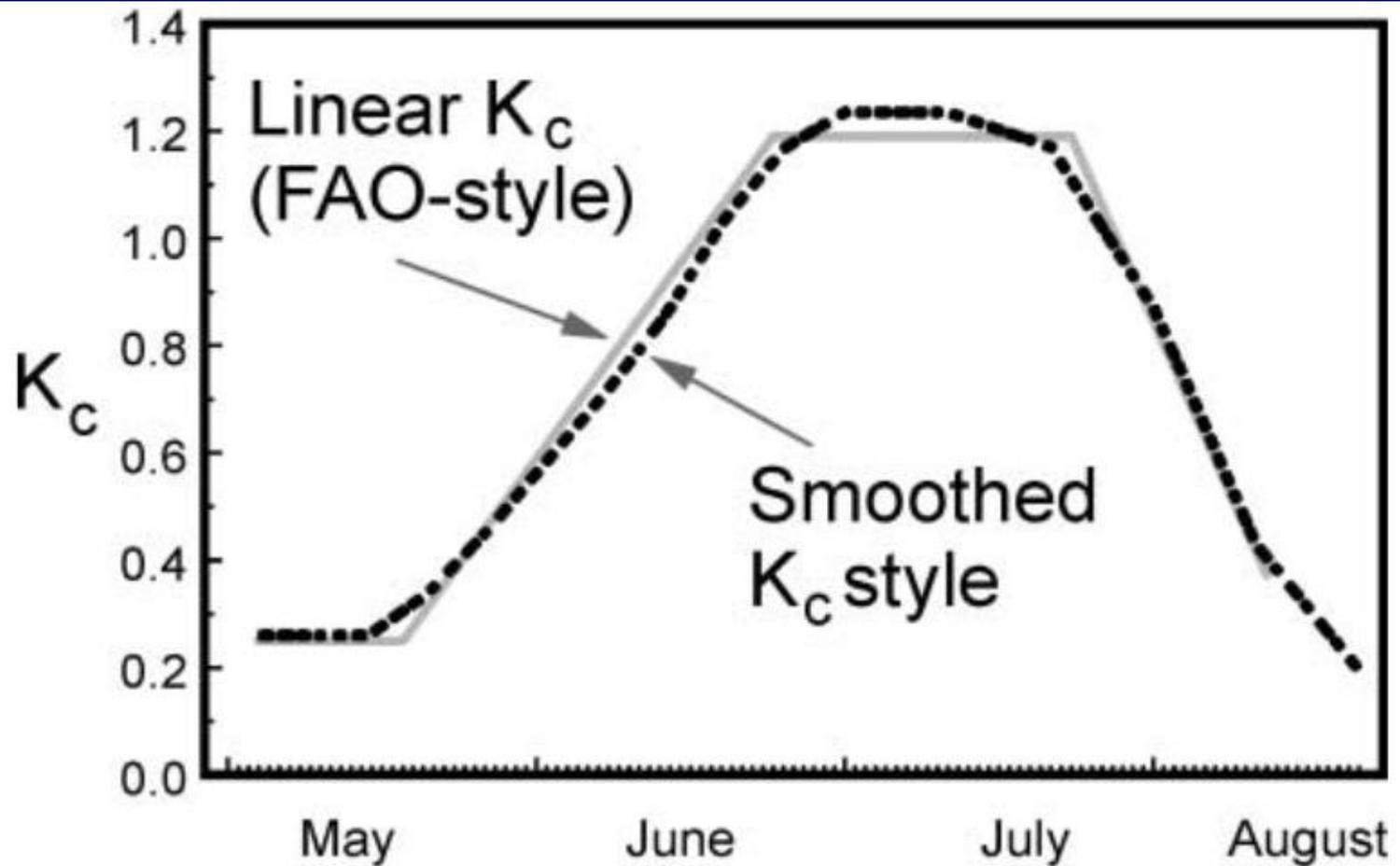
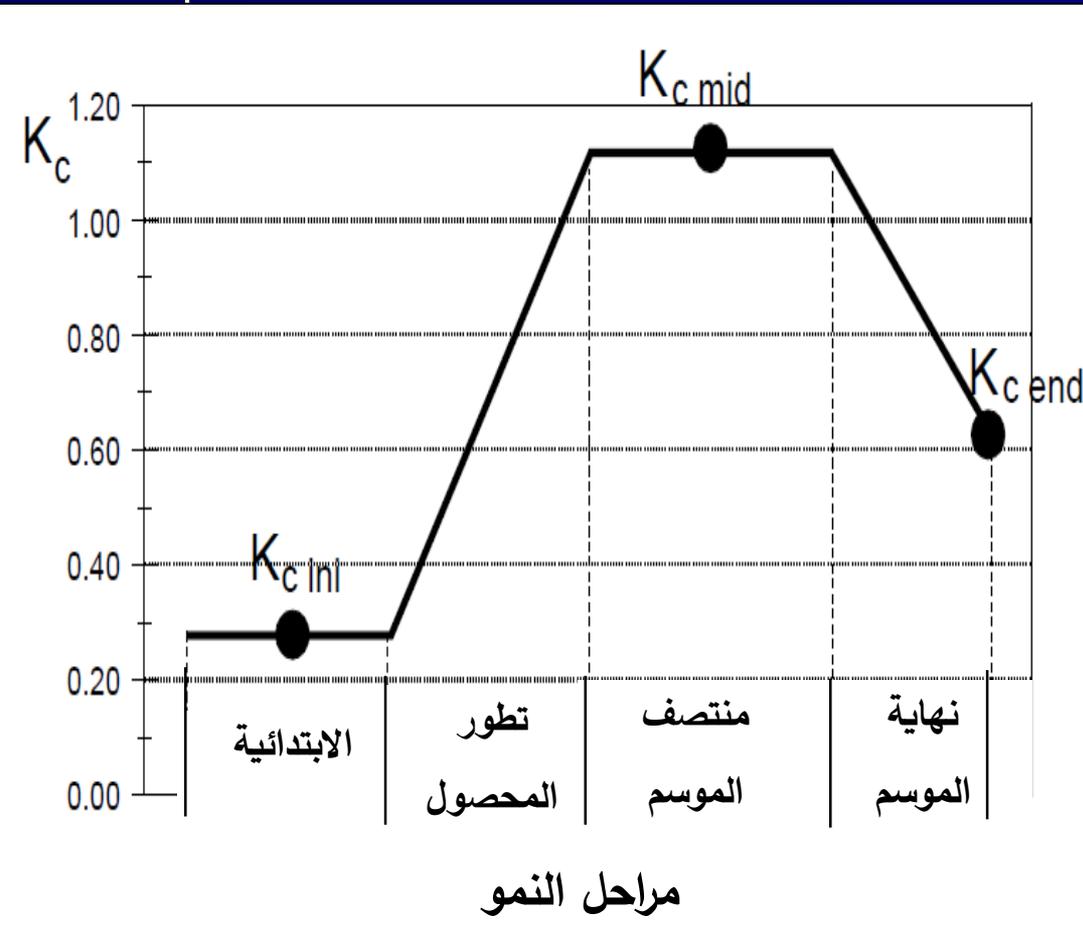


Fig. 3 Typical styles of crop coefficient curves.

2- طريقة الجداول المنشورة من قبل منظمة الفاو (Allen et al , 1998)

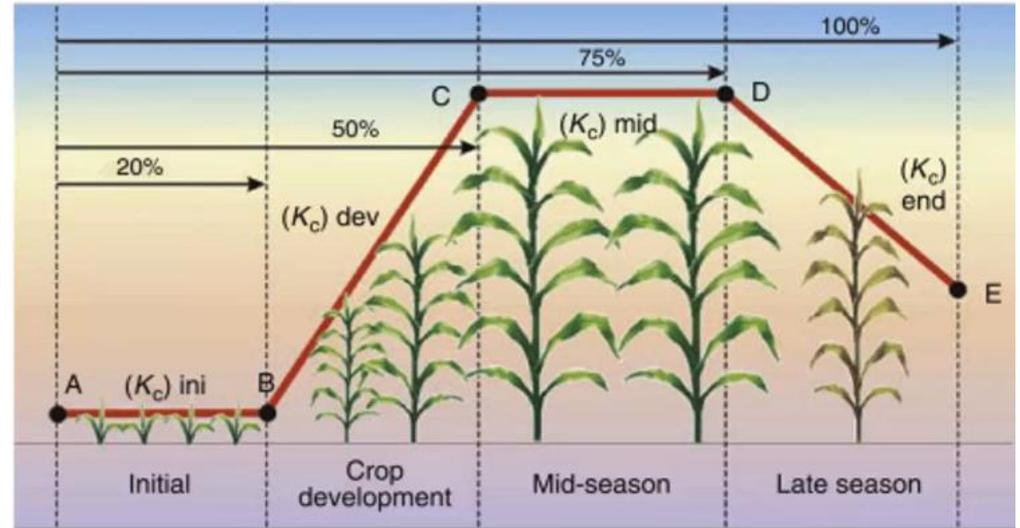


نشرت منظمة الفاو جداول تتضمن اطوال مراحل النمو المختلفة لمعظم المحاصيل الزراعية وقيم معامل المحصول لكل من هذه المراحل وبالاعتماد على هذه الجداول يمكن تحديد منحنى معامل المحصول

وهي طريقة تقرّيبية نلجأ إليها فقط في حال عدم توفر
معلومات حقلية وتستخدم فقط للدراسات الأولية.

Crop growth stages

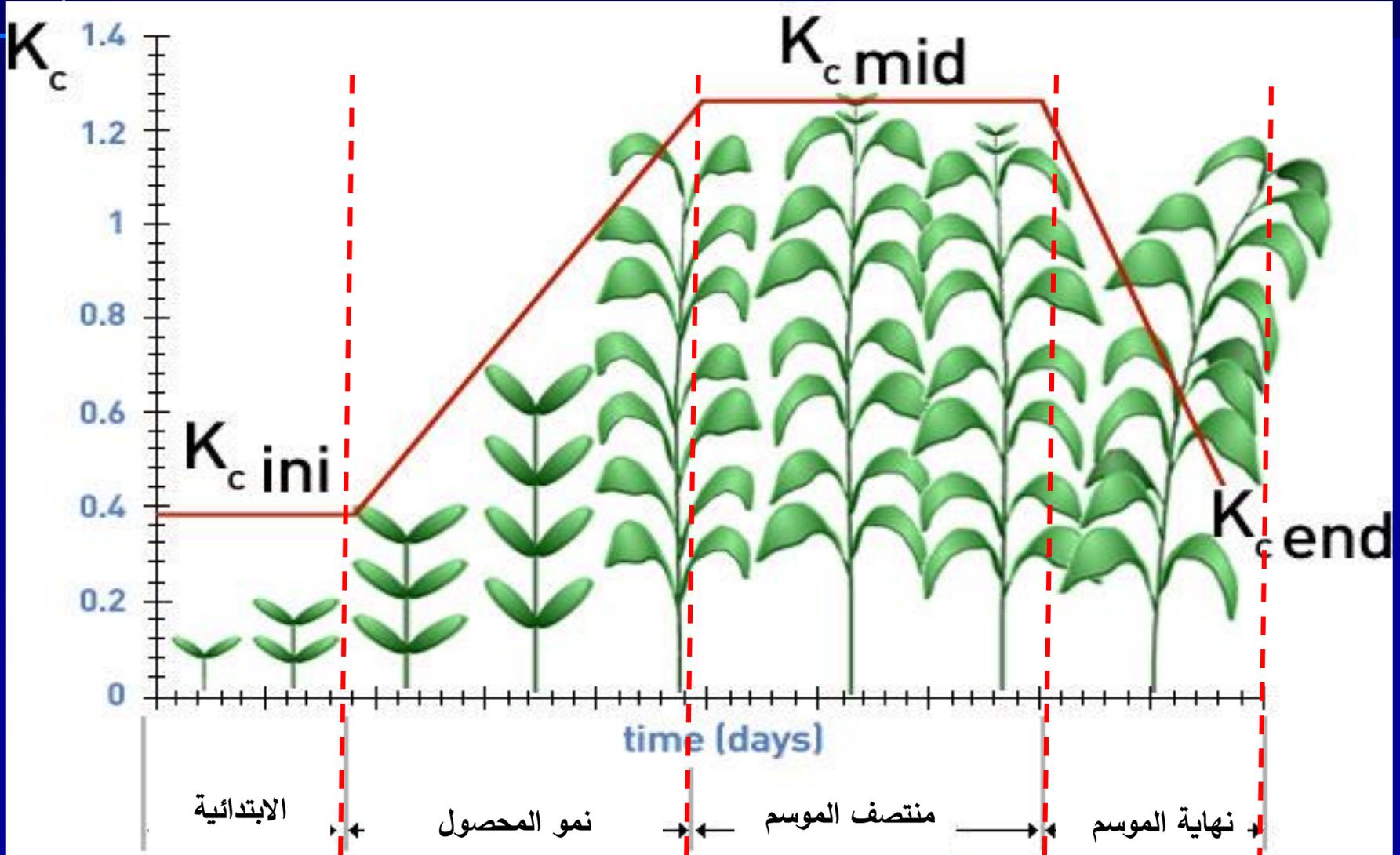
The four growth stages are:



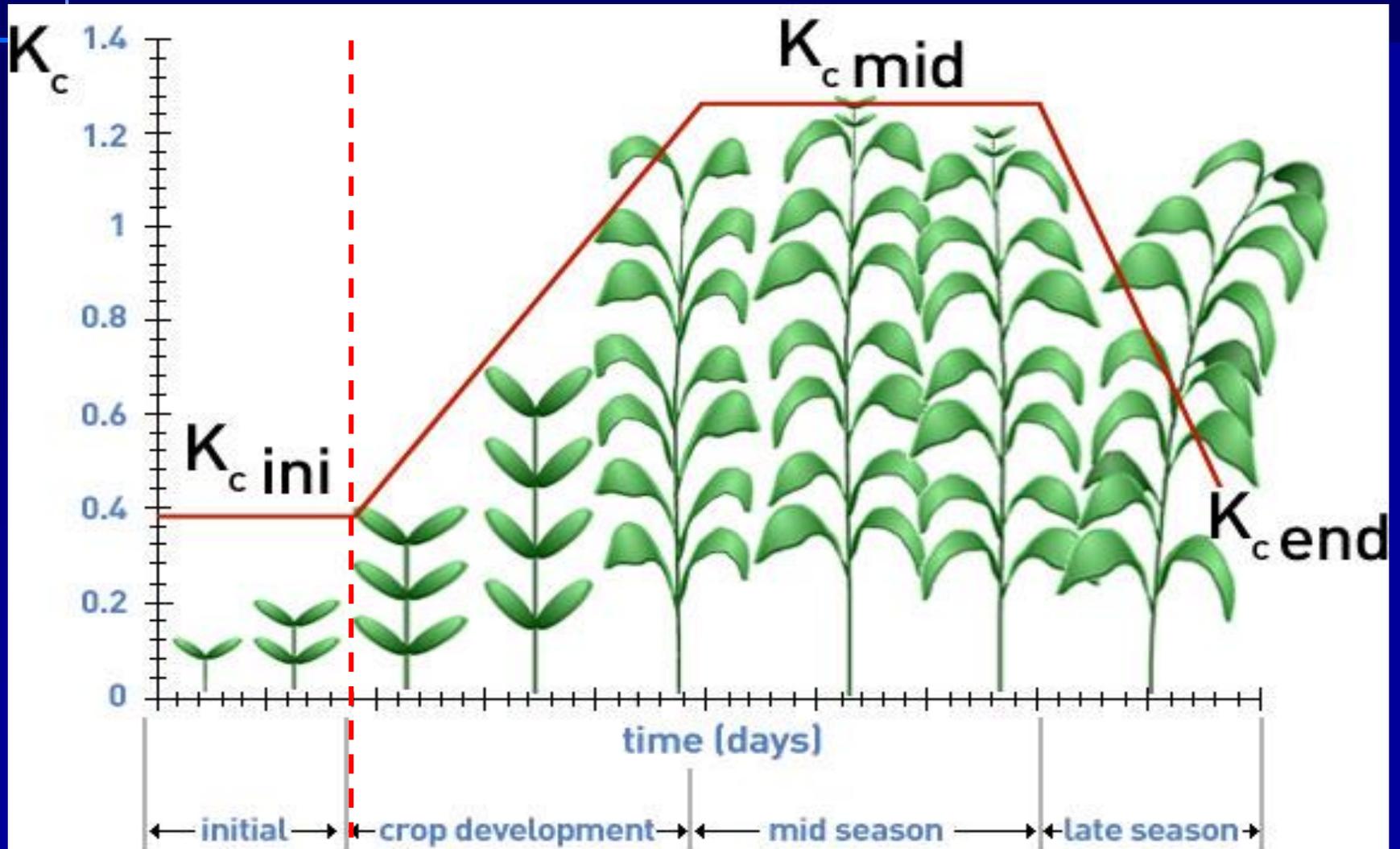
- Initial stage: Runs from planting date to approximately 10% ground cover.

During the initial period, the leaf area is small, E_t is predominately in the form of soil evaporation.

وفقا لهذه الطريقة تقسم موسم نمو المحصول الى اربع مراحل



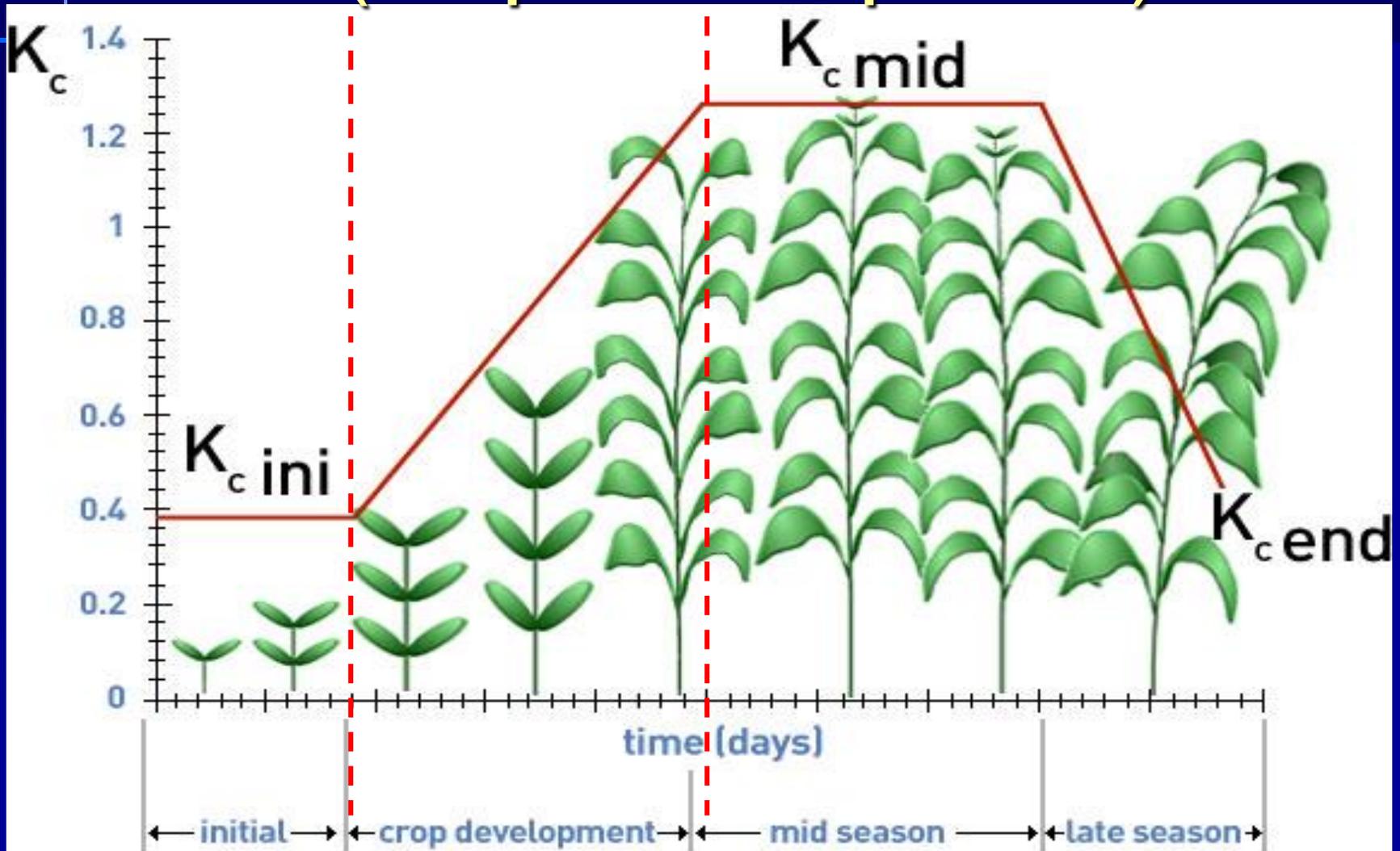
المرحلة الابتدائية (initial)



المرحلة الابتدائية (initial)

- تمتد من تاريخ الزراعة و حتى تبلغ نسبة تغطية المحصول للأرض 10 % . ان فترة المرحلة الابتدائية تتعلق بشكل كبير بنوع المحصول صنفه و تاريخ الزراعة . بالنسبة للنباتات الدائمة الخضرة فان موعد الزراعة يستبدل ببدء ظهور الاوراق الجديدة.
- خلال هذه المرحلة الابتدائية مساحة الاوراق تكون صغيرة و معظم ال ET يكون بسبب تبخر الماء من التربة و لذلك فان kc ini خلال هذه الفترة يكون كبيرا عندما تكون رطوبة التربة عالية اما بسبب الري او الهطول المطري

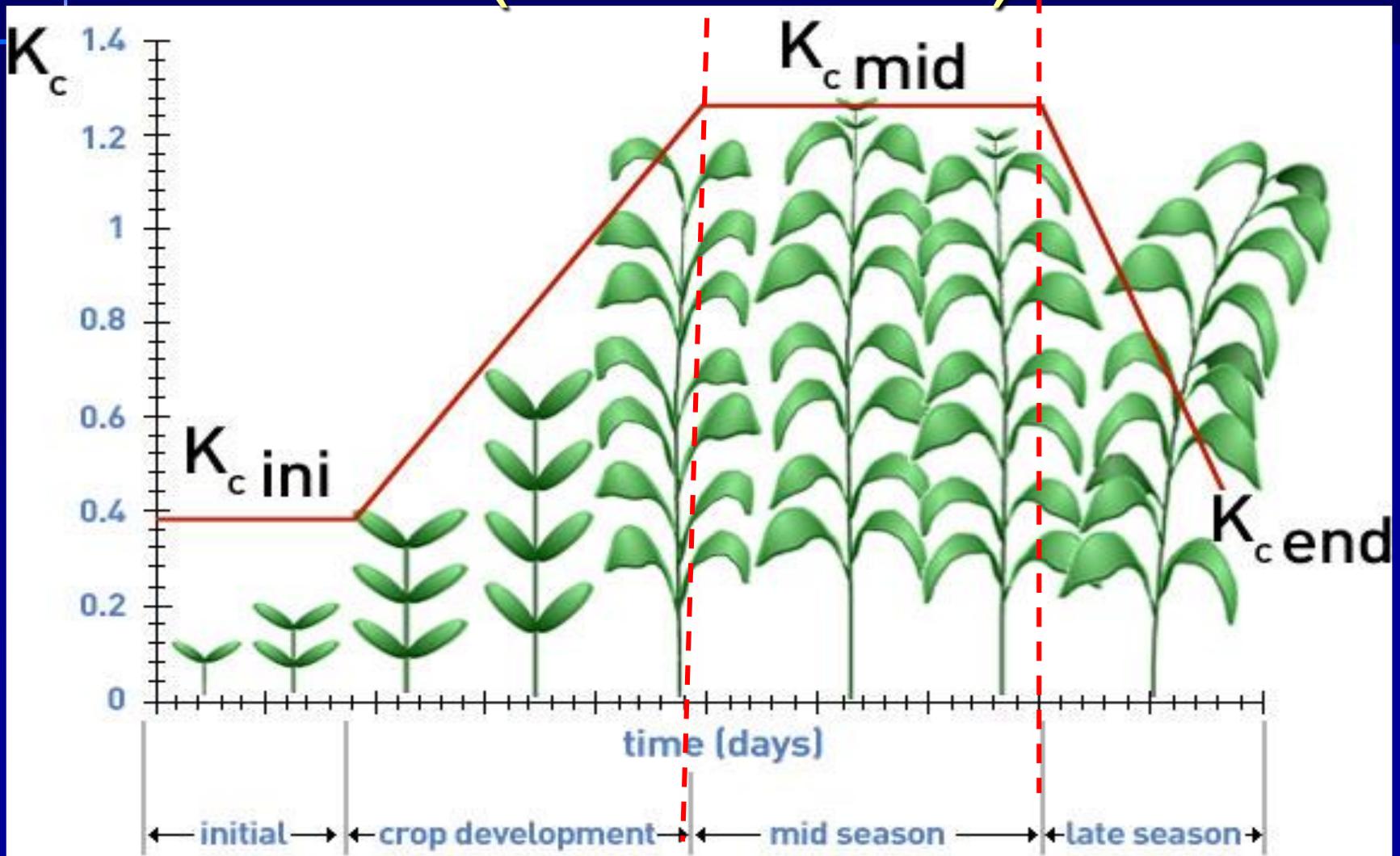
مرحلة تطور المحصول (crop development)



مرحلة تطور المحصول (crop development)

- تمتد هذه الفترة من التاريخ التي يشكل فيه الغطاء النباتي 10% من سطح التربة وحتى يغطي المحصول سطح التربة بشكل كامل. لعدد كبير من المحاصيل التغطية الكاملة لسطح التربة تترافق مع بداية الازهار. بالنسبة للمحاصيل التي تزرع على شكل خطوط مثل الفاصولياء و و الشوندر السكر و البطاطا و الذرة تعرف التغطية الكاملة عندما تتشابك اوراق النباتات و يغطي ظلها كامل سطح التربة. او عندما يصل النبات لحجمه الكامل في حال عدم حصول تشابك بالاوراق. بعض النباتات و خاصة تلك التي يزيد طولها عن 0.5 متر وسطي المساحة المغطاة بالنباتات في مرحلة الغطاء الكامل يكون نسبة التغطية 0.7 وحتى 0.8 . نسبة اشعة الشمس او المساحة المظللة لا تتغير بشكل كبير بعد هذه المرحلة مع نمو المحصول. بالنسبة للحبوب باعتبار انه من الصعب تحديد بداية مرحلة التغطية الكاملة فان مرحلة تشكل السنابل (الازهار) تعتبر بداية هذه المرحلة .

مرحلة منتصف الموسم (mid season)

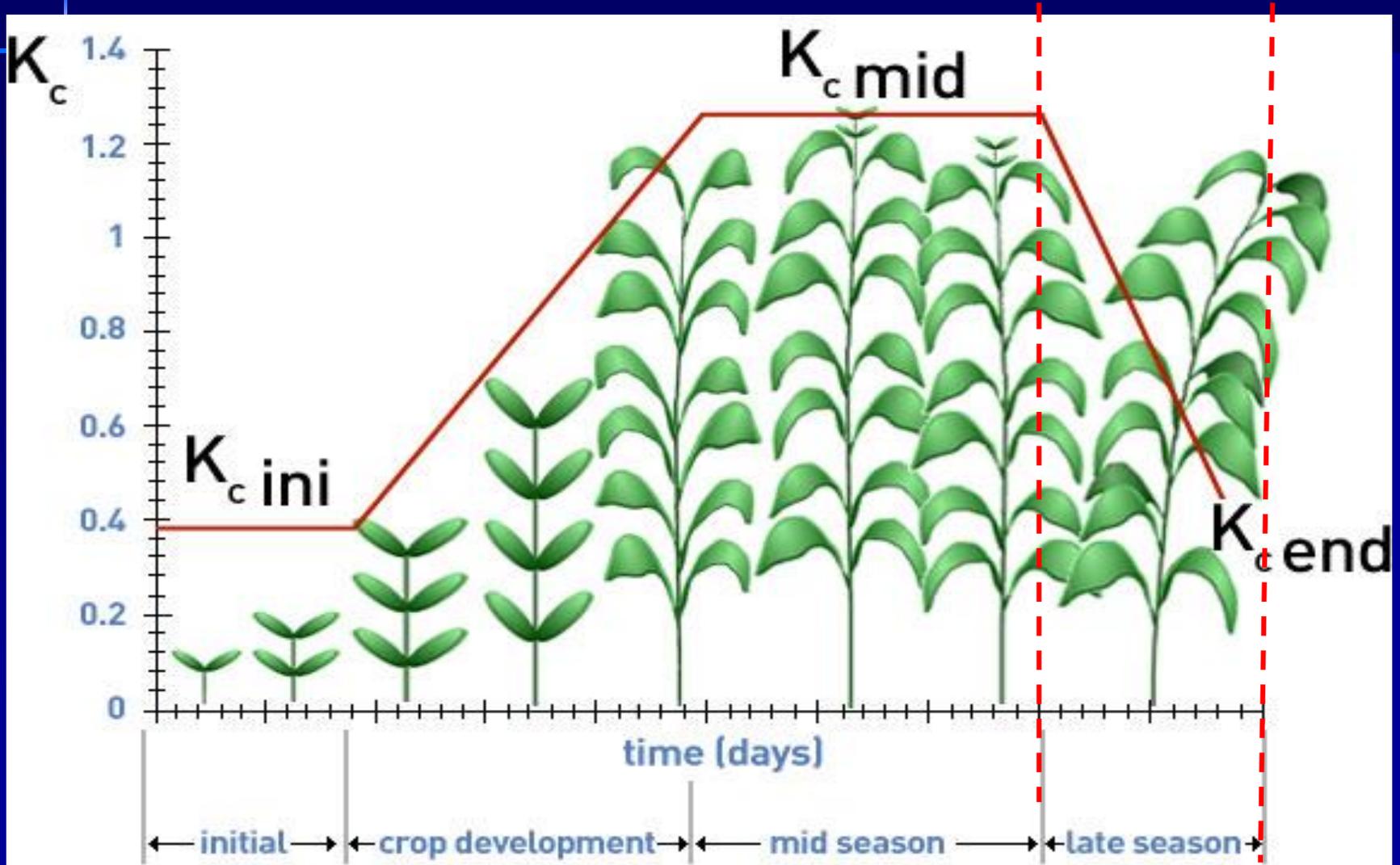


مرحلة منتصف الموسم (mid season)

تمتد هذه المرحلة من بداية الغطاء الكامل و لغاية مرحلة النضوج. و يستدل على بداية النضوج باصفرار الاوراق او تساقط الاوراق تحول لون الثمار الى البني. تكون مرحلة منتصف الموسم طويلة في المحاصيل الدائمة و تكون قصيرة في محاصيل الخضراوات و التي تقطف و هي خضراء

■ خلال مرحلة منتصف الموسم تصل ، Kc قيمتها الاعظمية و تسمى ($Kc mid$) و تكون قيمتها ثابتة طيلة هذه المرحلة

مرحلة نهاية الموسم (Late season)



مرحلة نهاية الموسم (Late season)

- تمتد هذه المرحلة من بداية النضوج و حتى الحصاد . نهاية هذه المرحلة تكون اما الحصاد او ان يجف النبات بشكل طبيعي او بتساقط الاوراق. في بعض النباتات الدائمة المحصول ينمو خلال كامل السنة لذلك تاريخ نهاية هذه المرحلة تعتبر نفس تاريخ الزراعة.
- قيمة KC في فترة نهاية الموسم (Kc end) تعكس ادارة المياه و المحصول فمثلا Kc end ستكون عالية اذا استمرت عملية الري بشكل متقارب حتى تاريخ الحصاد بينما اذا تم التوقف عن ري المحصول و ترك النبات حتى يجف بشكل طبيعي قيمة Kc end ستكون منخفضة عادة في هذه المرحلة تكون مسامات الاوراق صغيرة و بالتالي هذا يؤدي لخفض قيمة Kcend

أطوال مراحل نمو المحصول

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	90	30	200	Oct	Calif. Desert, USA
Cauliflower	35	50	40	15	140	Sept	Calif. Desert, USA
Celery	25	40	95	20	180	Oct	(Semi)Arid
	25	40	45	15	125	April	Mediterranean
	30	55	105	20	210	Jan	(Semi)Arid
Crucifers ¹	20	30	20	10	80	April	Mediterranean
	25	35	25	10	95	February	Mediterranean
	30	35	90	40	195	Oct/Nov	Mediterranean
Lettuce	20	30	15	10	75	April	Mediterranean
	30	40	25	10	105	Nov/Jan	Mediterranean
	25	35	30	10	100	Oct/Nov	Arid Region
	35	50	45	10	140	Feb	Mediterranean
Onion (dry)	15	25	70	40	150	April	Mediterranean
	20	35	110	45	210	Oct; Jan.	Arid Region; Calif.
Onion (green)	25	30	10	5	70	April/May	Mediterranean
	20	45	20	10	95	October	Arid Region
	30	55	55	40	180	March	Calif., USA
Onion (seed)	20	45	165	45	275	Sept	Calif. Desert, USA
Spinach	20	20	15/25	5	60/70	Apr; Sep/Oct	Mediterranean
	20	30	40	10	100	November	Arid Region

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	90	30	200	Oct	Calif. Desert, USA
Cauliflower	35	50	40	15	140	Sept	Calif. Desert, USA
Celery	25	40	95	20	180	Oct	(Semi)Arid
	25	40	45	15	125	April	Mediterranean
	30	55	105	20	210	Jan	(Semi)Arid
Crucifers ¹	20	30	20	10	80	April	Mediterranean
	25	35	25	10	95	February	Mediterranean
	30	35	90	40	195	Oct/Nov	Mediterranean
Lettuce	20	30	15	10	75	April	Mediterranean
	30	40	25	10	105	Nov/Jan	Mediterranean
	25	35	30	10	100	Oct/Nov	Arid Region
	35	50	45	10	140	Feb	Mediterranean
Onion (dry)	15	25	70	40	150	April	Mediterranean
	20	35	110	45	210	Oct; Jan.	Arid Region; Calif.
Onion (green)	25	30	10	5	70	April/May	Mediterranean
	20	45	20	10	95	October	Arid Region
	30	55	55	40	180	March	Calif., USA
Onion (seed)	20	45	165	45	275	Sept	Calif. Desert, USA
Spinach	20	20	15/25	5	60/70	Apr; Sep/Oct	Mediterranean
	20	30	40	10	100	November	Arid Region

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	90	30	200	Oct	Calif. Desert, USA
Cauliflower	35	50	40	15	140	Sept	Calif. Desert, USA
Celery	25	40	95	20	180	Oct	(Semi)Arid
	25	40	45	15	125	April	Mediterranean
	30	55	105	20	210	Jan	(Semi)Arid
Crucifers ¹	20	30	20	10	80	April	Mediterranean
	25	35	25	10	95	February	Mediterranean
	30	35	90	40	195	Oct/Nov	Mediterranean
Lettuce	20	30	15	10	75	April	Mediterranean
	30	40	25	10	105	Nov/Jan	Mediterranean
	25	35	30	10	100	Oct/Nov	Arid Region
	35	50	45	10	140	Feb	Mediterranean
Onion (dry)	15	25	70	40	150	April	Mediterranean
	20	35	110	45	210	Oct; Jan.	Arid Region; Calif.
Onion (green)	25	30	10	5	70	April/May	Mediterranean
	20	45	20	10	95	October	Arid Region
	30	55	55	40	180	March	Calif., USA
Onion (seed)	20	45	165	45	275	Sept	Calif. Desert, USA
Spinach	20	20	15/25	5	60/70	Apr; Sep/Oct	Mediterranean
	20	30	40	10	100	November	Arid Region

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	90	30	200	Oct	Calif. Desert, USA
Cauliflower	35	50	40	15	140	Sept	Calif. Desert, USA
Celery	25	40	95	20	180	Oct	(Semi)Arid
	25	40	45	15	125	April	Mediterranean
	30	55	105	20	210	Jan	(Semi)Arid
Crucifers ¹	20	30	20	10	80	April	Mediterranean
	25	35	25	10	95	February	Mediterranean
	30	35	90	40	195	Oct/Nov	Mediterranean
Lettuce	20	30	15	10	75	April	Mediterranean
	30	40	25	10	105	Nov/Jan	Mediterranean
	25	35	30	10	100	Oct/Nov	Arid Region
	35	50	45	10	140	Feb	Mediterranean
Onion (dry)	15	25	70	40	150	April	Mediterranean
	20	35	110	45	210	Oct; Jan.	Arid Region; Calif.
Onion (green)	25	30	10	5	70	April/May	Mediterranean
	20	45	20	10	95	October	Arid Region
	30	55	55	40	180	March	Calif., USA
Onion (seed)	20	45	165	45	275	Sept	Calif. Desert, USA
Spinach	20	20	15/25	5	60/70	Apr; Sep/Oct	Mediterranean
	20	30	40	10	100	November	Arid Region

Table 11 continued

Crop	Init. (L _{ini})	Dev. (L _{dev})	Mid (L _{mid})	Late (L _{late})	Total	Plant Date	Region
Sweet melons	25	35	40	20	120	May	Mediterranean
	30	30	50	30	140	March	Calif., USA
	15	40	65	15	135	Aug	Calif. Desert, USA
	30	45	65	20	160	Dec/Jan	Arid Region
Water melons	20	30	30	30	110	April	Italy
	10	20	20	30	80	Mat/Aug	Near East (desert)
d. Roots and Tubers							
Beets, table	15	25	20	10	70	Apr/May	Mediterranean
	25	30	25	10	90	Feb/Mar	Mediterranean & Arid
Cassava: year 1 year 2	20	40	90	60	210	Rainy season	Tropical regions
	150	40	110	60	360		
Potato	25	30	30/45	30	115/130	Jan/Nov	(Semi)Arid Climate
	25	30	45	30	130	May	Continental Climate
	30	35	50	30	145	April	Europe
	45	30	70	20	165	Apr/May	Idaho, USA
	30	35	50	25	140	Dec	Calif. Desert, USA
Sweet potato	20	30	60	40	150	April	Mediterranean
	15	30	50	30	125	Rainy seas.	Tropical regions
Sugarbeet	30	45	90	15	180	March	Calif., USA
	25	30	90	10	155	June	Calif., USA
	25	65	100	65	255	Sept	Calif. Desert, USA
	50	40	50	40	180	April	Idaho, USA
	25	35	50	50	160	May	Mediterranean
	45	75	80	30	230	November	Mediterranean
	35	60	70	40	205	November	Arid Regions
e. Legumes (<i>Leguminosae</i>)							
Beans (green)	20	30	30	10	90	Feb/Mar	Calif., Mediterranean
	15	25	25	10	75	Aug/Sep	Calif., Egypt, Lebanon
Beans (dry)	20	30	40	20	110	May/June	Continental Climates
	15	25	35	20	95	June	Pakistan, Calif.
	25	25	30	20	100	June	Idaho, USA
Faba bean, broad bean	15	25	35	15	90	May	Europe
- dry	20	30	35	15	100	Mar/Apr	Mediterranean
- green	90	45	40	60	235	Nov	Europe
- green	90	45	40	0	175	Nov	Europe
Green gram, cowpeas	20	30	30	20	110	March	Mediterranean

Table 11 continued.

Crop	Init. (L _{ini})	Dev. (L _{dev})	Mid (L _{mid})	Late (L _{late})	Total	Plant Date	Region
f. Perennial Vegetables (with winter dormancy and initially bare or mulched soil)							
Artichoke	40 20	40 25	250 250	30 30	360 325	Apr (1 st yr) May (2 nd yr)	California (cut in May)
Asparagus	50 90	30 30	100 200	50 45	230 365	Feb Feb	Warm Winter Mediterranean
g. Fibre Crops							
Cotton	30 45 30 30	50 90 50 50	60 45 60 55	55 45 55 45	195 225 195 180	Mar-May Mar Sept April	Egypt; Pakistan; Calif. Calif. Desert, USA Yemen Texas
Flax	25 30	35 40	50 100	40 50	150 220	April October	Europe Arizona
h. Oil Crops							
Castor beans	25 20	40 40	65 50	50 25	180 135	March Nov.	(Semi)Arid Climates Indonesia
Safflower	20 25 35	35 35 55	45 55 60	25 30 40	125 145 190	April Mar Oct/Nov	California, USA High Latitudes Arid Region
Sesame	20	30	40	20	100	June	China
Sunflower	25	35	45	25	130	April/May	Medit.; California
i. Cereals							
Barley/Oats/ Wheat	15 20 15 40 40	25 25 30 30 60	50 60 65 40 60	30 30 40 20 40	120 135 150 130 200	November March/Apr July Apr Nov	Central India 35-45 °L East Africa
Winter Wheat	20 20 ² 30 160	50 60 ² 140 75	60 70 40 75	30 30 30 25	160 180 240 335	Dec December November October	Calif. Desert, USA Calif., USA Mediterranean Idaho, USA

b. Vegetables - Solanum Family (*Solanaceae*)

Egg plant	30	40	40	20	130\14	October	Arid Region
	30	45	40	25	0	May/June	Mediterranean
Sweet peppers (bell)	25/30	35	40	20	125	April/June	Europe and Medit.
	30	40	110	30	210	October	Arid Region
Tomato	30	40	40	25	135	January	Arid Region
	35	40	50	30	155	Apr/May	Calif., USA
	25	40	60	30	155	Jan	Calif. Desert, USA
	35	45	70	30	180	Oct/Nov	Arid Region
	30	40	45	30	145	April/May	Mediterranean

c. Vegetables - Cucumber Family (*Cucurbitaceae*)

Cantaloupe	30	45	35	10	120	Jan	Calif., USA
	10	60	25	25	120	Aug	Calif., USA
Cucumber	20	30	40	15	105	June/Aug	Arid Region
	25	35	50	20	130	Nov; Feb	Arid Region
Pumpkin, Winter squash	20	30	30	20	100	Mar, Aug	Mediterranean
	25	35	35	25	120	June	Europe
Squash,	25	35	25	15	100	Apr; Dec.	Medit.; Arid Reg.
Zucchini	20	30	25	15	90	May/June	Medit.; Europe

Table 11 continued

Crop	Init. (L _{ini})	Dev. (L _{dev})	Mid (L _{mid})	Late (L _{late})	Total	Plant Date	Region
Sorghum	20	35	40	30	130	May/June	USA, Pakis., Med. Arid Region
	20	35	45	30	140	Mar/April	
Rice	30	30	60	30	150	Dec; May	Tropics; Mediterranean Tropics
	30	30	80	40	180	May	
j. Forages							
Alfalfa, total season ⁴	10	30	var.	var.	var.		last -4°C in spring until first -4°C in fall
Alfalfa ⁴ 1 st cutting cycle	10	20	20	10	60	Jan	Calif., USA. Idaho, USA.
	10	30	25	10	75	Apr (last -4°C)	
Alfalfa ⁴ , other cutting cycles	5	10	10	5	30	Mar	Calif., USA. Idaho, USA.
	5	20	10	10	45	Jun	
Bermuda for seed	10	25	35	35	105	March	Calif. Desert, USA
Bermuda for hay (several cuttings)	10	15	75	35	135	---	Calif. Desert, USA
Grass Pasture ⁴	10	20	--	--	--		7 days before last -4°C in spring until 7 days after first -4°C in fall
Sudan, 1 st cutting cycle	25	25	15	10	75	Apr	Calif. Desert, USA
Sudan, other cutting cycles	3	15	12	7	37	June	Calif. Desert, USA
k. Sugar Cane							
Sugarcane, virgin	35	60	190	120	405		Low Latitudes Tropics Hawaii, USA
	50	70	220	140	480		
	75	105	330	210	720		
Sugarcane, ratoon	25	70	135	50	280		Low Latitudes Tropics Hawaii, USA
	30	50	180	60	320		
	35	105	210	70	420		
l. Tropical Fruits and Trees							
Banana, 1 st yr	120	90	120	60	390	Mar	Mediterranean
Banana, 2 nd yr	120	60	180	5	385	Feb	Mediterranean
Pineapple	60	120	600	10	790		Hawaii, USA
m. Grapes and Berries							
Grapes	20	40	120	60	240	April	Low Latitudes Calif., USA High Latitudes Mid Latitudes (wine)
	20	50	75	60	205	Mar	
	20	50	90	20	180	May	
	30	60	40	60	210	April	
Hops	25	40	80	10	155	April	Idaho, USA
n. Fruit Trees							
Citrus	60	90	120	95	365	Jan	Mediterranean
Deciduous Orchard	20	70	90	30	210	March	High Latitudes Low Latitudes Calif., USA
	20	70	120	60	270	March	
	30	50	130	30	240	March	

continued...

Table 11 continued

Crop	Init. (L _{ini})	Dev. (L _{dev})	Mid (L _{mid})	Late (L _{late})	Total	Plant Date	Region
Olives	30	90	60	90	270 ^b	March	Mediterranean
Pistachios	20	60	30	40	150	Feb	Mediterranean
Walnuts	20	10	130	30	190	April	Utah, USA
o. Wetlands - Temperate Climate							
Wetlands (Cattails, Bulrush)	10 180	30 60	80 90	20 35	140 365	May November	Utah, USA; killing frost Florida, USA
Wetlands (short veg.)	180	60	90	35	365	November	frost-free climate

Table 11 continued

Crop	Init. (L _{ini})	Dev. (L _{dev})	Mid (L _{mid})	Late (L _{late})	Total	Plant Date	Region
Sorghum	20	35	40	30	130	May/June	USA, Pakis., Med.
	20	35	45	30	140	Mar/April	Arid Region
Rice	30	30	60	30	150	Dec; May	Tropics; Mediterranean
	30	30	80	40	180	May	Tropics
j. Forages							
Alfalfa, total season ⁴	10	30	var.	var.	var.		last -4°C in spring until first -4°C in fall
Alfalfa ⁴ 1 st cutting cycle	10	20	20	10	60	Jan	Calif., USA.
	10	30	25	10	75	Apr (last -4°C)	Idaho, USA.
Alfalfa ⁴ , other cutting cycles	5	10	10	5	30	Mar	Calif., USA.
	5	20	10	10	45	Jun	Idaho, USA.
Bermuda for seed	10	25	35	35	105	March	Calif. Desert, USA
Bermuda for hay (several cuttings)	10	15	75	35	135	---	Calif. Desert, USA
Grass Pasture ⁴	10	20	--	--	--		7 days before last -4°C in spring until 7 days after first -4°C in fall
Sudan, 1 st cutting cycle	25	25	15	10	75	Apr	Calif. Desert, USA
Sudan, other cutting cycles	3	15	12	7	37	June	Calif. Desert, USA
k. Sugar Cane							
Sugarcane, virgin	35	60	190	120	405		Low Latitudes
	50	70	220	140	480		Tropics
	75	105	330	210	720		Hawaii, USA
Sugarcane, ratoon	25	70	135	50	280		Low Latitudes
	30	50	180	60	320		Tropics
	35	105	210	70	420		Hawaii, USA
l. Tropical Fruits and Trees							
Banana, 1 st yr	120	90	120	60	390	Mar	Mediterranean
Banana, 2 nd yr	120	60	180	5	365	Feb	Mediterranean
Pineapple	60	120	600	10	790		Hawaii, USA
m. Grapes and Berries							
Grapes	20	40	120	60	240	April	Low Latitudes
	20	50	75	60	205	Mar	Calif., USA
	20	50	90	20	180	May	High Latitudes
	30	60	40	80	210	April	Mid Latitudes (wine)
Hops	25	40	80	10	155	April	Idaho, USA
n. Fruit Trees							
Citrus	60	90	120	95	365	Jan	Mediterranean
Deciduous Orchard	20	70	90	30	210	March	High Latitudes
	20	70	120	60	270	March	Low Latitudes
	30	50	130	30	240	March	Calif., USA

continued...

- ⁴ In climates having killing frosts, growing seasons can be estimated for alfalfa and grass as:
 alfalfa: last -4°C in spring until first -4°C in fall (Everson, D.O., M. Faubion and D.E. Amos 1978. "Freezing temperatures and growing seasons in Idaho." Univ. Idaho Agric. Exp. station bulletin 494. 18 p.)
 grass: 7 days before last -4°C in spring and 7 days after last -4°C in fall (Kruse E.G. and Haise, H.R. 1974. "Water use by native grasses in high altitude Colorado meadows." USDA Agric. Res. Service, Western Region report ARS-W-6-1974. 60 pages)

تحديد قيم معامل المحصول

Crop	$K_c \text{ ini}^1$	$K_c \text{ mid}$	$K_c \text{ end}$	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
b. Vegetables – Solanum Family (<i>Solanaceae</i>)	0.6	1.15	0.80	
Egg Plant		1.05	0.90	0.8
Sweet Peppers (bell)		1.05 ²	0.90	0.7
Tomato		1.15 ²	0.70-0.90	0.6
c. Vegetables – Cucumber Family (<i>Cucurbitaceae</i>)	0.5	1.00	0.80	
Cantaloupe	0.5	0.85	0.60	0.3
Cucumber – Fresh Market	0.6	1.00 ²	0.75	0.3
– Machine harvest	0.5	1.00	0.90	0.3
Pumpkin, Winter Squash		1.00	0.80	0.4
Squash, Zucchini		0.95	0.75	0.3
Sweet Melons		1.05	0.75	0.4
Watermelon	0.4	1.00	0.75	0.4
d. Roots and Tubers	0.5	1.10	0.95	
Beets, table		1.05	0.95	0.4
Cassava – year 1	0.3	0.80 ³	0.30	1.0
– year 2	0.3	1.10	0.50	1.5
Parsnip	0.5	1.05	0.95	0.4
Potato		1.15	0.75 ⁴	0.6
Sweet Potato		1.15	0.65	0.4
Turnip (and Rutabaga)		1.10	0.95	0.6
Sugar Beet	0.35	1.20	0.70 ⁵	0.5

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
b. Vegetables – Solanum Family (<i>Solanaceae</i>)	0.6	1.15	0.80	
Egg Plant		1.05	0.90	0.8
Sweet Peppers (bell)		1.05 ²	0.90	0.7
Tomato		1.15 ²	0.70-0.90	0.6
c. Vegetables – Cucumber Family (<i>Cucurbitaceae</i>)	0.5	1.00	0.80	
Cantaloupe	0.5	0.85	0.60	0.3
Cucumber – Fresh Market	0.6	1.00 ²	0.75	0.3
– Machine harvest	0.5	1.00	0.90	0.3
Pumpkin, Winter Squash		1.00	0.80	0.4
Squash, Zucchini		0.95	0.75	0.3
Sweet Melons		1.05	0.75	0.4
Watermelon	0.4	1.00	0.75	0.4
d. Roots and Tubers	0.5	1.10	0.95	
Beets, table		1.05	0.95	0.4
Cassava – year 1	0.3	0.80 ³	0.30	1.0
– year 2	0.3	1.10	0.50	1.5
Parsnip	0.5	1.05	0.95	0.4
Potato		1.15	0.75 ⁴	0.6
Sweet Potato		1.15	0.65	0.4
Turnip (and Rutabaga)		1.10	0.95	0.6
Sugar Beet	0.35	1.20	0.70 ⁵	0.5

Table 12 continued

Crop	K_c ini ¹	K_c mid	K_c end	Maximum Crop Height (h) (m)
e. Legumes (<i>Leguminosae</i>)	0.4	1.15	0.55	
Beans, green	0.5	1.05 ²	0.90	0.4
Beans, dry and Pulses	0.4	1.15 ²	0.35	0.4
Chick pea		1.00	0.35	0.4
Fababean (broad bean) – Fresh	0.5	1.15 ²	1.10	0.8
– Dry/Seed	0.5	1.15 ²	0.30	0.8
Garbanzo	0.4	1.15	0.35	0.8
Green Gram and Cowpeas		1.05	0.60-0.35 ⁶	0.4
Groundnut (Peanut)		1.15	0.60	0.4
Lentil		1.10	0.30	0.5
Peas – Fresh	0.5	1.15 ²	1.10	0.5
– Dry/Seed		1.15	0.30	0.5
Soybeans		1.15	0.50	0.5-1.0
f. Perennial Vegetables (with winter dormancy and initially bare or mulched soil)	0.5	1.00	0.80	
Artichokes	0.5	1.00	0.95	0.7
Asparagus	0.5	0.95 ⁷	0.30	0.2-0.8
Mint	0.60	1.15	1.10	0.6-0.8
Strawberries	0.40	0.85	0.75	0.2
g. Fibre Crops	0.35			
Cotton		1.15-1.20	0.70-0.50	1.2-1.5
Flax		1.10	0.25	1.2
Sisal ⁸		0.4-0.7	0.4-0.7	1.5

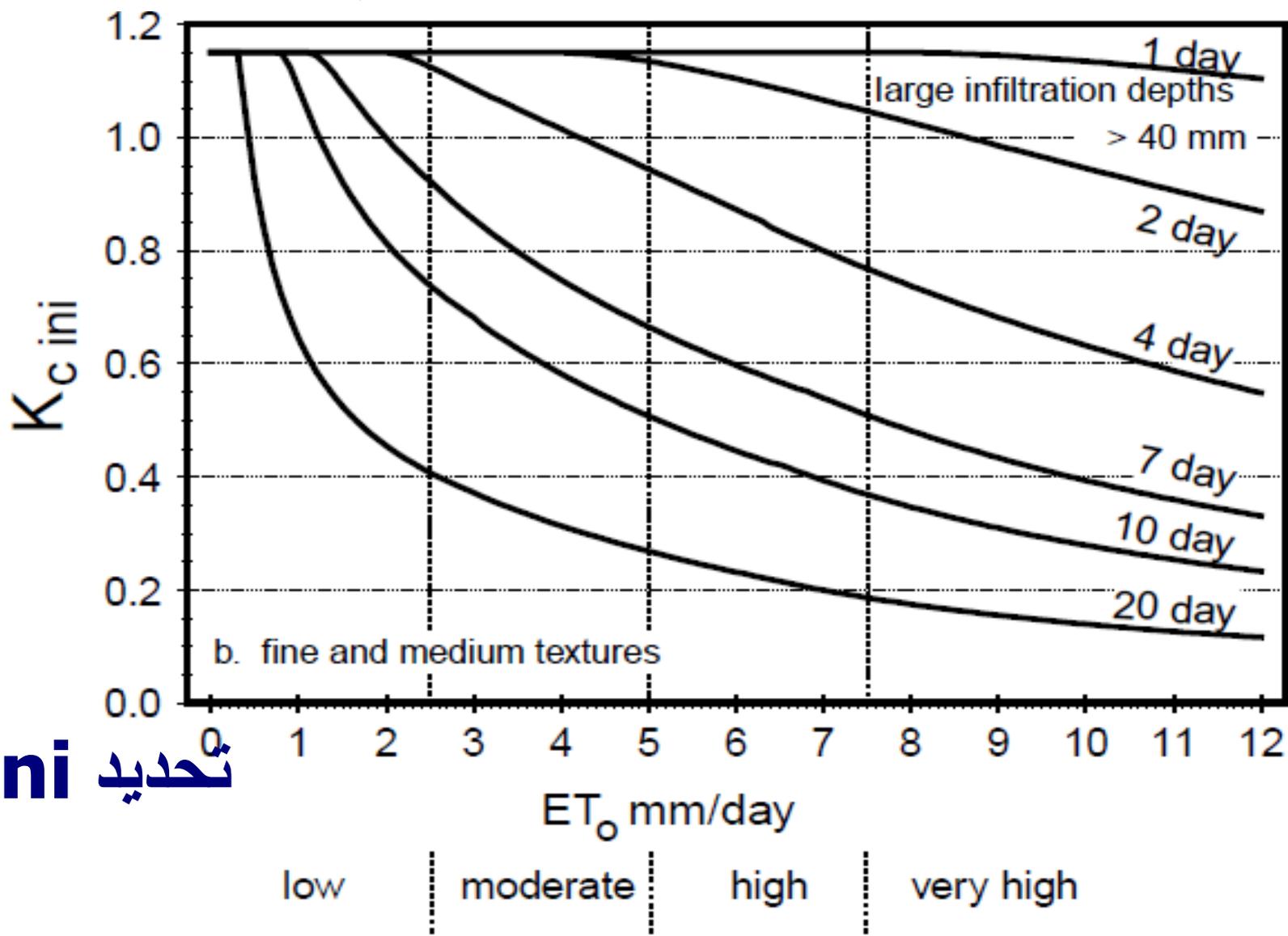
h. Oil Crops	0.35	1.15	0.35	
Castorbean (<i>Ricinus</i>)		1.15	0.55	0.3
Rapeseed, Canola		1.0-1.15 ⁹	0.35	0.6
Safflower		1.0-1.15 ⁹	0.25	0.8
Sesame		1.10	0.25	1.0
Sunflower		1.0-1.15 ⁹	0.35	2.0
i. Cereals	0.3	1.15	0.4	
Barley		1.15	0.25	1
Oats		1.15	0.25	1
Spring Wheat		1.15	0.25-0.4 ¹⁰	1
Winter Wheat - with frozen soils	0.4	1.15	0.25-0.4 ¹⁰	1
- with non-frozen soils	0.7	1.15	0.25-0.4 ¹⁰	
Maize, Field (grain) (<i>field corn</i>)		1.20	0.60, 0.35 ¹¹	2
Maize, Sweet (<i>sweet corn</i>)		1.15	1.05 ¹²	1.5
Millet		1.00	0.30	1.5
Sorghum - grain		1.00-1.10	0.55	1-2
- sweet		1.20	1.05	2-4
Rice	1.05	1.20	0.90-0.60	1

continued

k. Sugar Cane	0.40	1.25	0.75	3
l. Tropical Fruits and Trees				
Banana - 1 st year	0.50	1.10	1.00	3
- 2 nd year	1.00	1.20	1.10	4
Cacao	1.00	1.05	1.05	3
Coffee - bare ground cover	0.90	0.95	0.95	2-3
- with weeds	1.05	1.10	1.10	2-3
Date Palms	0.90	0.95	0.95	8
Palm Trees	0.95	1.00	1.00	8
Pineapple ¹⁶ - bare soil	0.50	0.30	0.30	0.6-1.2
- with grass cover	0.50	0.50	0.50	0.6-1.2
Rubber Trees	0.95	1.00	1.00	10
Tea - non-shaded	0.95	1.00	1.00	1.5
- shaded ¹⁷	1.10	1.15	1.15	2
m. Grapes and Berries				
Berries (bushes)	0.30	1.05	0.50	1.5
Grapes - Table or Raisin	0.30	0.85	0.45	2
- Wine	0.30	0.70	0.45	1.5-2
Hops	0.3	1.05	0.85	5

continued

حالة كمية مياه الري مرتفعة (أكبر من 40 مم) في الري الواحدة تربة متوسطة او ناعمة القوام



تحديد $K_c ini$

حالة كمية مياه الري مرتفعة (أكبر من 40 مم) في الري الواحدة تربة خشنة القوام

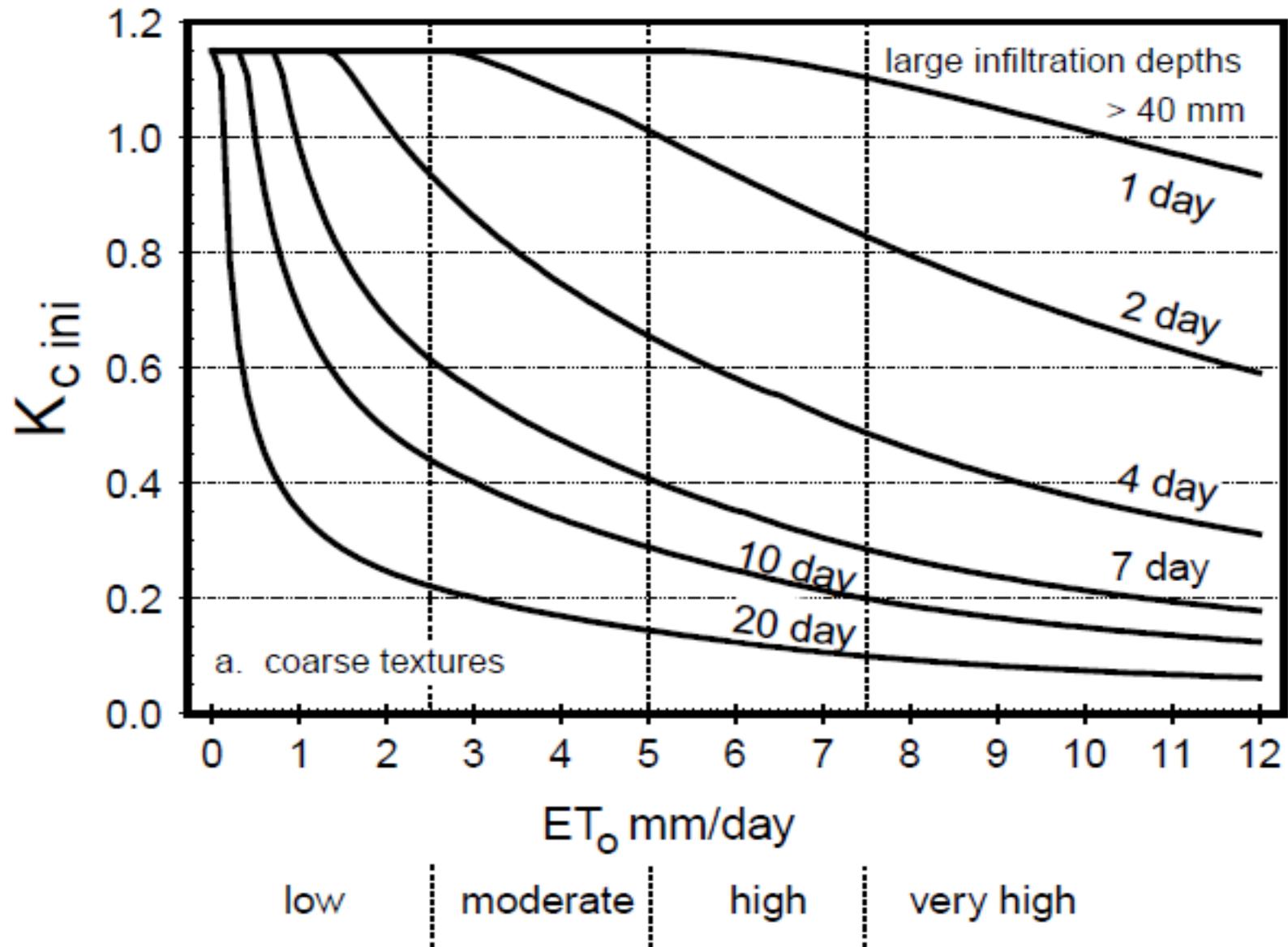
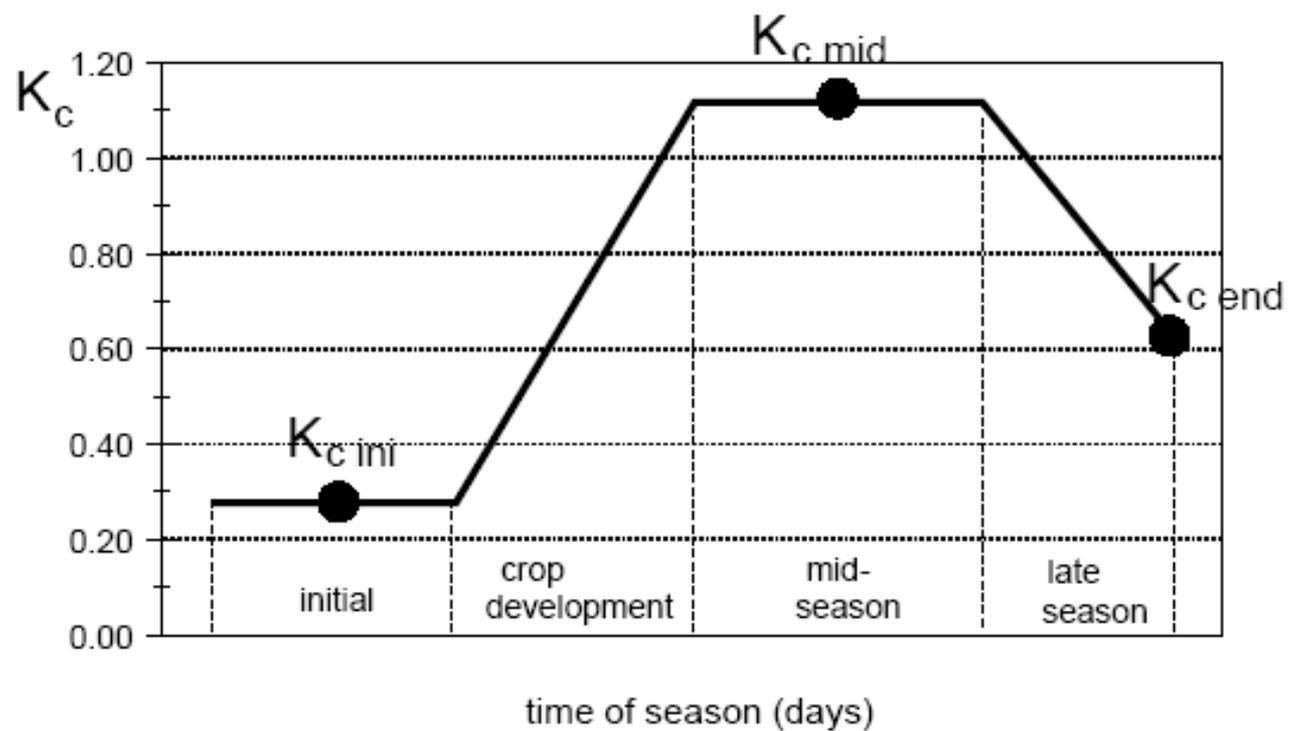


FIGURE 34
Crop coefficient curve



مثال

■ المطلوب تحديد منحنى
معامل محصول القطن
في محافظة دير الزور

تاريخ الزراعة : April 15

الري بالتنقيط

الفترة بين الريات = 7 ايام



المعطيات المناخية

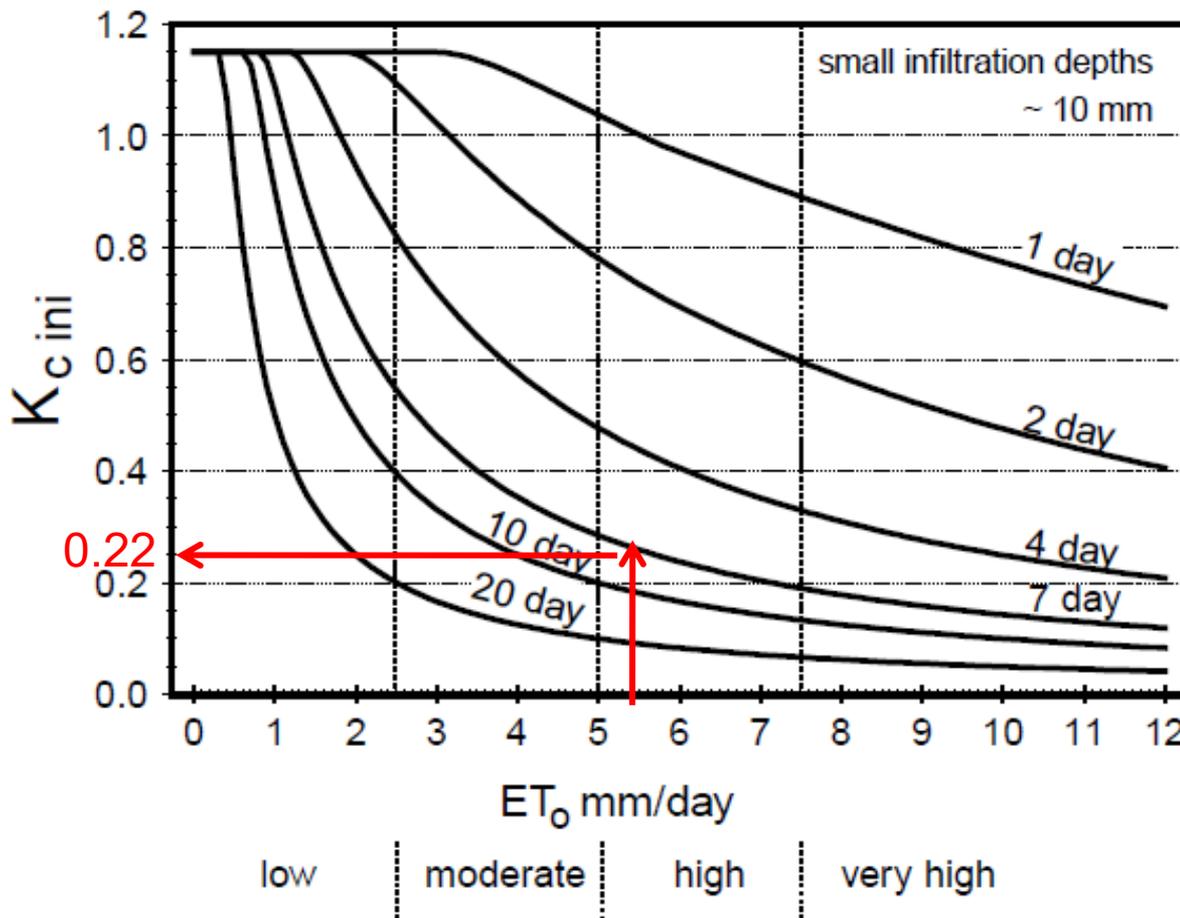
Month	Tmin	Tmax	RH	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day
January	2.5	12.2	75	216	4.4	8.6	1.34
February	3.7	15.1	68	259	5.5	11.6	2.08
March	7	19.5	51	302	6.4	15.4	3.69
April	12	25.4	46	320	7.6	19.5	5.41
May	17.1	31.7	36	337	9	23	7.65
June	21.9	36.9	24	458	10.9	26.1	11.32
July	25.1	39.9	24	484	11.1	26.2	12.55
August	24.5	39.3	26	406	10.7	24.2	10.99
September	19.4	35.3	30	285	9.6	20.3	7.67
October	13.7	28.8	44	216	7.6	14.6	4.57
November	7.2	20.7	57	173	6.5	10.9	2.48
December	3.2	14	72	207	4.6	8.1	1.49
Average	13.1	26.6	46	305	7.8	17.4	5.94

تحديد اطوال مراحل النمو

Table 11 continued.

Crop	Init. (L _{ini})	Dev. (L _{dev})	Mid (L _{mid})	Late (L _{late})	Total	Plant Date	Region
f. Perennial Vegetables (with winter dormancy and initially bare or mulched soil)							
Artichoke	40 20	40 25	250 250	30 30	360 325	Apr (1 st yr) May (2 nd yr)	California (cut in May)
Asparagus	50 90	30 30	100 200	50 45	230 365	Feb Feb	Warm Winter Mediterranean
g. Fibre Crops							
Cotton	30	50	60	55	195	Mar-May	Egypt; Pakistan; Calif.
	45	90	45	45	225	Mar	Calif. Desert, USA
	30	50	60	55	195	Sept	Yemen
	30	50	55	45	180	April	Texas
Flax	25	35	50	40	150	April	Europe
	30	40	100	50	220	October	Arizona

تحديد معامل المحصول في المرحلة الابتدائية



$E_{to} = 5.41$ mm/day

الفترة بين الريات = 7 ايام

$K_c ini = 0.22$

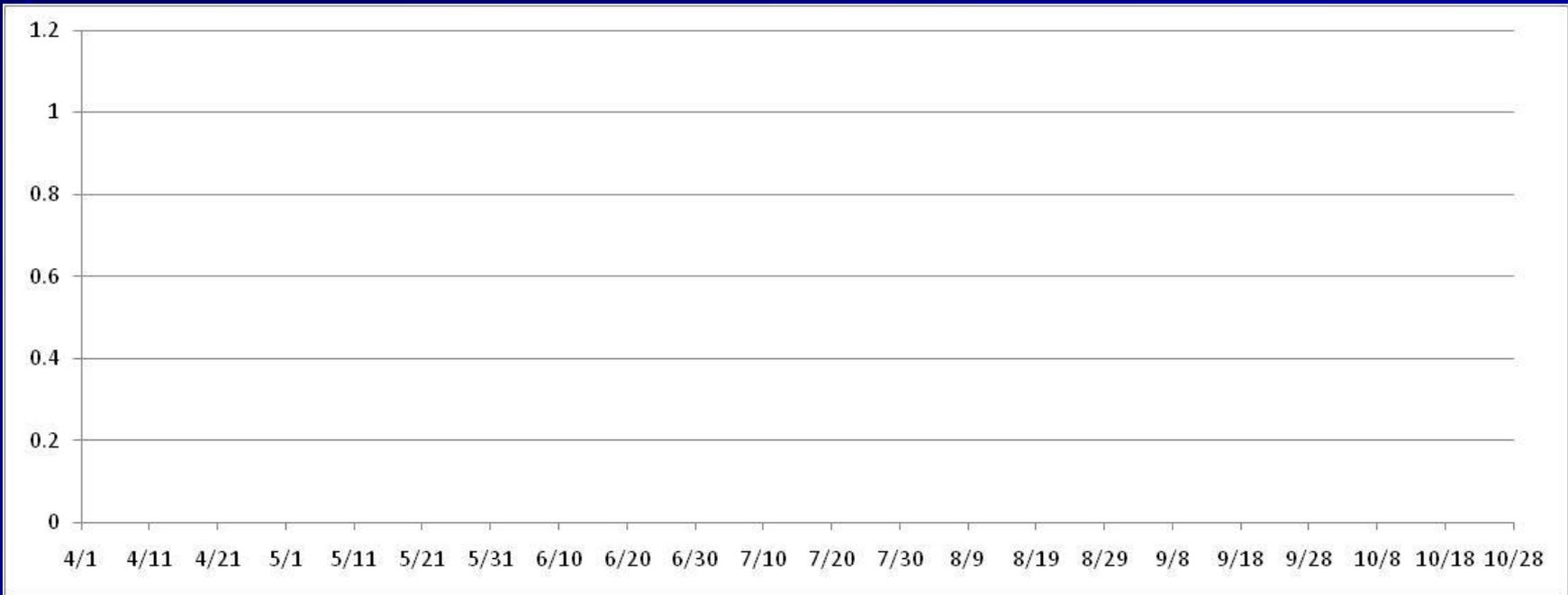
تحديد قيم معامل المحصول خلال مرحلتى منتصف الموسم و نهاية الموسم

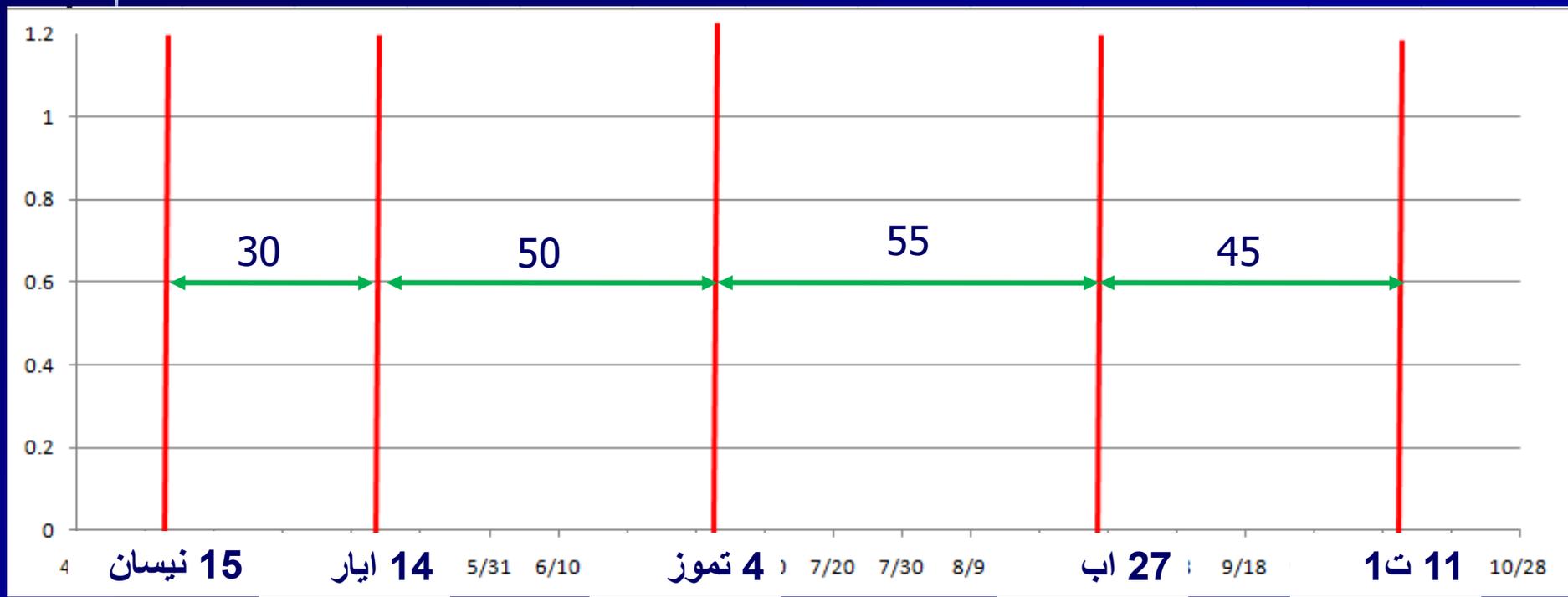
Table 12 continued

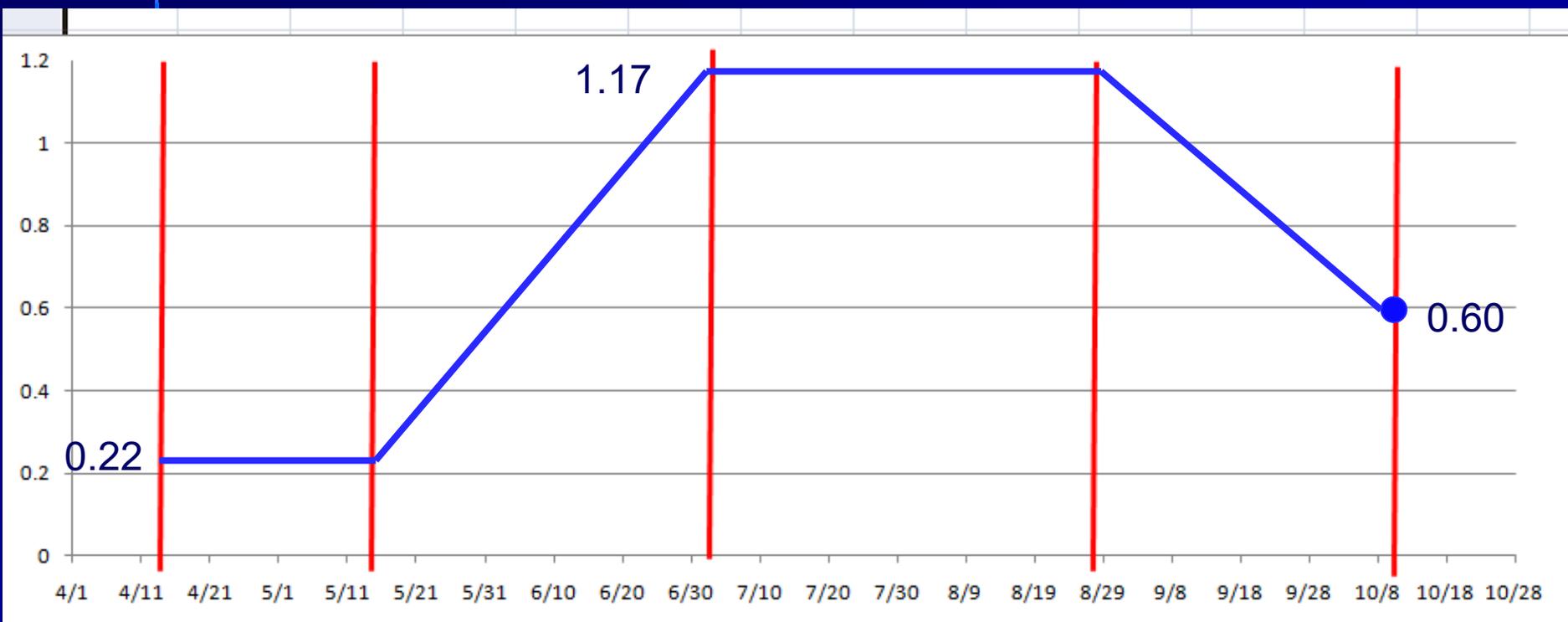
Crop	K_c ini ¹	K_c mid	K_c end
e. Legumes (<i>Leguminosae</i>)	0.4	1.15	0.55
Beans, green	0.5	1.05 ²	0.90
Beans, dry and Pulses	0.4	1.15 ²	0.35
Chick pea		1.00	0.35
Fababean (broad bean) - Fresh	0.5	1.15 ²	1.10
- Dry/Seed	0.5	1.15 ²	0.30
Grabanzo	0.4	1.15	0.35
Green Gram and Cowpeas		1.05	0.60-0.35 ⁶
Groundnut (Peanut)		1.15	0.60
Lentil		1.10	0.30
Peas - Fresh	0.5	1.15 ²	1.10
- Dry/Seed		1.15	0.30
Soybeans		1.15	0.50
f. Perennial Vegetables (with winter dormancy and initially bare or mulched soil)	0.5	1.00	0.80
Artichokes	0.5	1.00	0.95
Asparagus	0.5	0.95 ⁷	0.30
Mint	0.60	1.15	1.10
Strawberries	0.40	0.85	0.75
g. Fibre Crops	0.35		
Cotton		1.15-1.20	0.70-0.50
Flax		1.10	0.25
Sisal ⁸		0.4-0.7	0.4-0.7

K_c mid = 1.17

K_c end = 0.6







مثال

- المطلوب تحديد منحنى معامل المحصول و الاستهلاك المائي الفعلي خلال كامل الموسم لمحصول البندوره في محافظة درعا (مدينة ازرع).
- تاريخ الزراعة April 15
- الفترة بين الريات 7 أيام
- طول الموسم بحدود 145 يوم
- الري بالتنقيط

Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun
	°C	°C	%	km/day	hours
January	2.9	13.1	76	251	5.2
February	3.3	14.8	72	285	5.9
March	5.4	18.1	65	259	6.8
April	8.2	23.3	60	259	7.8
May	11.6	28.7	51	294	9.3
June	14.7	32.1	38	328	10.4
July	17	33.1	57	354	10.5
August	17.5	33.5	58	320	9.7
September	15.6	32.2	56	311	9.1
October	12.1	28.6	52	242	7.9
November	7.8	22.4	58	225	6.9
December	4.4	15.2	73	233	5.5
Average	10	24.6	60	280	7.9

Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m ² /day	mm/day
January	2.9	13.1	76	251	5.2	10	1.57
February	3.3	14.8	72	285	5.9	12.7	2.12
March	5.4	18.1	65	259	6.8	16.4	3.01
April	8.2	23.3	60	259	7.8	20.1	4.25
May	11.6	28.7	51	294	9.3	23.5	6.06
June	14.7	32.1	38	328	10.4	25.6	7.88
July	17	33.1	57	354	10.5	25.4	7.2
August	17.5	33.5	58	320	9.7	23.2	6.71
September	15.6	32.2	56	311	9.1	20.1	6.02
October	12.1	28.6	52	242	7.9	15.6	4.52
November	7.8	22.4	58	225	6.9	12	3.01
December	4.4	15.2	73	233	5.5	9.5	1.73
Average	10	24.6	60	280	7.9	17.9	4.51

b. Vegetables - Solanum Family (*Solanaceae*)

Egg plant	30	40	40	20	130\14	October	Arid Region
	30	45	40	25	0	May/June	Mediterranean
Sweet peppers (bell)	25/30	35	40	20	125	April/June	Europe and Medit.
	30	40	110	30	210	October	Arid Region
Tomato	30	40	40	25	135	January	Arid Region
	35	40	50	30	155	Apr/May	Calif., USA
	25	40	60	30	155	Jan	Calif. Desert, USA
	35	45	70	30	180	Oct/Nov	Arid Region
	30	40	45	30	145	April/May	Mediterranean

c. Vegetables - Cucumber Family (*Cucurbitaceae*)

Cantaloupe	30	45	35	10	120	Jan	Calif., USA
	10	60	25	25	120	Aug	Calif., USA
Cucumber	20	30	40	15	105	June/Aug	Arid Region
	25	35	50	20	130	Nov; Feb	Arid Region
Pumpkin, Winter squash	20	30	30	20	100	Mar, Aug	Mediterranean
	25	35	35	25	120	June	Europe
Squash,	25	35	25	15	100	Apr; Dec.	Medit.; Arid Reg.
Zucchini	20	30	25	15	90	May/June	Medit.; Europe

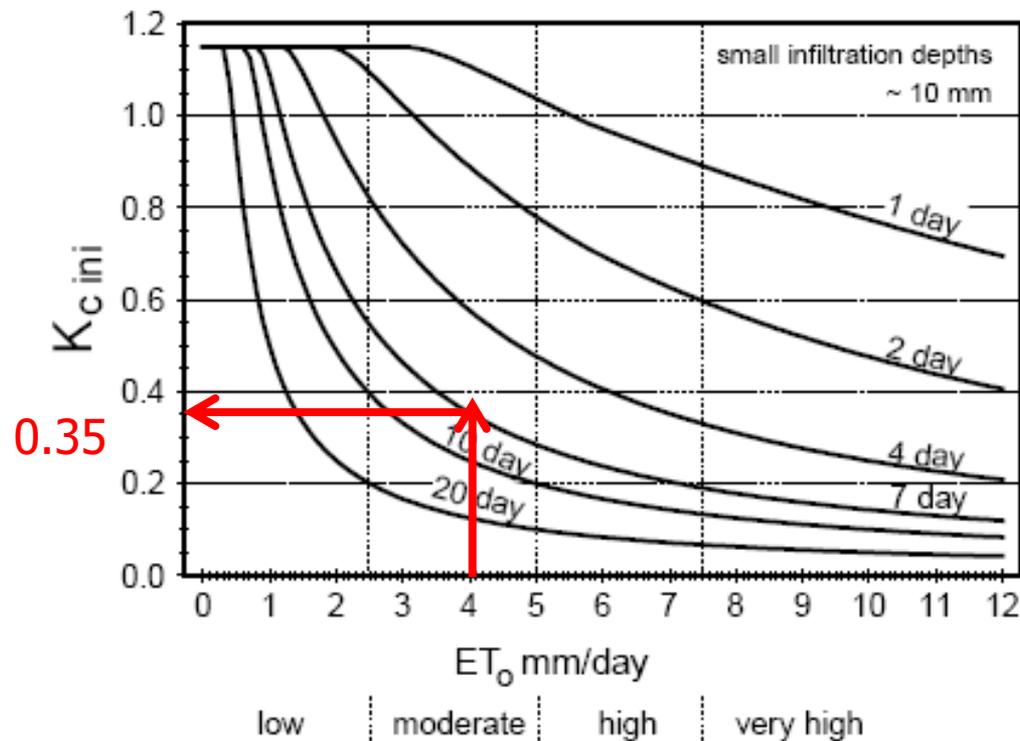
تحديد قيم معامل المحصول

Crop	$K_c \text{ ini}^1$	$K_c \text{ mid}$	$K_c \text{ end}$	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
b. Vegetables – Solanum Family (<i>Solanaceae</i>)	0.6	1.15	0.80	
Egg Plant		1.05	0.90	0.8
Sweet Peppers (bell)		1.05 ²	0.90	0.7
Tomato		1.15 ²	0.70-0.90	0.6
c. Vegetables – Cucumber Family (<i>Cucurbitaceae</i>)	0.5	1.00	0.80	
Cantaloupe	0.5	0.85	0.60	0.3
Cucumber – Fresh Market	0.6	1.00 ²	0.75	0.3
– Machine harvest	0.5	1.00	0.90	0.3
Pumpkin, Winter Squash		1.00	0.80	0.4
Squash, Zucchini		0.95	0.75	0.3
Sweet Melons		1.05	0.75	0.4
Watermelon	0.4	1.00	0.75	0.4
d. Roots and Tubers	0.5	1.10	0.95	
Beets, table		1.05	0.95	0.4
Cassava – year 1	0.3	0.80 ³	0.30	1.0
– year 2	0.3	1.10	0.50	1.5
Parsnip	0.5	1.05	0.95	0.4
Potato		1.15	0.75 ⁴	0.6
Sweet Potato		1.15	0.65	0.4
Turnip (and Rutabaga)		1.10	0.95	0.6
Sugar Beet	0.35	1.20	0.70 ⁵	0.5

تحديد قيمة معامل المحصول في المرحلة الابتدائية

FIGURE 29

Average $K_{c\ ini}$ as related to the level of ET_0 and the interval between irrigations and/or significant rain during the initial growth stage for all soil types when wetting events are light to medium (3-10 mm per event)



- $K_{cini} = 0.35$
- $K_{cmid} = 1.15$
- $K_{c\ end} = 0.8$

Chart Title

