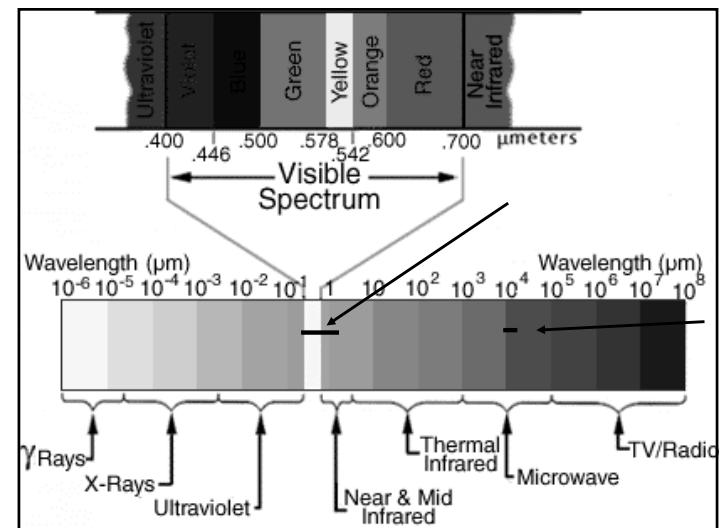
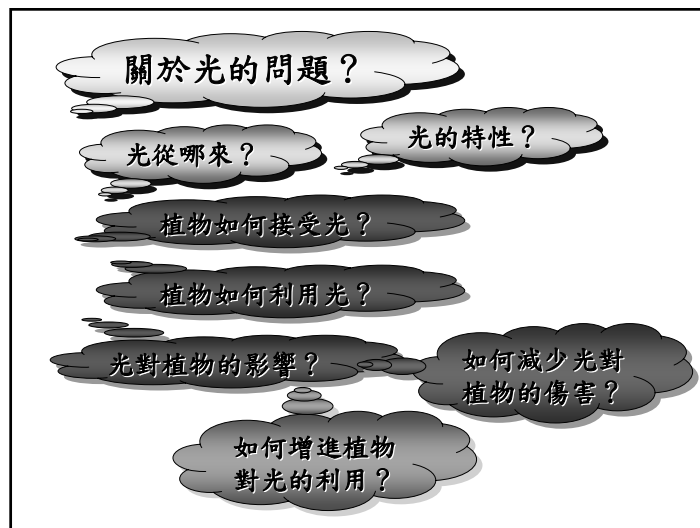
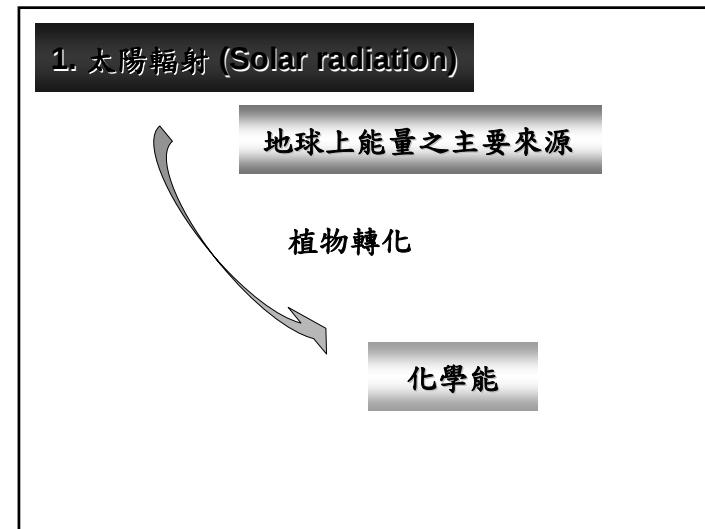
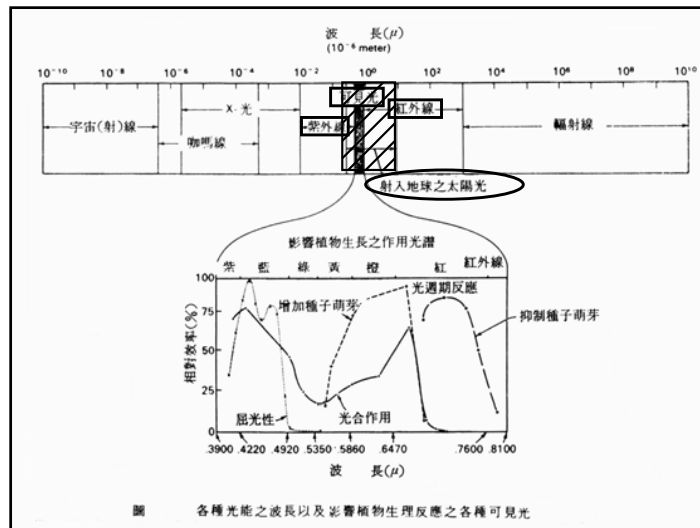






可見波長的範圍

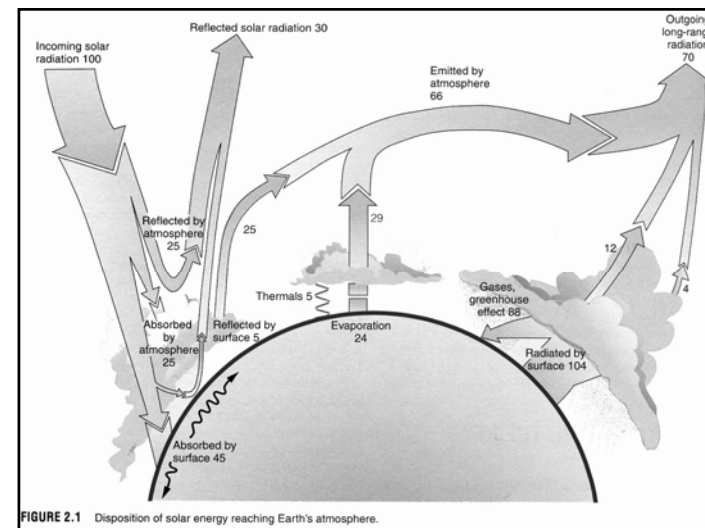
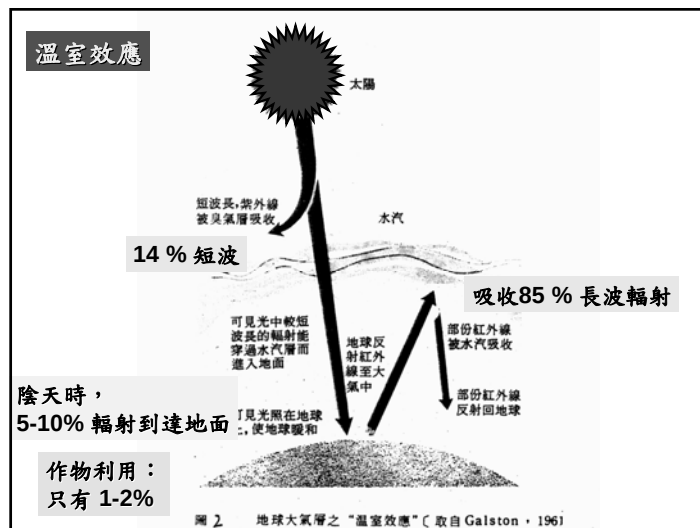
300 ~ 700nm 之間
(nm : nanometer = $10^{-3} \mu\text{m} = 10^{-9}\text{m}$)

近可見光譜

如紫外光 (100 ~ 400nm)

到近紅外光 (700 ~ 4000nm) 間

亦僅佔極小部分。



2. 輻射能量之計算

表、 光能各單位換算表

LUX (lx) (公尺燭光 meter candle)		照明單位
呎燭光 (ftc)	太陽光強度：10,000 ftc	照明單位
蘭利 langley (ly)		照明單位
瓦特 (W)	皎潔月夜：1/50 ftc	能量單位
英制熱量單位 (BTU)	閱讀：20 ftc	能量單位
卡 (cal)		能量單位
光子 (photon)		能量單位

1 ftc = 10.76 lux

1 lux = 10^4 photons (quanta) = 9.29×10^{-2} ftc

1 cal/cm² = 1 langley = 6.978×10^{-2} watts/cm²

1 ly-minute (自然狀況) 約等於6,700 ftc (晴天)

日光7,000 ftc (陰天)

1 quantum = 1photon

Photon flux density

- The number of photons per unit area per unit time
- 1 uE m⁻² s⁻¹
- = 1.0 umole m⁻² s⁻¹
- = 6.02×10^{17} quanta m⁻² s⁻¹
- Full sun light 2000 uE m⁻² s⁻¹

3. 光對植物生理之影響

光： 光質
光照長度
光強

3 - 1. 植物生長：

無光：發生黃化現象etiolation

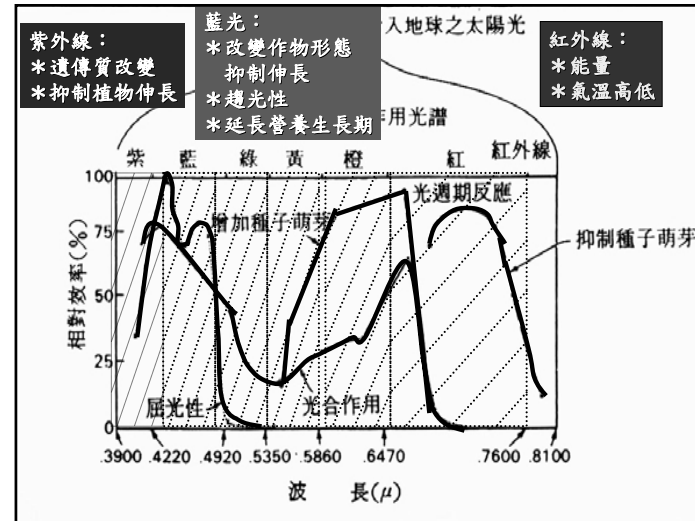
照光：綠化

地上部趨光性

3 - 2. 光合作用 (photosynthesis)：

請參考植物生理

3 - 3. 光週感應 (photoperiodism)



光周感應 (photoperiodism)

地球上不同緯度地區，每個月的日射量變化(光合作用)

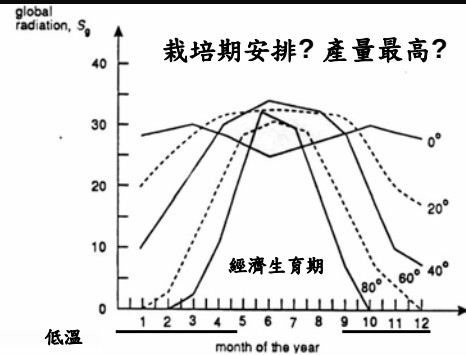


Figure 1 Daily global radiation on clear days as a function of latitude and time of the year.

光周感應 (photoperiodism)

地球上不同緯度地區，每個月的日照長度的變化

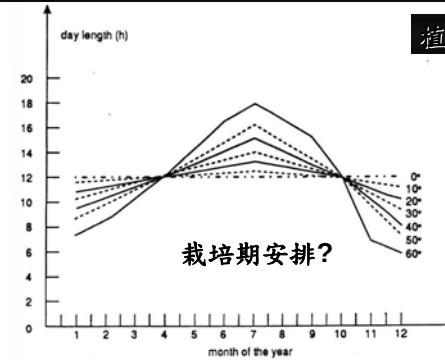


Figure 3.9 Length of day as a function of latitude and time of the year.

植物的感應?

光周感應器官

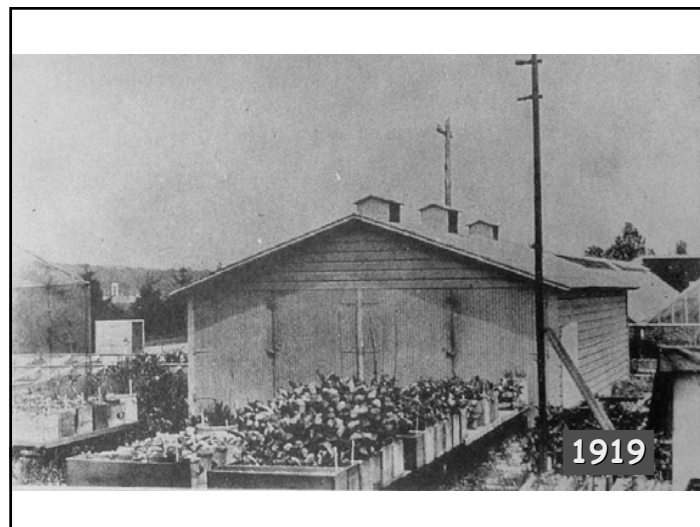
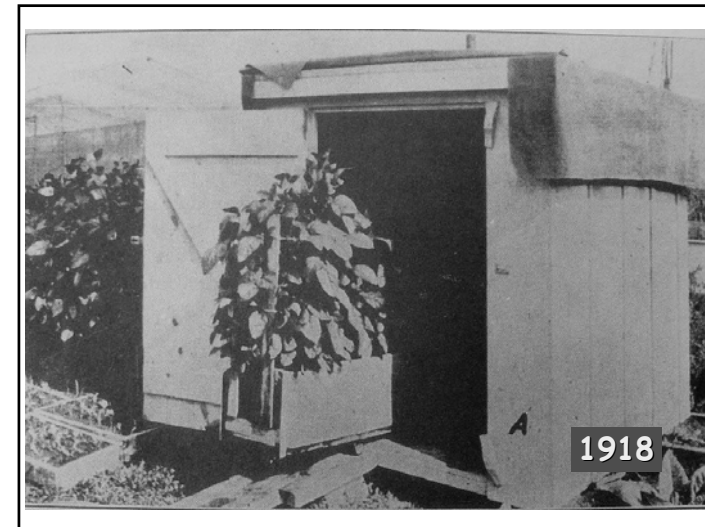
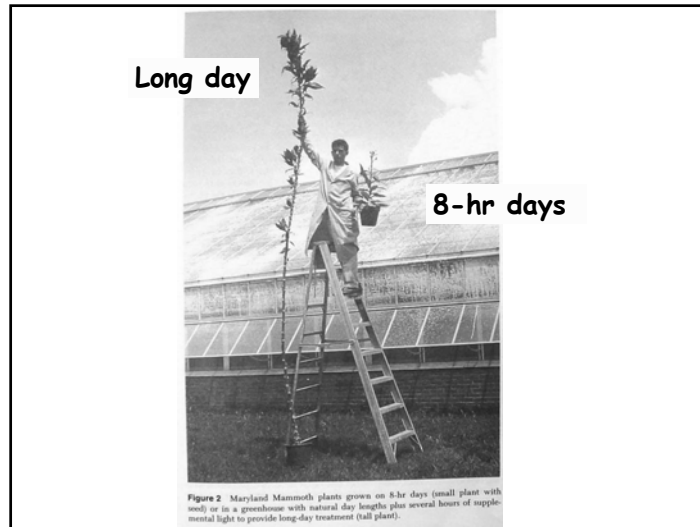
光周感應 (photoperiodism)



1920-23 Garner and Allard

USDA farm at Arlington, Virginia
(close to where the Pentagon now stands)

Maryland Mammoth variety of *Nicotiana tabacum*,
"Giant" plants discovered in the field, 1906,
that developed many leaves but flowered lately.



光周感應 (photoperiodism)

短日性植物 (short-day plant) : (長夜性)
當日長短於某臨界光期 (critical photoperiod) 時，
開花受到促進。如超過此光照長度或連續照光，
則維持營養生長而不開花。

長日性植物 (long-day plant) : 短夜性
植物接受光照長於某臨界期間時或連續光照，
開花現象發生。

光周感應 (photoperiodism): photoreceptor? Pr → Pfr (自修)

中性植物 (day neutral或indeterminate plant) :

開花不受光照長短之限制者，
光期較短或連續照光皆能開花者。

中間性植物 (intermediate plant) :

植物僅在某一光照長度情況下方可開花。
超過或短於此光期則不開花。

此類植物較少，例如某些甘蔗、蘭草 (boneset, *Eupatorium hyssopifolium*) 和攀緣的大麻草 (hempweed, *Mikania scandens*)。

表

表二、主要作物之光周感應

作物種類	對光照之反應	臨界時數
單子葉植物：		
稻 (<i>Oryza sativa</i>)	短日性(晚生種)	<12
	中性(早生種)	>12
小麥 (<i>Triticum aestivum</i>) 多小麥	中性或長日性	
大麥 (<i>Hordeum vulgare</i>) 多大麥	中性或長日性	>12
玉蜀黍 (<i>Zea mays</i>)	中性	
野燕麥 (<i>Avena sativa</i>)	長日性	>9
洋葱 (<i>Allium cepa</i>)	長日性	
蘭 (<i>Cattleya trianae</i>)	短日	
蕎麥 (<i>Buck wheat</i>)	中性	
雙子葉植物：		
大豆 (<i>Glycine max</i>)	短日性	
甜菜 (<i>Beta vulgaris</i>)	長日性	
蘿蔔 (<i>Raphanus sativus</i>)	長日性	
草莓 (<i>Fragaria chiloensis</i>)	短日性	<10
雛菊 (<i>Rudbeckia bicolor</i>)	長日性	>10
胡瓜 (<i>Cucumis sativus</i>)	短日增加雌花	
	長日增加雄花	
苜蓿 (<i>Medicago sativa</i>)	短日性	
馬鈴薯 (<i>Solanum tuberosum</i>)	短日或中性	
薯芋 (yam, <i>Dioscorea alata</i>)	短日性	
蒼耳 (cocklebur, <i>Xanthium strumarium</i>)	短日性	<15.6
菸草 (<i>Nicotiana tabacum</i>)	短日性	<14
棉花 (<i>Gossypium hirsutum</i>)	中性	
番茄 (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	中性	
菸草 (<i>Nicotiana tabacum</i>)	中性某些品種	

不是以12小時為界定！

4. 作物如何有效利用光能

作物生產之潛力
—如何達到最高產量？

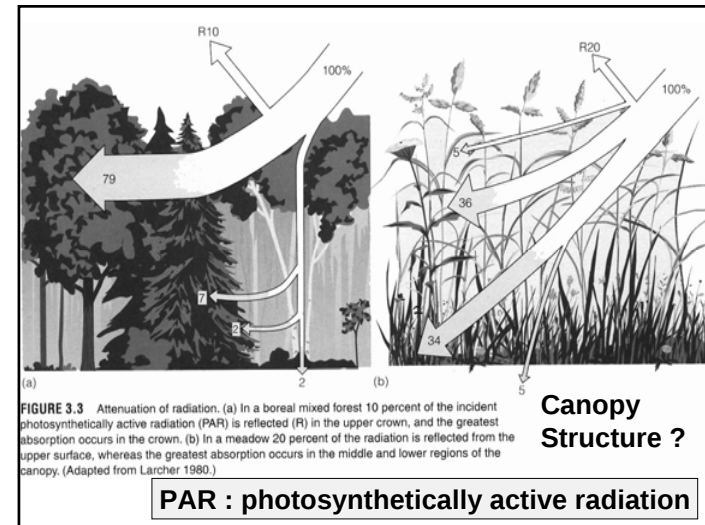
太陽能呈現多少？

植物實際接受多少太陽能？

真正將能量變成產物
之效率是多少？

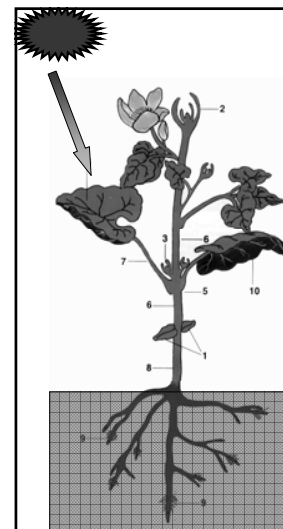
植物之分布？

光合作用最終產物？





測量葉冠內的受光性



作物表面接受光的情形，
有以下幾點重要的因素：

1. 葉總面積
2. 作物冠頂 (canopy)
接受光之效率
3. 影響效率和葉面積之諸
因素
4. 葉面積期
(leaf area duration)
5. 照光期
(以每日或每季照光總時
數表示)

4 - 1. 總葉面積

可由 葉面積指數 (LAI, leaf area index) 表示，

= 單位面積土地上之葉面積量。

例如每平方公尺單位土地上有 10m^2 葉面積，
則 $\text{LAI} = 10$ 。

每一經濟作物都應知道其最適葉面積
一般而言大約在 2.5 和 5 較佳。

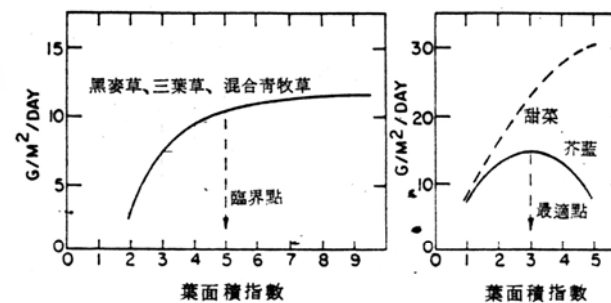


圖 作物生長率與葉面積指數關係曲線
〔取自 Loomis and Williams, 1963〕

黑燕麥—三葉草混合青牧草其葉面積指數達到臨界點 ($\text{LAI} = 5$) 時，生長率即不再隨著葉面積指數增加而增加 (左)，芥藍達到最高葉面積指數 ($\text{LAI} = 3$) 後，生長率反而減少。甜菜則無法建立最適或臨界葉面積指數 (右)。

葉面積期 (LAD或D: leaf area duration)

— 葉面積維持作用之期間

例如：玉蜀黍在受粉期之葉面積指數
一品種 LAI 為 4.5 時可維持 40 天，
而另一品種則 5.3 時延續 30 天，

由此可提供進一步的訊息，
在某種環境下
如日照長度、施肥狀況、雨季期間等
而決定何種品種最為適合。

Stay green: 作物在逆境下
仍能維持相當之綠色葉面積。

4 - 2. 淨同化率 (net assimilation rate) (NAR or E)

- 單位葉面積淨光合作用
- 總光合作用減去呼吸作用所得之淨同化量

此處尤其針對整個冠頂 (canopy) 所有葉面積。
當葉面積指數增加時，每單位面積之淨同化率會相對的減低，

但這種減低趨勢並不是隨著葉面積指數增加按一定之比例減少，
淨同化率 (E) 減低之速度往往比葉面積指數 (L) 增加之速度為慢。

因此可隨著後者增加，而有增加產量之效果。

4 - 3. 最適葉面積 (optimum leaf area) 與臨界葉面積 (critical leaf area)

影響因素？

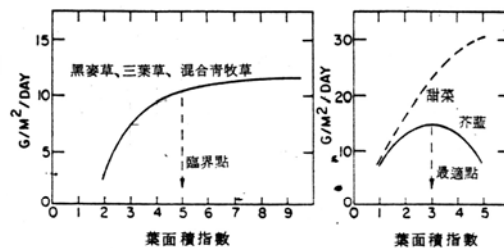


圖 作物生長率與葉面積指數關係曲線
〔取自 Loomis and Williams, 1963〕

黑燕麥—三葉草混合青牧草其葉面積指數達到臨界點 (LAI = 5) 時，生長率即不再隨著葉面積指數增加而增加 (左)，芥藍達到最高葉面積指數 (LAI = 3) 後，生長率反而減少。甜菜則無法建立最適或臨界葉面積指數 (右)。

4 - 4. 葉片角度 (leaf angle)

冠頂葉片直立性

光飽和性 (light saturation)

淨光合作用同化率

最後作物產量

光飽和度

葉片在達到某種光強度時，
具有最大光合作用量，
提高光強度而光合作用並不隨之增加

各種植物之光飽和度不同，
一般約 2500 呎燭光，
(晴天陽光時為 9000 ~ 10000 呎燭光)

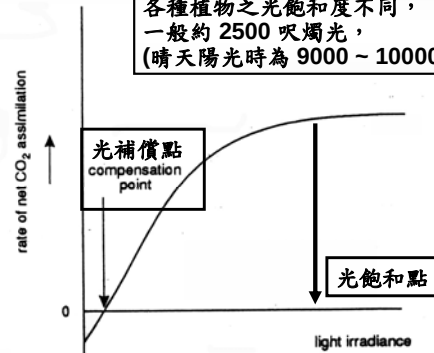
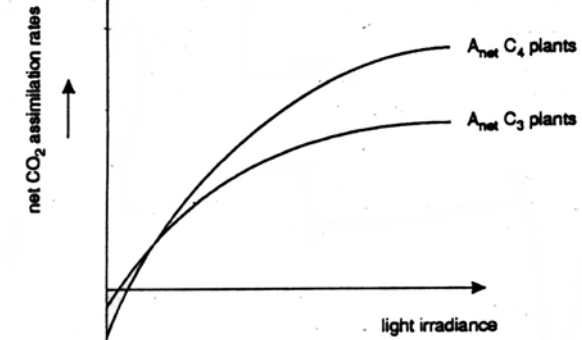
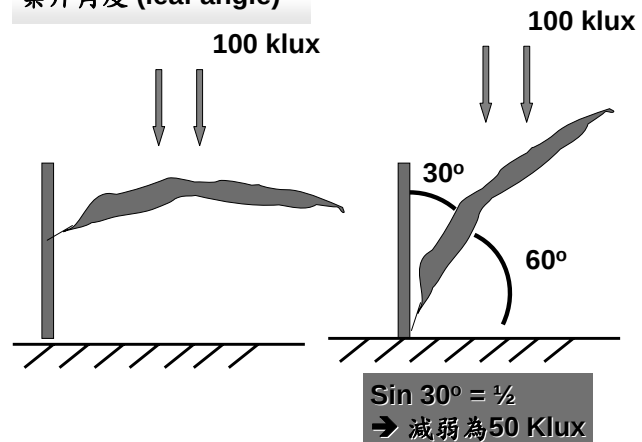


Figure The rate of net CO₂ assimilation as a function of light intensity for a typical C₃ plant.



Net assimilation rates for C₃ and C₄ leaves as a function of light irradiance.

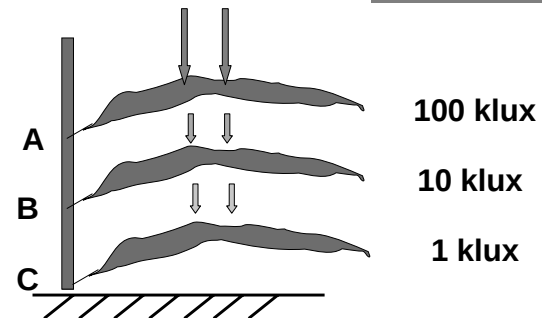
葉片角度 (leaf angle)

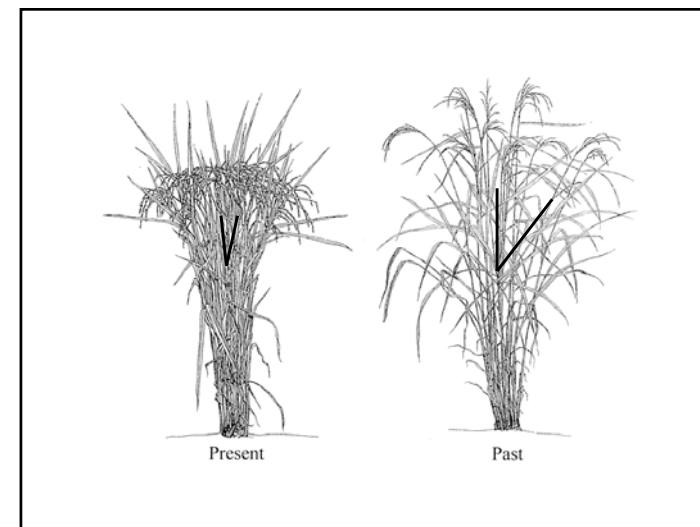
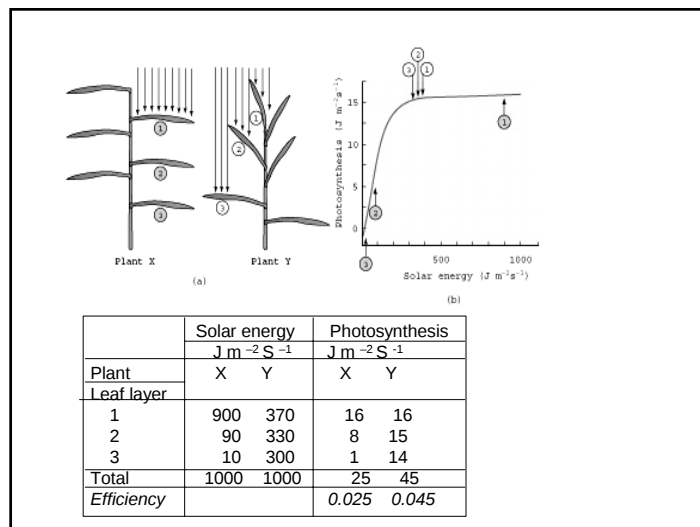
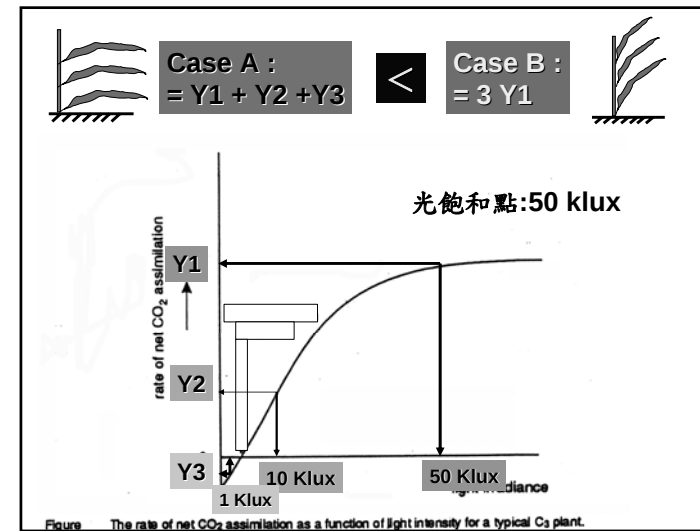
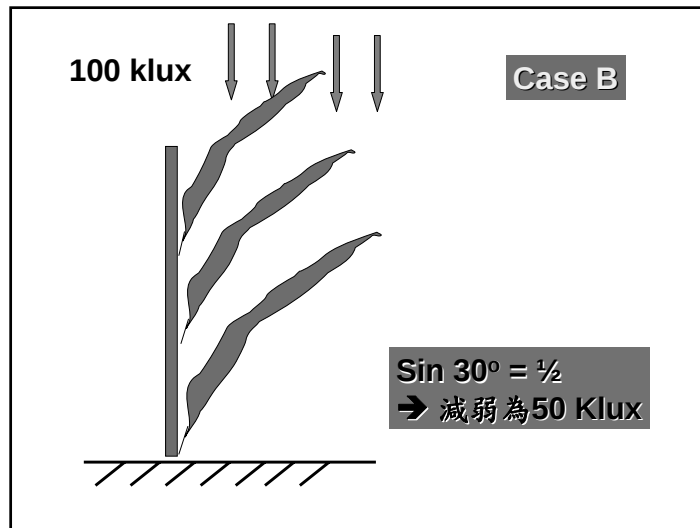


Case A

100 klux

透過率 = 10%





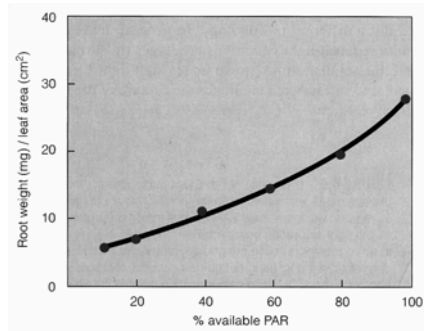


FIGURE 6.8 Changes in the ratio of root mass (mg) to leaf area (cm²) for individuals of *Eucalyptus dives* grown under different levels of photosynthetically active radiation (PAR). As light levels are reduced, the allocation to root tissue declines relative to the production of leaves. The increased allocation to leaves, together with the production of thinner leaves, acts to increase the photosynthetic surface area for the capture of light. (Smith et al. 2000)

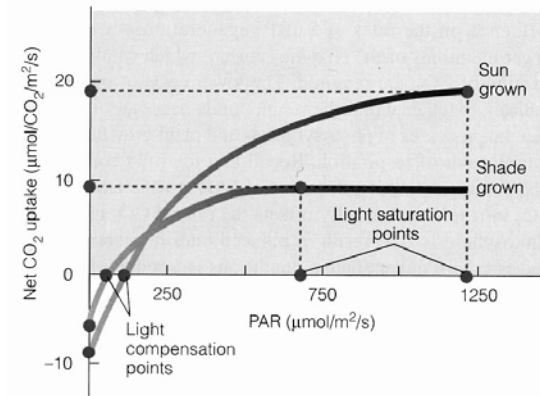


FIGURE 6.7 Patterns of photosynthetic response to light availability for leaves growing in sun and shade conditions. Shade leaves have a lower light compensation point and a lower light saturation point than sun-grown leaves.

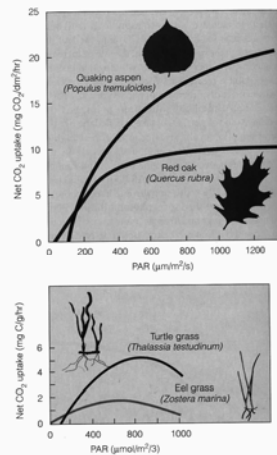


FIGURE 6.9 Photosynthetic light response curves for shade-adapted (shade tolerant) and sun-adapted (shade intolerant) species from (a) terrestrial (trees) and (b) aquatic habitats (seagrasses).

葉片角度 (leaf angle) :
在限定之光飽和點內，
有效地提高光合作用

4 - 5. 光與植物群落 (community)

植物利用光效率因種類而異
有效的利用光



可以生長在較陰冷的地方

4 - 6. 植物密度與分佈 (plant density and distribution)

調節作物密度



栽培空間大小
疏枝(pruning)
整枝(training)

控制作物接受光量多少之最基本方法

行株距

須以田間試驗實證之 (尚有病蟲害問題)



行型



正方等距型

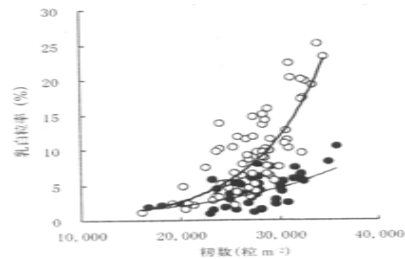


三角等距型

調整栽培密度

日本 < 28000粒/m²

臺灣 ?



第3圖 粒數と乳白粒率。
(1999~2001年)

● 出穗後20日間平均最低氣溫：22℃。
○ 出穗後20日間平均最低氣溫：23℃。

5. 營養器官光合成產物與穀實產量之關係

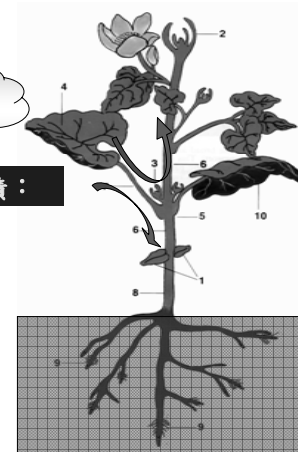
5 - 1. 最適營養生長時期：

長多少葉？
何時開花？

5 - 2. 光合成產物之運送與聚積：

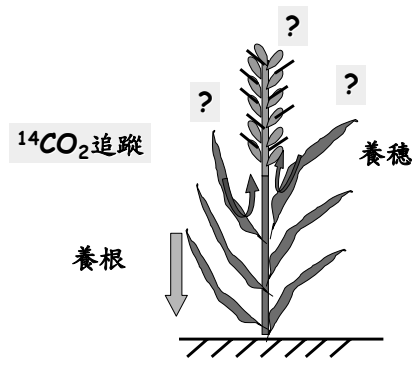
因作物種類、品種而異，
與植株形態、解剖構造、
及生理作用有關

亦受環境、溫度、
日照、土壤肥力等影響。



5. 營養器官光合成產物與穀實產量之關係

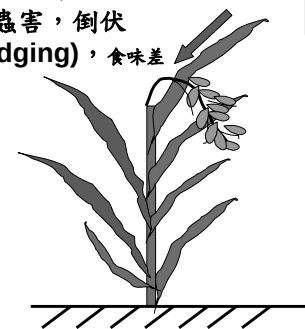
5 - 3. 進行光合成器官的部位： 麥類



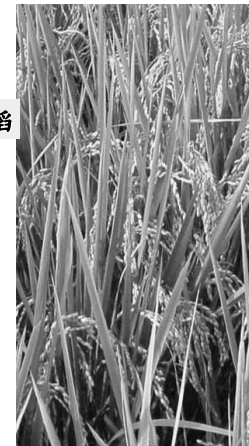
5. 營養器官光合成產物與穀實產量之關係

5 - 3. 進行光合成器官的部位：

不可太綠：
病蟲害，倒伏
(lodging)，食味差



水稻



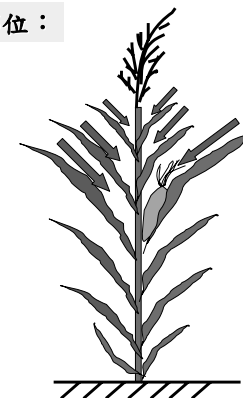
葉色管理：經驗、儀器



5. 營養器官光合成產物與穀實產量之關係

5 - 3. 進行光合成器官的部位：

玉蜀黍

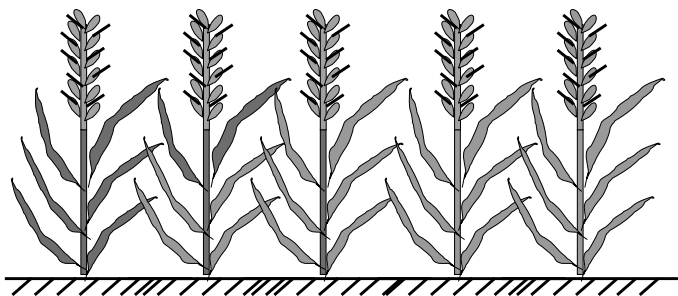


5. 營養器官光合成產物與穀實產量之關係

5 - 4. 光合成器官在成熟期的活力：

Shift of the source during development

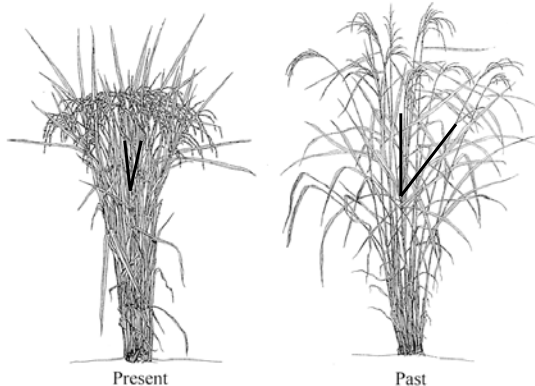
麥類



5. 營養器官光合成產物與穀實產量之關係

5 - 4. 光合成器官在成熟期的活力：

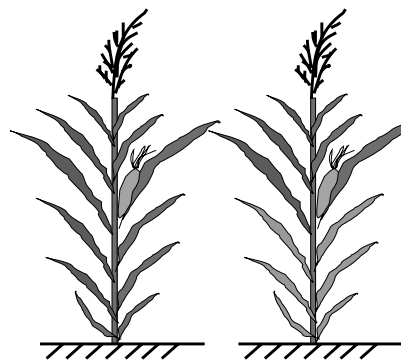
水稻

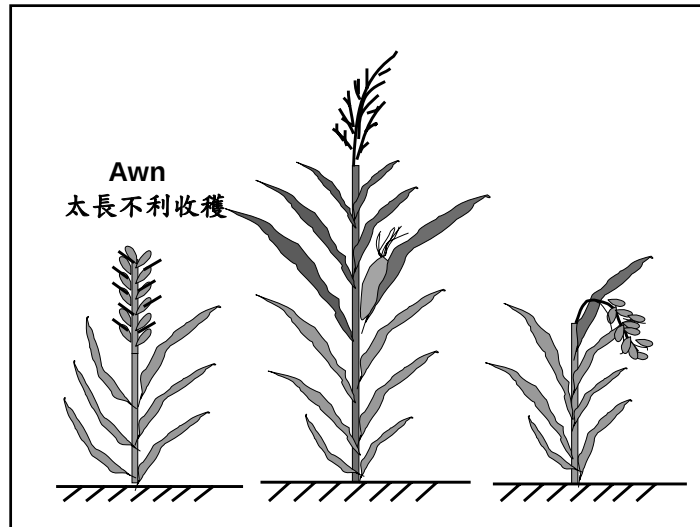


5. 營養器官光合成產物與穀實產量之關係

5 - 4. 光合成器官在成熟期的活力：

玉蜀黍





影響植物利用光的因素

由植物個體觀之

外表形態：
內部結構：
生理特性：

由植物生長環境觀之

自然環境：
人文環境：