

水土保持草類對主要環境因子之生理反應

林 信 輝¹

Abstract

LIN, S. H. 1991. Ecophysiological Responses of Soil-Conserving Grasses to Main Environmental Factors. Weed Science Bulletin 12:41-53.

For studies the ecophysiological characteristics of grasses under controlled environments, eight main Taiwan soil-conserving grasses were taken and their physiological responses to environment factors were measured. The results obtained are summarized as follows three writings:

一、Responses of soil-conserving grasses to soil moisture, light intensity and temperatures.

1. Under medium soil water content (treatment II-V), Bermuda grass and centipede grass had higher relative growth rate (RGR) and showed higher rate in the initial growth stage than the other species. Comparing the RGR under the lowest soil moisture treatment (I), Bermuda grass, centipede grass and Bahia grass A44 were less different with other higher soil moisture treatment. That indicated they were less influenced by serious drought, but Bahia grass and carpet grass (*Axonopus compressus*) were very sensitive to drought.

2. Carpet grass (*Axonopus compressus*) and buffalo grass had high relative photosynthetic rate under low light intensity and they were more suitable to grow in shading. Bermuda grass and centipede grass had the lowest efficiency to use weak light.

3. The sequence of relative photosynthetic rates at low temperature (10°C) from the highest to the lowest was centipede grass, Bahia grass A44, St. Augustina grass, buffalograss, Bermuda grass and carpet grass (*Axonopus affinis*), Bahia grass A33, carpet grass (*Axonopus compressus*). The sequence of relative photosynthetic rates at high temperature (40°C) was Buffalo grass, Bahia grass A44,

1. 中興大學水土保持學系

Bahia grass A33 and Bermuda grass, carpet grass (*Axonopus affinis*), centipede grass. That indicated centipede grass and Bahia grass A44 were more adaptable at low temperature and buffalo grass, Bahia grass and Bermuda grass were more suitable at high temperature.

二、Responses of soil-conserving grass to culture acidity. For studies the responses of eight main soil-conserving grasses to culture acidity, seven acidity (pH value) treatments were taken, and agronomic characteristics as well as mineral element contents were measured. Results obtained are:

1. Comparing to the mean RGR of 4 pH 5 treatment, the sequence of RGR influenced by acid cultural solution (pH 3) from the most to the least, was Bahia grass (broad leaf), centipede grass to Bahia grass (narrow leaf). Under pH 9 treatment, the degree of influence, from the most to the least, was carpet grass (narrow leaf), carpet grass (broad leaf), centipede grass, sour grass, bahia grass (broad leaf), Augustine grass and Bermuda grass.

2. Under high pH value treatments, the chlorosis was slight on carpet grass, but serious on Bahia grass and Augustine grass. The potassium content of each grass was positively linearly correlated with its RGR of grass.

3. The purpose of this study was to comparing the responses of grass to main environmental stresses. Result obtained could be used as for revegetating at specific disturbed areas.

三、Physiological responses of soil-conserving grasses to degree of salinity.

1. In terms of salt tolerance, St. Augustine grass, Bermuda grass and centipede grass were relatively high among the tested grasses: carpet grass, tropical carpet grass and sour grass were relatively low and broad-leaf Bahia grass and narrow-leaf Bahia grass intermediate.

2. Based on the results of hydroponics, St. Augustine grass showed the best growth in the 8 bar NaCl solution.

3. The salinity for half growth rate was added 12 bar NaCl for St. Augustine grass; 4 bar for Bahia grass (narrow leaf) and 2-4 bar for carpet grass. It implied that the salt tolerance of the tested from the most to the least, was St. Augustine grass, Bahia grass (narrow leaf) and carpet grass (narrow leaf).

4. The contents of potassium and magnesium of St. Augustine grass, Bahia grass and carpet grass were negatively correlated with the

degrees of salinity. The calcium content of St. Augustine grass was negatively correlated with salinity, while that of carpet grass was positively correlated with salinity.

摘要：本項研究係分期完成之試驗結果，主要目的係綜合探討控制環境下之水土保持草類生態生理特性。其中供試植物材料係目前台灣低海拔地區之主要水土保持應用草類，包括類地毯草、地毯草、百慕達草、假儉草、兩耳草、奧古斯丁草、百喜草 A44 及百喜草 A33 等。主要控制環境因子包括光度、溫度、土壤含水量、酸鹼度、鹽度等已完成之試驗項目。生理反應之測定則以生長生理、營養生理及水分生理為主。試驗方法分別於同化箱內測定植物光合成率與蒸散率光度與溫度之反應。以生量法試驗植物對不同含鹽量之反應，以鹽分累積法試驗土耕盆栽植物對鹽度之反應。試驗結果，概述如下：

1. 就相對生長率而言，八種草類在中等土壤含水量之情況下，百慕達草、兩耳草及假儉草之相對生長率較高，顯示其初期生長較快，比較乾旱土壤水分處理區（I）與其它處理區間之相對生長率，百慕達草、假儉草及百喜草 A33 處理間差異小，表示其受乾旱生長之影響較小，但百喜草 A44、地毯草之生長率受乾旱之影響較大。
2. 地毯草與兩耳草在低光下之相對光合成率較高，顯示較適於低光下生長。百慕達草之低光利用效率最低，其他五種草類則介於其中。
3. 八種草類在低溫（ 10°C ）時葉片之相對光合成率（對葉溫 30°C 時淨光合成率比值），由最高至最低依次為假儉草與百喜草 A44，奧古斯丁草、兩耳草、百慕達草與類地毯草、百喜草 A33、地毯草。在高溫（ 40°C ）時之相對光合成率依次為兩耳草，百喜草 A44、百喜草 A33，與百慕達草、地毯草，奧古斯丁草，類地毯草，假儉草。顯示假儉草與百喜草 A44 較適於低溫下生長，兩耳草、百喜草與百慕達草較適於高溫下生長。
4. 八種供試草種於不同 pH 值水耕液處理下，就相對生長比值而言，pH 值為 3 時各草中受影響之程度由最大至最小依次為大葉百喜草、假儉草、兩耳草、地毯草、類地毯草、百慕達草、奧古斯丁草、小葉百喜草，pH 值為 9 時，受影響之程度由最大至最小依次為類地毯草、地毯草、假儉草、兩耳草、大葉百喜草、奧古斯丁草、百慕達草。
5. 供試草種於不同 pH 值水耕液試驗中，隨 pH 值之升高，各草種葉片均有黃化現象，其中以小葉百喜草、大葉百喜草及奧古斯丁草較為嚴重；地毯草及類地毯草適應力較強。另計算所得各草種之相對生長率與植物體鉀素之含量呈線性正相關。
6. 本試驗所採用之八種草種，其耐鹽性可概分為三個等級，即較耐鹽

者為奧古斯丁草、百慕達草及假儉草，耐鹽性中等者為大葉百喜草及小葉百喜草，耐鹽性較低者為類地毯草、地毯草及兩耳草。

7. 經由水耕液試驗結果得知，生長速率減半之鹽分點，奧古斯丁草約在水耕液增加 12 bar NaCl 之處理區，小葉百喜草約在增加 4 bar 之處理區，類地毯草則在增加 2~4 bar 之間。此表示其耐鹽性以奧古斯丁草最佳，小葉百喜草次之，類地毯草最差。

前 言

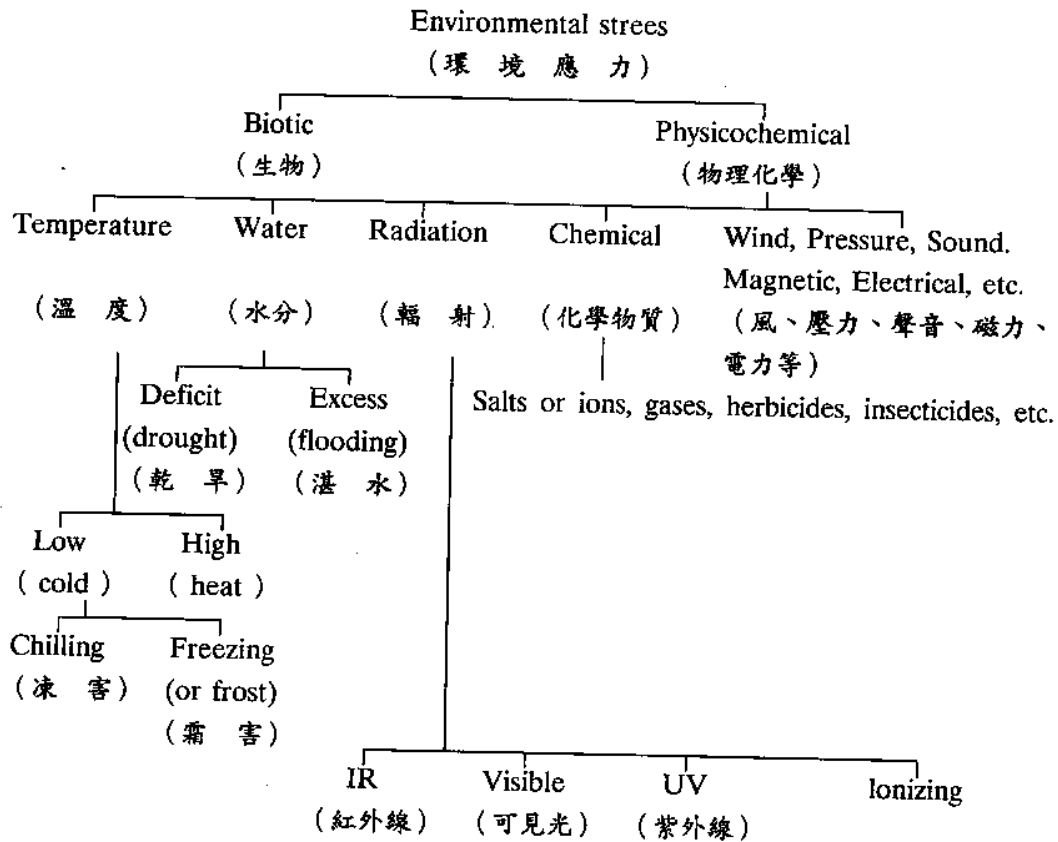
水土保持或沖蝕控制可以工程方法或植生方法達到預期之效果。工程方法，如攔砂壩、階段、節制壩或其他排水，護坡構造物等，能立即產生效果，但經費通常較高。植生方法係以植物材料播種、扦插、植苗等以達植被覆蓋及坡面穩定之目的，其收效較緩，但經費低廉且可達生態復原之效果。因為植生覆蓋不僅可阻截雨水、增進土壤滲透作用，降低洪峰流量、減少地表逕流，並可鞏固土砂、改良水質、調節微氣候、淨化空氣、保持地力、庇護野生動植物及提供人類健康環境，一地區植被之完整程度，左右了該地之水土保持能力，植物被破壞程度愈嚴重，則水災、旱災、土壤流失、山崩等災害愈明顯，因此植物材料應用在水土保育及環境改善之角色不容忽視。

水土保持應用草類係指可供為水土保持用途且目前已列為推廣用之草類，或未來具發展潛力之草類植物材料而言。生態生理特性則係探討不同植物之主要生理現象在不同環境應力下反應性與適應性差異，俾供為參考。

環境應力之種類

環境應力 (environmental stress) 依其對植物之影響可分為來自生物之應力及來自物理化學之應力。前者屬病理學及群落生態學研究範圍，非本文所擬講述者。而物理化學應力對植物的影響係長期存在的，包括大氣溫濕度變化、輻射能、化學物質（如污染物、鹽分、殺蟲劑等）、土壤水分應力、風之作用等。茲以下圖表示之。

植物對環境應力之反應性可分為兩類，一為植物體組成分子之結構、數量、功能之適應性變化，如酚類化合物之增減、RuBP 羧化酵素 (RuBP carboxylase) 活力變化及滲透壓調節功能等，一為形態、行為之適應性改變，如氣孔開閉、表皮及葉肉細胞排列方式變化、季節性休眠、落葉等。另 Levitt (1980) 亦將植物對物理化學應力之反應，分為彈性反應 (elasticity activity) 與塑性反應 (plasticity activity) 兩種。彈性反應在環境應力消失後將恢復原來之生理作用，而塑性反應則對植物造成永久性的傷害。



影響植物生理現象及生長之環境應力一般亦可分為氣候因子（如濕度、溫度、光照、風等）、生物因子（如競爭、毒他作用、食草性、共生、基本合作、不共生等）、位置因子（如地文因子、方位、海拔、傾斜、地形等）、土地因子（如土壤酸鹼度、養分、水分顆粒大小等）等。

環境應力之種類已如上述，唯其中有關水土保持植物對環境應力之反應性研究資料尚嫌不足，極待進一步建立。今僅就溫度、光度、土壤水分等環境因子對植物生長之影響，並特別對水土保持應用草類之相關試驗結果分述之期供為參考。

一、溫度

溫度與植物生長：當其他環境因子為非限制因子時，溫度從略高於 0°C 之低溫增高時，植物之生長速率隨之增加，但溫度高過某一限界，則植物生長反而減少，此限界溫度可稱為植物生長最適溫度，其約在 $20\sim 35^{\circ}\text{C}$ 之間，當溫度約達 $40\sim 45^{\circ}\text{C}$ ，生長速率即降至零。植物在不同生長階段，常具有不同之最適溫度。另外，約在 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$ 之低溫有促進植物某些生長作用之效果，如芽及種子休眠之打破及春化處理等，這些低

溫之刺激可誘導日後之正常生理反應。

溫度為環境中具有週期性之因子，植物之生長速率及形態發育，均顯著受溫度之日週期之影響，“溫期效果”一詞，係指晝間及夜間溫度之週期變化對植物生長之影響，很多植物均以晝間溫度稍高及夜間溫度較低，對其生長最為有利。有些植物種類，其生長很少受溫度日變化之影響。

植物對高低溫之適應性

1. 植物對高溫傷害之適應性反應，主要有：(1)葉片增厚，蒸散率提高，兩者可使曝露於日光中之葉溫不超過氣溫 5°C 。(2)葉片作垂直方向生長，以其和與日光投射方向正交之葉片比較，約可降低 $3-5^{\circ}\text{C}$ 。(3)葉片表面呈白色，以反射日光，降低其吸收並轉為熱能。(4)葉片表面覆以絨毛，俾對表皮及葉肉產生蔭蔽作用。(5)木質化之厚層樹皮被覆樹幹，藉其絕緣性以保護其內部之韌皮部與形成層。(6)原生質水分量降低，碳水化合物含量升高，亦可增高其對高溫之抵抗性。
2. 植物對低溫傷害之適應性反應包括：(1)增加不飽和脂肪酸含量。(2)增加磷脂(Phospholipid)之比例。(3)增加酵素蛋白質之含量。(4)增加原生質濃度。

水土保持植物對溫度之反應性試驗與研究

1. 目前高海拔地區果園推廣之草類為白花三葉草、大扁雀麥、果園草及黑麥草，因其能適應低溫地區之生長。
2. 省畜產試驗所(民國52~53年間)於清境農場曾引進15種草種栽植試驗，觀察其產草量。
3. 目前高海拔地區推廣之邊坡穩定植物為克育草、台灣赤楊。
4. 依省農牧局與台灣電力公司(民國74-75年間)在南投縣清境農場栽植試驗及觀察結果，在類地毯草、白花三葉草、艾草、肯特基31F、大理草較好。在地毯草、類地毯草、百喜草、大理草、紫苜蓿、白花二葉草、大扁雀麥、果園草、克育草、漆姑菜等十種供試植物中，果園覆蓋植物以類地毯草最佳，克育草、大理草、百喜草次之。(僅考慮覆蓋率)。
5. 依台灣大學溫帶果園之試驗結果，在義大利黑麥草、肯特基31F、白花三葉草、果園草及大扁雀麥等五種供試草種中，果園草抗旱、抗寒較佳，大扁雀麥自播性最強，義大利黑麥草(多花黑麥草)之覆蓋率最佳。但崩塌地道路邊坡則以克育草、果園草最好。
6. 省公路局(民國74~75年)在高海拔(海拔2,200公尺)地區，以鄉土虎杖、黃芩、台灣澤蘭、高山芒等十種植物材料栽植及噴植效果良好。
7. 玉山國家公園管理處目前正於玉山—阿里山公路進行高海拔鄉土邊坡植生植玉山國家公園管理處目前正於玉山—阿里山公路進行高海拔鄉土邊坡植生植物之試驗。
8. 國立中興大學在同化箱內測定14種草類對不同溫度之反應性試驗，其結果如表一。

表一 溫度對各草類葉片光合成率之影響

草 類	相 對 淨 光 合 成 率 %			
	10°C	20°C	30°C	40°C
類地毯草	17.2	55.6	100.0	112.2
地毯草	10.5	61.8	100.0	116.5
百慕達草	17.8	70.5	100.0	118.2
假儉草	25.8	63.0	100.0	110.2
兩耳草	19.4	55.2	100.0	132.2
奧古斯丁草	23.8	62.0	100.0	115.7
百喜草 A44	25.2	56.0	100.0	125.4
百喜草 A33	15.2	54.6	100.0	118.8
竹節草	10.5	45.6	100.0	125.5
大扁雀麥	62.5	88.6	100.0	50.2
果園草	46.8	83.4	100.0	62.2
肯特基 31F	62.7	98.3	100.0	46.4
大理草	22.6	75.0	100.0	102.2
克育草	11.6	64.5	100.0	106.7

由表一可知，低溫（10°C）草類葉片之相對光合成率（對30°C時光合成率之比值），由最高至最低依次為：肯特基 31F（62.7%）與大扁雀麥（62.5%），果園草（46.8%），假儉草（25.8%）與百喜草 A44（25.2%），奧古斯丁草（23.8%）與大理草（22.6%），兩耳草（19.4%），類地毯草（17.2%）與百慕達草（17.8%），百喜草 A33（15.2%），克育草（11.6%），地毯草（10.5%）與竹節草（10.5%）。由於低溫時相對光合成率愈小，則表示其對低溫之適應性愈低，相對光合成率愈大則表示其耐低溫能力愈強。本試驗將高海拔與低海拔之綠化草類在同化箱內同控制環境比較，其對溫度之適應性頗大多符合其生態習性及對台灣地區海拔之適應性。唯其中克育草在低溫下之相對光合成率甚低，而在野外卻能生長於海拔1750m之地區（清境農場），係一值得探討之問題。就低海拔綠化草類而言，供試植物中假儉草與百喜草 A44 耐寒性較高，地毯草與竹節草耐寒性較低。高溫（40°C）下草類葉片之相對光合成率，由最高至最低依次為：兩耳草（132.2%），竹節草（125.5%）與百喜草 A44（125.4%），百喜草 A33（118.8%），百慕達草（118.2%），地毯草（116.5%），奧古斯丁草（115.7%），類地毯草（112.2%），假儉草（110.2%），克育草（106.7%），大理草（102.2%），果園草（62.2%），大扁雀麥（50.2%），肯特基 31F（46.4%）。此顯示低海拔適生草類中，兩耳草、百喜草與百慕達草較適於高溫下生長，類地毯草與假儉草較不適於高溫下生長。至於供試植物中，果園草、肯特基 31F 與大扁雀麥等三種 C₃ 型草類（其他十一種草屬 C₄ 型植物之最不耐高溫，則可以其光合成路徑之差異獲得瞭解。）

9. 有關各禾草之適應海拔範圍之報導，大葉品系百喜草（800m 以下）、小葉百喜草

(1500m 以下)、類地毯草 (2000m 以下)、地毯草 (200m 以下)、竹節草 (700m 以下)、假儉草 (1800m 以下)、兩耳草 (2000m 以下)、雙穗雀稗、百慕達草 (600m 以下)、奧古斯丁草 (低海拔)、五節芒 (2500m 以下)、天竺草 (1000m 以下)、大扁雀麥 (1400—2500m)、果園草 (1500—2500m)、義大利黑麥草 (1500—2500m)、K31F 品系高狐草 (3000m 以下)、律柏草品系高狐草 (1000m 以下)、大理草 (2000m 以下)、克育草 (500—2000m)。

二、光度

地表承受來自日光的輻射能均為電磁波方式，其波長在 5000 至 290nm 之間，此一波長係列稱為太陽光譜 (solar spectrum)。波長在 750 至 400 之間者，可被肉眼查視，也是與光合作用有關的波長，稱之為光或光波 (luminous energy)。日光輻射總能量中，約有一半處於這段波長之中。波長大於 750nm 者，稱為紅外線，其對植物莖幹生長及種子發芽有促進之作用。波長短於 390nm 者稱之為紫外線，其對植物花青素 (anthocyanin) 之形成有促進作用，對植物之曲光反應亦有影響力。

光照強度之計量以標準燭產生之光度 (illumination) 為基準，在距標準燭一公尺處承受之光量稱之為一 Lux。對植物光合成作用有效之光照稱為光合成有效日照量 (photosynthetic photon flux density)，意指波長 700nm 至 400nm 間之光子密度，其單位為 $(4)E/m/sec$ 。而光輻射量的單位是 $erg/cm^2/sec$ ， w/m^2 ， $cal/cm^2/sec$ 。至於它們彼此間的換算為： $1 \text{ foot candle} = 10.76 \text{ Lux}$ ， $1 \mu \cdot E/m/sec \div 120 \text{ } ^2 \text{ 及 } 1 \times 10^3 \text{ Lux} = 2.5w/M^2$ 。

光度與植物生長

植物之光合作用無法長期以最高的速率進行，植物行光合作用之器官 (葉片)，在多數時間內所接受之太陽光照不是太強就是太弱，均無法提供最適的條件供最大光合作用所需。植物生長之最適光度係指在生長環境的各項影響因素組合狀況下，短時期內光照情形對光合作用之進行與其他情形比較較為有利而言。對多數植物言，光照時期之長短對植物之發育均為重要。植物對光照長短之反應稱之為光期作用 (photoperiodism)，光期之長短對植物之開花與否，節間之伸長與否均具甚大之影響力。

全日照下植物之適應性反應

1. 莖幹部份較為粗壯，節間較短，木質部份與支持部份之組織發育良好。
2. 葉片部分之細胞較小，氣孔較小，單位葉面積上分布之茸毛愈多。
3. 細胞壁與角皮之厚度增厚，結構較為粗糙，葉肉細胞較厚。
4. 葉內柵狀組織之發育良好，葉綠體含量較小，形體亦較小，海棉組織葉肉細胞之發育不良，細胞間隙較小。
5. 葉片表皮細胞之側壁波形起伏較小，葉片表面不平展。
6. 根系延長，根群之分布範圍廣，植物根莖兩者間之比率升高。
7. 葉片內葉綠素的含量降低，胡蘿蔔素 (carotenoids) 之作用愈趨顯著，葉片呈黃綠色。
8. 植物體內的鹽分含量、糖分含量與滲透壓力均升高，其水分含量減少 20～30%

時，仍能維持相當之膨脹，不致導致凋萎。

9. 可溶性植物 (alkaloids)、酚類化合物 (phenolics) 及醣類增加。
10. 次級代謝產物之改變。

至於低光下植物之反應則與上述全光下之反應性相反。

水土保持植物對光度之反應性試驗與研究

1. 目前柑桔、芒果、荔枝等果園及桑園推廣之耐陰性覆蓋植物以百喜草 A44 (大葉百喜草) 為主。
2. 依鳳山園藝試驗所 (民國 59~60 年) 之不同遮光率試驗結果，百喜草 A44 以遮光後光度為全日照之 40%~60% 最好。
3. 依農牧局於南投縣中寮鄉及彰化縣花壇鄉成林之龍眼荔枝果園耐陰性覆蓋植物試驗結果 (民國 74~75 年)，在大葉百喜草、小葉百喜草、地毯草、類地毯草、兩耳草及大葉爬地藍等六種供試植物中，地毯草與兩耳草生育最好。
4. 依蠶業改良場之試驗結果 (民國 73~74 年)，桑園內栽植細葉與闊葉百喜草試驗結果，闊葉種耐陰性差，有枯死現象。細葉種耐陰性強。
5. 國立中興大學曾於同化箱內測 14 種草類之光反應曲線，其中中光與低光下各草類相對光合成率 (對全光下合成率之比值) 列如表二。

表二 各草類之光補償點與低光下之相對光合成率

草 種	相對光合成率 %	
	低光度時 ⁽¹⁾	中光度時 ⁽²⁾
類地毯草	27.5	79.2
地毯草	38.6	90.2
百慕達草	20.0	80.6
假儉草	27.2	82.4
兩耳草	33.4	83.3
奧古斯汀草	30.6	83.8
百喜草 A33	29.6	86.4
百喜草 A44	26.3	86.8
竹節草	34.6	88.2
大扁雀麥	32.1	86.2
果園草	32.5	87.8
肯特基草 31F	32.2	92.5
大理草	24.8	83.7
克育草	25.0	80.2

(1)：光度為 $150\mu \text{ Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 時之相對淨光合成率。

(2)：光度為 $600\mu \text{ Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 時之相對淨光合成率。

就同化箱內光度為 $150\mu \text{ E/m}^2\text{s}$ (約為全日照之 8%) 時之相對淨光合成率而言，

14種供試植物中由最高至最低分別為地毯草，兩耳草與竹節草、大扁雀麥、果園草與肯特基 31F，奧古斯丁草與百喜草 A33，類地毯草、假儉草與百喜草 A44，大理草與克育草，百慕達草。由於對陰性之草類，通常具有較高低光使用效率或較敏感的捕捉光源能力。其中短暫光源之反應性無法由試驗獲得，但由低光利用效率可知，百慕達草係 14 種草類植物中最不利於低光下生長者，地毯草則最適於低光下生長。

兩耳草之低光利用效率略低於地毯草，但經野外觀察得知，荔枝與梨等部份果園下原生之兩耳草生長良好。再觀察其植株情形，發現其具走莖伸長及地上部比例增大之情形，由於植株伸長及增高後，較易受風所搖動而增加其捕捉光源之機會，此現象或係使其能生長於遮蔭果園下之原因之一。由於簡等（1988）之果園覆蓋草類耐陰性試驗之結果亦以地毯草與兩耳草之耐陰性最佳，本試驗之結果似足以解釋之。

由於供試植物材料中，部份屬於高冷地區草類，雖然本試驗以相對淨光合成率為比較之依據，但其栽植於低海拔地區後所可能造成之影響程度仍不得而知，此尚需進一步探討之。

三、土壤水分

土壤含水量之多寡，通常以單位土壤乾重內所含有之水分百分率表示之。但由於土壤質地不同，其不同土壤含水量對植物水分利用與生長之影響各異。為使土壤含水量之表示，能對植物之生長具有實質之意義，需有不同之土壤水分測定值輔助之，如土壤田間容水量（field capacity）、凋萎點（wilting point）、最大容水量（maximum water capacity）、水分當量（moisture equivalent）及土壤水分潛勢（soil water potential）等。

土壤含水量與植物生長

最適宜植物生長之土壤水分範圍，因土壤性質及植物種類而異。對大部分之植物而言，最適宜植物生長之土壤水分區域介於土壤最大容水量之 60% 至 80% 之間，或略少於田間容水量之土壤水分狀況。土壤水分供應植物的吸收，植物得以維持細胞膨脹、藉水分運送而吸收土壤養分，完成細胞分裂、伸展、分化及其他之代謝現象。植物每增加單位乾重所需要吸收或蒸散之水量稱為需水量，需水量因植物種類而異，一般植物之需水量為 250～400。植物之需水量愈少，其耐旱性愈高，反之，則耐旱性愈低。

植物對缺水或灌水之適應性

1. 植物對缺水的適應性如下：(1) 地上部體積減小，根系擴充，T/R ratio 下降。(2) 葉片面積小，氣孔小，排列緊密，茸毛分布多。(3) 臘質表層，細胞壁增厚。(4) 葉片柵狀組織發達，海棉組織發育欠佳。(5) 皮細胞之波狀較少。(6) 木質化比率高。(7) 滲透壓升高，脯氨酸（Proline）增加。(8) 開花結果提早。(9) ABA 增加。
2. 植物對灌水之反應如下：(1) 減少呼吸作用，以免因 O₂ 之不足而產生有毒物質，如 ethanol（乙醇）或 acetaldehyde（乙醛）。而有些灌水植物，則產生 malate、glycerol 等毒害較小之物質。(2) 有通氣組織，如水稻、水筆仔。(3) 轉變根呼吸過程。(4) 利用光合作用所產生之 O₂。(5) 有呼吸根、氣根。

水土保持植物對土壤水分之反應性試驗與研究

1. 水庫保護帶覆蓋植物以霧社原產狗牙根 (A60) 最好, 此草種已經台電公司電源保護站之實驗證實。
2. 國立中興大學之草類葉部切片構造觀察獲知:
 - (1) 黑麥草與雙穗雀稗葉表面波浪狀明顯, 此與其耐濕地性有關。
 - (2) 百喜草、鋪地黍及狗牙根葉片皮層木質化明顯, 其表皮細胞透水性較低。
 - (3) 霧社原產狗牙根 (A60) 呈現極發達之皮層木質化, 此可能與其耐水性有關。
 - (4) 百喜草 A33 比較百喜草 A44 具較發達之泡狀細胞。在乾旱時, A33 之葉片較易捲曲, 此現象與其抗旱性有關。
3. 國立中興大學以重量法控制土壤水分之盆栽試驗結果, 就相對生長率而言, 八種草類在中等土壤含水量之情況下, 百慕達草、兩耳草及假儉草之相對生長率較高, 顯示其初期生長率較快, 比較乾旱土壤水分處理區 (I) 與其他處理區間之相對生長率, 百慕達草、假儉草及百喜草 A33 處理間差異較小, 表示其受乾旱生長之影響較小, 但百喜草 A44、地毯草之生長率受乾旱之影響較大。
4. 水土保持應用草類中, 一般認為小葉百喜草、竹節草、兩耳草、奧古斯丁、五節芒、天竺草之耐旱性較高, 大葉百喜草、類地毯草、假儉草、百慕達草次之, 地毯草、雙穗雀稗最低。

四、土壤鹽度

所謂鹽度 (salinity) 是指土壤中或水溶液中可溶解性鹽類之含量, 如 Na^+ 、 Mg^{++} 、 Ca^{+2} 、 Cl^- 、 So_4^{-2} 。其表示法有三種:

1. 以濃度表示, 如毫克當量 / l、克分子量 / l、% 或 ppm 等。
2. 以水分潛勢 (water potential) 表示, 如 MPa、bar 或 atm。
3. 電導度 (Electric conductivity) 表示, 如 EC_t 或 EC_s 、 EC_5 。

鹽度對植物生長之影響

1. 鹽度對植物之危害, 包括鹽霧飛噴與植生介質含鹽度兩方面。
2. 植物所以遭受高土壤鹽分危害, 主要是受滲透壓效應 (osmotic pressure effects) 與特殊離子效應 (specific ion effects) 所造成。滲透壓效應之發生, 主要是由於高濃度之鹽分, 增加了土壤溶液之滲透壓, 而減低植物體與土壤溶液間之擴散壓差 (diffusion pressure deficits), 導致植物吸收水量不足, 而影響植物之生長、收穫及成活率。而特殊離子效應則是指植物體內高濃度離子之累積會使其養分離子平衡因之破壞, 而特殊離子之過量累積, 也會造成植物之死亡。
3. 植物之耐鹽性 (salt tolerance) 因生長發育階段之不同而異。而植物對生存環境中鹽分之適應能力, 也會隨著植株年齡之增大而更加顯著。
4. 鹽生植物具有特殊的型態及生理特性, 故能適應於高鹽分土壤, 不同的鹽性植物, 其適應的方式也各有不同。通常鹽性植物能生存於 0.3 ~ 20% 高鹽分之土壤, 但大部分都是生長於 2 ~ 6% 之鹽分土壤。

水土保持植物對不同鹽度之反應性試驗

1. 國立中興大學以八種水土保持草類進行水耕與土耕方法, 試驗結果:
 - (1) 本試驗所採用之八種草類, 其耐鹽性大略可分為三個等級, 即耐鹽、輕度耐

鹽及不耐鹽三種程度，依次為奧古斯丁草、百慕達草及假儉草，大葉百喜草及小葉百喜草，類地毯草、地毯草及兩耳草。

- (2) 經由水耕試驗結果得知，奧古斯丁草在水耕液滲透壓增加 8 bar NaCl 之處理區的生長，較其他鹽度處理為佳。
 - (3) 經由水耕試驗結果得知，生長速率減半之鹽分點，奧古斯丁草約在水耕液滲透壓增加 12 bar 時，小葉百喜草約在增加 4 bar 時，類地毯草則在增加 2~4 bar 之間，表示其耐鹽性以奧古斯丁草為佳，小葉百喜草次之，類地毯草最差。
 - (4) 經由根系分泌物試驗結果得知，以小葉百喜草吸光之波長分布較廣，同波長下也以小葉百喜草之吸光度值較大。
 - (5) 經由試驗結果得知，奧古斯丁草、小葉百喜草及類地毯草葉片中之鉀、鎂含量與鹽分含量呈負相關，奧古斯丁草之鈣含量則與鹽分含量呈負相關，小葉百喜草及類地毯草之鈣含量則與鹽分含量呈負相關。
2. 水土保持應用草類中，一般認為竹節草、百慕達草、奧古斯丁草、甘蔗荳及濱刺麥耐鹽性較高，百喜草、類地毯草、假儉草、兩耳草、雙穗雀稗、天竺草、大扁雀麥、大理草及克育草次之，地毯草、果園草、黑麥草及高狐草之耐鹽性較低。

參考文獻

1. 李鐸 1988。台灣地區常用草坪草種 3(3):95~102.
2. 周恆、江永哲、梁昇 1972。彰化區海埔地防潮堤植草防沖試驗。中華水土保持學報 3(1):11~21.
3. 林信輝 1988。水土保持草類對土壤含水量、光度及溫度之反應。中華民國農學團體七十七年聯合年會特刊(三十六) p.1~17.
4. 林信輝、顏正平 1988。水土保持草類葉片表面與解剖構造之研究。國立中興大學水土保持學報第二十輯 p17~37.
5. 王昭堡、林信輝、顏正平 1988。水土保持草類對酸鹼度之反應。中華水土保持學報 20(2):66~78.
6. 林信輝 1990。綠化草類之釋氧量及光合成試驗。國立中興大學水土保持學報 21,22:143~156.
7. 邱創益 1985。台灣西部青灰岩(泥岩)裸露地植生復舊之研究(第三報)。屏東農專 26:59~85.
8. 席欲競、張雙滿 1971。覆蓋作物耐蔭性之初步觀察。中華水土保持學報 2(2):6~79.
9. 郭俊傑、顏正平 1988。環境因子對百喜草生長之影響。國立中興大學水土保持學報 20:39~58.
10. 陳佩菱 1990。水土保持應用草類生長與生理對鹽度之反應性研究。
11. 葉苗田、彭玉香 1987。經濟植物生態系資料對環境選擇、利用及綠化之重要性。東海大學畜牧學會第十輯 p7~60.
12. 國際種子公司 1988。草坪管理專題演講討論會資料。民國七十七年八月三十一日於

台北國際青年活動中心。

13. 簡碧梧、李鐸 1988。水土保持草類採種、耐蔭性及耐寒性之觀察。〔坡地農業水土保持技術之研究〕計劃彙編。p.131～154.
14. 顏正平、林信輝 1982。黏土礦區棄石地土質改良與植生試驗。中華水土保持學報十五輯 p45～64.
15. 林信輝、呂金城、林昭遠 1989。水土保持植物簡介—禾草篇。行政院農委會、國立中興大學、台灣省山地農牧局 26p.
16. 邱創益、陳振盛、林信輝 1989。邊坡穩定植生技術暫行規範。省山地農牧局、中華民國環境綠化協會 49p.