

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

暖季草坪植物之耐寒性與耐寒指標之探討

Studies on the chilling tolerance of warm-season turfgrasses and the screening criterion for chilling tolerance

計畫編號：NSC90-2313-B002-292

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：張育森 台灣大學園藝系

一、中英文摘要

草坪植物是台灣公園綠地常用的地被植物，目前台灣平地以種植暖季草種為主，而當冬季寒流來襲，常造成草坪生理及形態上不良的影響。本研究目的為耐寒性草種之選拔、耐寒性指標之評估。耐寒性之研究方面，依草種於低溫（15/13℃）下與高溫（30/25℃）下之相對生長量（%）為耐寒標準，以日本芝草、小葉百喜草耐寒性較佳，地毯草最差。在耐寒性指標之評估方面，測定參試草種 PSII 光化學效率（Fv/Fm）的變化，以假儉草降低及回復的速度較其它草種快，其次為日本芝草、類地毯草、小葉百喜草，以地毯草低溫第 8 天才降到最低點，且降幅最大。在電解質滲漏率方面，依最高點比較之，以地毯草最高，其次為類地毯草、普通百慕達草、改良型百慕達草 'Sahara'、日本芝草、假儉草，而以小葉百喜草電解質滲漏率最低。低溫下除假儉草在初期 CMR 不降反升外，其餘草種有初期下降而後期上升的趨勢。耐寒性指標方面，以低溫第 8 天所測之相對 Fv/Fm（%）與相對生長速率（%）呈顯著正相關，相關係數（ r ）為 0.92***，其次以所測之相對電解質滲漏率（%）與相對生長速率（%）呈顯著負相關， r 為 -0.86***；以所測之相對 CMR（%）與相對生長速率（%）亦呈顯著相關性， r 為 0.80***。結果顯示此三者皆為合理、可靠之耐寒性指標，其中以葉綠素螢光相關性最高，其次為電解質滲漏率，最後為 CMR。

關鍵詞：暖季草坪植物、冷害、耐寒指標、

葉綠素螢光、電解質滲漏

Abstract

Warm-season turfgrasses is the common groundcovers of the parks in Taiwan. Low temperatures in winter usually have harmful effects on physiological and morphological growth of warm-season turfgrasses. The objectives of this study were to investigate the chilling tolerance and the screening criterion for chilling tolerance of warm-season turfgrasses. When comparing the relative growth rate (growth rate in low temperature 15/13 °C /growth rate in high temperature 30/25 °C) of tested grasses, zoysiagrass and bahiagrass 'A33' were more tolerant to low temperatures, and tropical carpetgrass was the most sensitive one. In addition, the values of chlorophyll fluorescence, electrolyte leakage, and chlorophyll meter reading (CMR) were measured for evaluating the index of chilling tolerance. On the measurements of chlorophyll fluorescence (Fv/Fm), the results indicated that centipedegrass under low temperatures decreased least and recovered faster than other tested grasses, followed by zoysiagrass, carpetgrass, and bahiagrass. The Fv/Fm values of tropical carpetgrass under low temperatures decreased gradually and went down to the lowest level. The electrolyte leakage (%) of tropical carpetgrass under low temperatures was the highest, followed by that of carpetgrass, common bermudagrass, improved bermudagrass, zoysiagrass and centipedegrass, and that of

bahiagrass was the lowest. In general, the CMR values of tested turfgrasses except centipedegrass under low temperature decreased in the beginning and then increased later. There was a significant positive correlations between the relative growth rate and the relative Fv/Fm ratio which measured at the 8th day after chilling treatment, and the r was 0.92^{***} . There were significant correlations between the relative growth rate with the relative electrolyte leakage (%) and the relative CMR values(%), the r were -0.86^{***} and 0.80^{***} respectively. The results showed that chlorophyll fluorescence (Fv/Fm), electrolyte leakage, and CMR can be reliable tool to predict the growth rate of warm-season turfgrasses under low temperature.

Key words : chilling injury, chlorophyll fluorescence, electrolyte leakage, screening criterion for chilling tolerance, warm-season turfgrass

二、緣由與目的

草坪植物為一世界各國常用之地被植物，其不僅具有美化環境的功能，並具有淨化空氣、水土保持及維持生態平衡等作用，更可提供一個戶外休閒的遊憩空間；所以常應用於公園綠地、運動場以及山坡地覆被 (Turgeon, 1991; Emmons, 1995; 孫吉雄, 1995)。然而目前在台灣的草坪栽培，多以暖季草坪植物 (warm-season turfgrasses, 又稱「暖季草種」或「暖季型草坪草」) 為主，而暖季草種一般的生長適溫在 $28-35^{\circ}\text{C}$ (Turgeon, 1991; Emmons, 1995; 孫吉雄, 1995)，而當冬季寒流來襲，常有溫度急驟下降的情形，甚至可見 10°C 以下的低溫 (顏俊士 1981)，使草坪容易產生冷害現象。植株體受到冷害初期的影響，在於造成植株內部的生理代謝遭擾亂或阻礙其正常功能，進而導致外在顯現生長與發育的異常現象，例如草色變黃、生長遲緩，嚴重者甚至枯黃萎凋，因而降低草坪的觀賞價值及其他功能 (Karnok and Beard, 1983; White and

Schmidt, 1989; Dipaola and Beard, 1992; 林俊輝, 1999)。因此，如何合理地篩選耐寒性較強的草種 (或品種) 加以應用；或者如何有效地增進草坪植物的耐寒能力，實為草坪管理作業上之重要研究課題。

然而在不同栽培條件、地區和時期，同一作物種類對低溫逆境的反應可能不一致，所以國內外雖有許多研究對各類草坪植物作耐寒性之調查比較，然而其結果並不盡相同，甚至有相當的差異 (Beard, 1973; 林信輝, 1988; Turgeon, 1991; 張秀燕、張育森, 1995)。所以本試驗擬以台灣常見之草坪植物為材料，包括百慕達草、地毯草、假儉草、類地毯草、百喜草以及結縷草等，在人工氣候室 (phytotron) 或植物生長箱 (growth chamber) 進行不同溫度處理，定期調查其植株生育情形、葉片外觀變化等，期能在一致性的情況下，可得到較為客觀而正確的耐寒性比較。然而，此種試驗由於人力和空間的限制，只能處理有限的草種或品種；若能發展出一些實用的耐寒指標，將可快速而大量的評估不同草種或品種間之耐寒性高低；而且對暖季草種而言，在植株遇低溫冷害 (chilling temperature) 並出現癥狀時，通常代表對其植株代謝功能已造成嚴重影響，甚至是到了不可挽回的地步，所以如能藉由耐寒指標的幫助，在低溫前或低溫初期，即早偵測植株內部之代謝情形，適時做好防寒措施，將可有效降低冷害對草坪植物的傷害。

因此本研究在進行低溫試驗時，除了作生育調查外，同時亦測定植株的葉綠素螢光值、電解質滲漏以及葉色濃綠程度等變化。進而求算各測定項目與生育情形之相關性並進行比較之，期能建立實用而可行的耐寒性指標加以推廣應用。

三、結果與討論

本研究在進行低溫試驗時，除了作生育調查以確立各草種之耐寒力外，同時亦測定植株的葉綠素螢光值、電解質滲漏以及葉色濃綠程度等變化。進而求算各測定項目與生育情形之相關性並進行比較之，

期能建立實用而可行的耐寒性指標加以推廣應用。

試驗結果顯示在低溫下(15/13°C)各草種的主莖長度、節間長度及葉數均低於對照組(30/25°C)(詳見附表一),若以相對主莖長度(15/13°C下主莖長度/30/25°C下主莖長度)評估,則以日本芝草最不受低溫影響,其次為小葉百喜草,而以地毯草受低溫影響最大(附表二)。

測定各草種的葉綠素螢光值(Fv/Fm)之變化則顯示假儉草及日本芝草之Fv/Fm值較不受低溫影響或恢復速度較快,地毯草Fv/Fm值降幅最大且恢復期最長(附圖一)。電解質滲漏率依滲漏最高點比較之(附圖二),以地毯草最高;其次為類地毯草、普通百慕達草、改良型百慕達草'Sahara'、日本芝草、假儉草,而以小葉百喜草電解質滲漏率最低。所以整體而言,以日本芝草和假儉草在低溫下Fv/Fm較高而且電解質滲漏率低,為耐寒性草種,而以地毯草耐寒性最差。低溫下除假儉草在初期CMR不降反升外(附圖三),其餘草種初期有下降而後上升的趨勢,顯示各草種在初期葉色轉變為黃綠色,而假儉草則葉色更為濃綠。

耐寒性指標方面,以低溫第6、8天所測之相對Fv/Fm(%)與相對生長速率(%)呈顯著正相關(附表三),二次相關分析之相關係數(r)分別為0.69**、0.92***,其次以每週所測之相對電解質滲漏值(%)與相對生長速率(%)呈顯著負相關(附表四),r以0.86***最高。在每週所測之相對CMR(%)與相對生長速率(%)亦呈正相關性(附表五),相關性略低,r以0.80***最高。所以本試驗結果顯示以葉綠素螢光可及早且可靠地預測草種生長速率,其次為電解質滲漏、CMR皆為可信度高之耐寒性指標。

四、計畫成果自評

- (一) 本研究內容與原計畫大致相符。
- (二) 在耐寒性比較上,以日本芝草最不受低溫影響,其次為小葉百喜草,

而以地毯草受低溫影響最大。

- (三) Fv/Fm 變化值可及早且可靠地預測草種生長速率,且和耐寒性成顯著正相關,故Fv/Fm之測定值應是實用而可行的耐寒性指標。
- (四) 電解質滲漏及葉色濃綠度與耐寒性有良好之相關性,亦是可信度高的耐寒性指標。
- (五) 藉由耐寒指標的幫助,在低溫前或低溫初期,即早偵測植體內部之代謝情形,適時做好防寒措施,將可有效降低冷害對草坪植物的傷害,以提昇草坪觀賞和利用之品質。

五、參考文獻

1. 林俊輝 1999 寒害對本省常用百慕達草栽培種生理與生長之影響 國立屏東科技大學熱帶農業研究所碩士論文。
2. 孫吉雄(主編). 1995. 草坪學. 中國農業出版社.
3. 張秀燕、張育森. 1996. 台灣公園綠地草坪植物生長適應性之調查. 台大農學院研究報告 36(3): 151-163.
4. 顏俊士 1981 台灣之寒害 氣象學報季刊 7(2):23-34。
5. Beard, J. B. 1973. Turfgrass: science and culture. p. 209-260. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
6. Dipaola, J. M., and J. B. Beard. 1992. Physiological effects of temperature stress. p. 231-267. In: D. V. Waddington, R. N. Carrow, and R. C. Shearman (eds.) Turfgrass. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
7. Emmons, R. D. 1995. Turfgrass Science and Management. 2nd ed. Delmar Pub. Inc., New York.
8. Karnok, K.J., and J. B. Beard. 1983. Effect of gibberellic acid on the CO₂ exchange rates of bermudagrass and augustinegrass when exposed to chilling temperatures. Crop Science 23:514-516.
9. Turgeon, A. J. 1991. Turfgrass Management. Third Edition. Regents/Prentice Hall.

10. White, R.H., and R.E. Schmidt. 1989. 773.
 Bermudagrass response to chilling temperatures as influenced by iron and benzyladenine. Crop Science. 29:768-

表一 不同溫度處理對草坪植物的植株性狀之影響。

Table 1. Effect of different temperature treatments on plant characteristics of turfgrasses.

Species	Increased shoot length (cm / plant)	Increased no. of leaves (no. / plant)	Average internode length (cm / plant)
Zoysiagrass			
30/25	0.48 ^z a ^y	1.33 a	0.40 a
15/13	0.27 b	0.33 b	0.27 b
Tropical Carpetgrass			
30/25	10.90 a	4.14 a	3.13 a
15/13	0.29 b	1.56 b	0.21 b
Bahagrass			
30/25	3.07 a	3.33 a	0.94 a
15/13	0.63 b	2.56 b	0.26 b
Centipedegrass			
30/25	3.34 a	4.44 a	0.74 a
15/13	0.41 b	1.33 b	0.47 b

^z Each value is the mean of nine replicates.

^y Mean separation in columns by T test at $P \leq 0.05$.

表二 低溫處理對草坪植物相對生長速率 (%) 之影響。

Table 2. Effect of low temperature treatment on relative growth rate of turfgrasses.

Species	Shoot length (cm) (15/13)	Shoot length (cm) (30/25)	Relative growth rate (%)
Zoysiagrass	0.27±0.11 ^z	0.48±0.28	56.3
Tropical Carpetgrass	0.29±0.07	10.90±2.22	2.7
Bahagrass	0.63±0.31	3.07±1.34	20.5
Centipedegrass	0.41±0.18	3.34±2.03	12.3
Carpetgrass	0.54±0.17	4.14±2.47	13.0

^z Data were the mean ±SE of nine replicates.

表三 草坪植物相對生長速率與相對 PSII 光化學效率值 (Fv/Fm) 之相關係數。
Table 3. Correlation coefficients(*r*) between relative growth rate and relative Fv/Fm on turfgrasses.

Relative growth rate (%) versus :	Correlation coefficients (<i>r</i>) (n = 15)	
	Linear	Quadratic
2d relative Fv/Fm (%)	0.67**	0.68**
4d relative Fv/Fm (%)	0.12	0.12
6d relative Fv/Fm (%)	0.68**	0.69**
8d relative Fv/Fm (%)	0.65**	0.92***
10d relative Fv/Fm (%)	0.22	0.31
12d relative Fv/Fm (%)	0.52*	0.52*
14d relative Fv/Fm (%)	0.67**	0.77***
16d relative Fv/Fm (%)	0.45	0.46
18d relative Fv/Fm (%)	0.41	0.74**
20d relative Fv/Fm (%)	0.26	0.49

*, **, *** Significantly different at $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

表四 草坪植物相對生長速率與相對電解質滲漏值之相關係數。
Table 4. Correlation coefficients (*r*) between growth rate and relative electrolyte leakage (REL.) on turfgrasses.

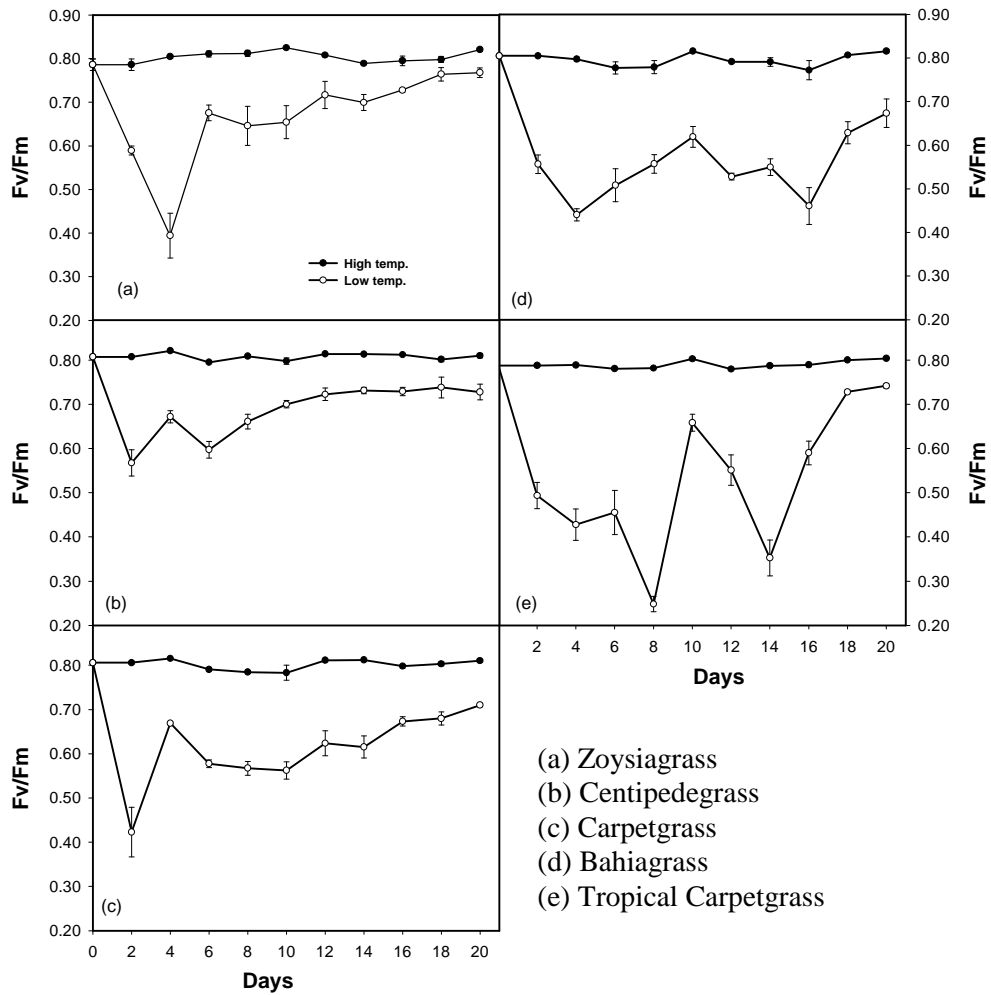
Relative growth rate (%) versus :	Correlation coefficients (<i>r</i>) n = 21	
	Linear	Quadratic
1wk REL.	-0.23	-0.54**
2wk REL.	-0.64**	-0.65**
3wk REL.	-0.17	-0.79***
4wk REL.	-0.46*	-0.86***

*, **, *** Significantly different at $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

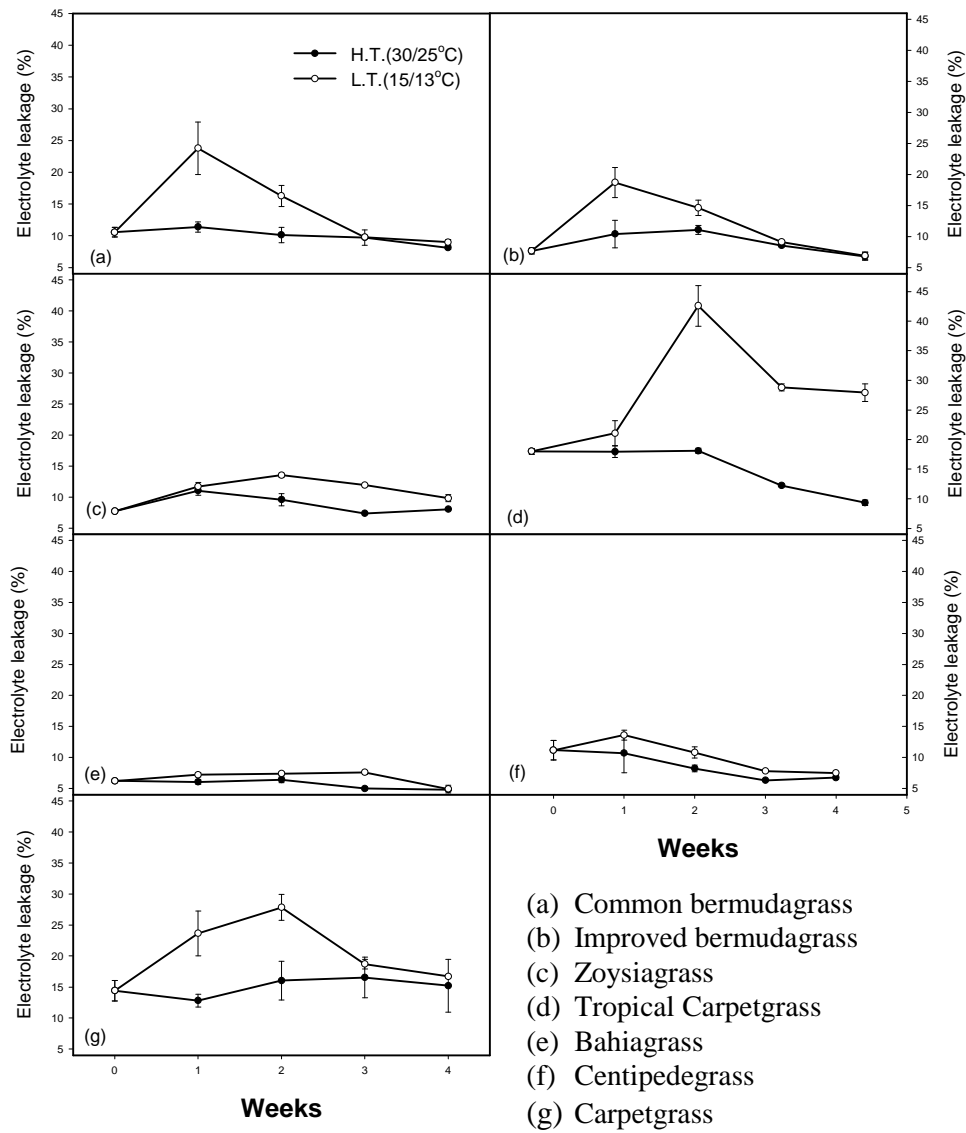
表五 草坪植物相對生長速率與相對 CMR 之相關係數。
Table 5. Correlation coefficients(*r*) between growth rate and relative CMR on turfgrasses.

Relative growth rate (%) versus :	Correlation coefficients (<i>r</i>) n = 21	
	Linear	Quadratic
1wk relative CMR	0.42	0.52*
2wk relative CMR	0.25	0.80***
3wk relative CMR	0.49*	0.66***
4wk relative CMR	0.39	0.72***

*, **, *** Significantly different at $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

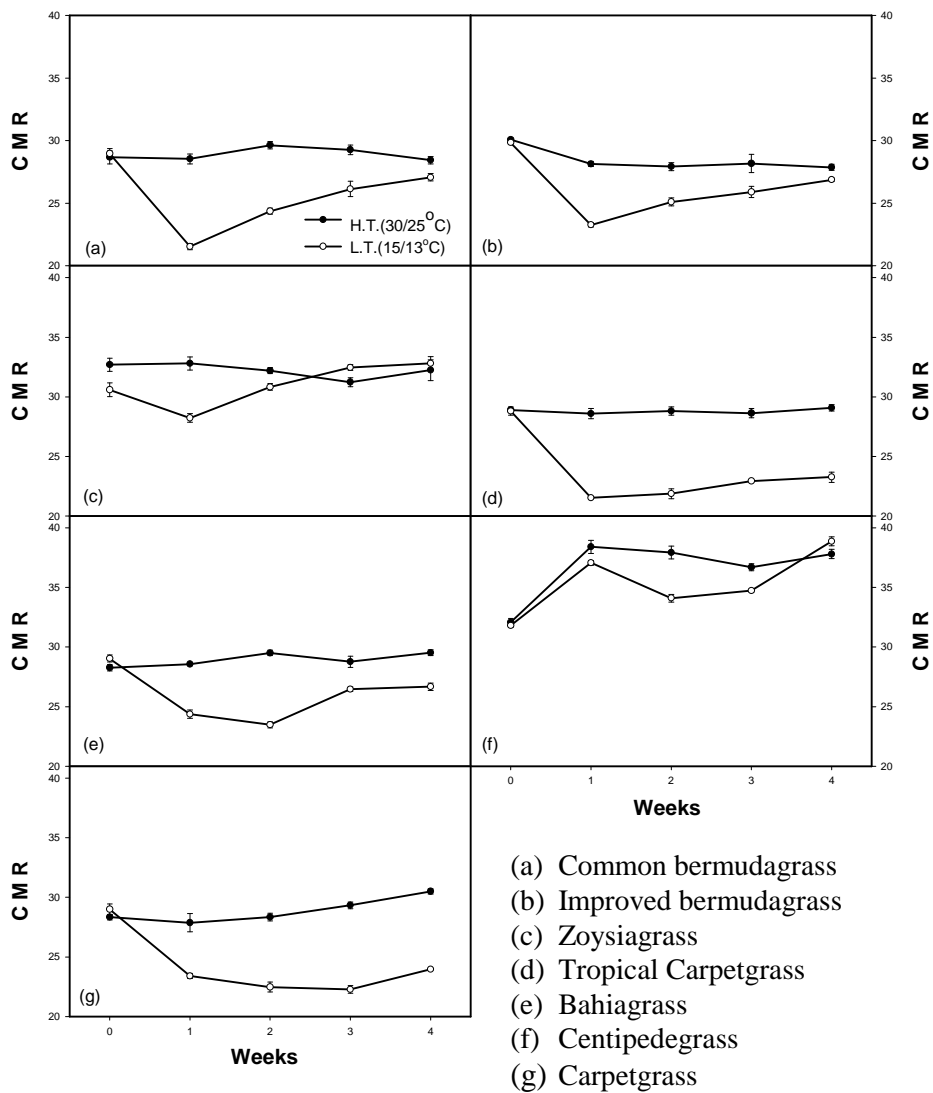


圖一 低溫處理對草坪植物 PSII 光化學效率值 (Fv/Fm) 變化之影響。
 Fig. 1. Effect of low temperature treatment on changes of Fv/Fm on turfgrasses.



圖二 低溫處理對草坪植物電解質滲漏變化之影響。

Fig. 2. Effect of low temperature treatment on changes of electrolyte leakage on turfgrasses.



圖三 低溫處理對草坪植物 CMR 變化之影響。

Fig. 3. Effect of low temperature treatment on changes of CMR on turfgrasses.