

國立臺灣大學生物資源暨農學院農藝學系

碩士論文

Graduate Institute of Agronomy
College of Bioresources and Agriculture
National Taiwan University
Master Thesis

匍匐翦股穎在華東過渡型氣候區夏季高溫的表現及常用有機資材之輔助效用評估

The Performance of Creeping Bentgrass in Eastern China Transition Zone under Summer Stress and the Assistance of Several Organic Supplements



CHI CHIH-PING

指導教授：王裕文 博士

Advisor: Yue-Wen Wang, Ph.D.

中華民國 98 年 7 月 22 日

July, 2009

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

匍匐翦股穎在華東過渡型氣候區夏季高溫的表現及常用有機資材之輔助效用評估

The performance of Creeping Bentgrass in Eastern China transition zone under summer stress and the assistance of several organic supplements

本論文係戚志萍君(學號 r96621123)在國立臺灣大學農藝學系、所完成之碩士學位論文，於民國九十八年七月二十二日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

口試委員：

王祿文

(簽名)

(指導教授)

國立台灣大學農藝學系
彭雲明教授

彭雲明

國立台灣大學農藝學系
黃文達講師

黃文達

系主任、所長

彭雲明

(簽名)

謝誌

“終於畢業了”，心理的感覺實在很複雜，高興的是經過這段有痛苦有歡樂學習的日子，終於拿到一張文憑，這是我來之前想都不敢想的，總認為在我這把年紀記憶力已開始衰退，學習能力也比年輕朋友差，任何反應都較慢的情況下，可能連教授、老師們都嫌棄我呢！還好逢坤堅持(差點翻臉)與不斷的鼓勵(軟硬兼施)，加上家人的大力支持才讓我有勇氣踏上這條試試看的學習之旅。到台灣之後發現台大的老師們不但沒嫌棄我還很樂意的幫忙我解決任何問題。聰明優秀的同學們也都非常有禮貌與敬老(尊賢?)對於我課業上任何的問題都很熱心幫忙，還管我叫戚媽媽，真是很慚愧(因為都是他們在照顧我)!這兩年多的日子過得非常充實快樂，想到即將與這兩年來朝夕與相處的老師與小朋友們別離實在有點不捨，再想到即將要開始工作，實際面對球場各類問題時，又覺得有點心虛與恐慌，真想不回去，繼續留下來學習!很矛盾!

總之，真心感謝這兩年多來教過我的每一位老師、與我同窗的同學們、台北的老朋友老同學們與我親愛的家人們!謝謝!謝謝!再謝謝!

摘要

為因應氣候變遷所造成的生育條件改變，在溫帶型草坪上原本就屬於夏季高溫逆境的議題上，設計了相關的現場試驗區與人工控制氣候條件試驗，以評估匍匐翦股穎的生育反應。共有來自美國主要的三家草坪種子公司，所提供的 15 個主力商用品種，在中國華東地區的四座標準高爾夫球場所設置的草種試驗區進行試驗，評估的項目包括根長與草塊的生質量。在經過夏季高溫的過程中，評估各參試草種的性狀的表現後，發現品種與地區間存在明顯的交互作用，依據收集相關溫度與濕度的資料，進行分析發現此兩項氣象條件組合的確會影響調查性狀的反應。為了協助匍匐翦股穎能在夏季高溫逆境下維持適當的品質，本研究進行了有機輔助資材的試驗，結果發現除了蚯蚓糞肥單劑施用效果不明顯外，其餘的處理組合皆可以增加草坪草的表現。除了夏季高溫逆境之外，中國華東地區梅雨季節前後快速升溫的高溫逆境議題，本研究利用人工氣候室進行模擬，並配合有機輔助資材的施用，發現參試品種的表現與有機輔助資材的表現仍有待加強。

關鍵字：匍匐翦股穎、有機輔助資材、生質量、根長、高溫逆境

Abstract

This paper sets out to investigate 1) the impacts climate change and 2) the effects organic supplements, have on the growth performance of creeping bentgrass. The adaptability of this cool-season grass in eastern China will be examined, based on data collected from both the phytotron and the test-sites situated on-site of 4 standard golf courses in eastern China. The evaluation of the experiments is based on the observations of the characteristics and adaptabilities of 15 selected turfgrass varieties from three major U.S. seed companies put through the 'summer stress', with specific indicators for comparison of acclimatization such as the root-length and the biomass of the chosen subjects. The adaptability of the subjects was put through a further test of their receptivity to a variety of common organic supplements.

In the phytotron, the subjects were put through the simulation of the passing of a sub-tropical monsoon season typified by the symptomatic post-season spike in temperature. The performance of the organic supplements was inconclusive within the set parameters. On the other hand, the on-site experiment has produced more determinate and promising results. With discrete climatic conditions, the differences in the combinations of the temperatures and humidity of the 4 golf courses have significant and varied effects on root-length and biomass of these subjects and interacted heavily with the turfgrass varieties. As for the subjects' receptivity to the organic supplements, with the sole exception of worm casts administered in isolation, there were notable effects on the overall production yield.

Keywords: creeping bentgrass, phytotron, organic supplements, summer stress, biomass, root length

目錄

口試委員審定書	I
謝誌	II
摘要	III
ABSTRACT	IV
圖目錄	V
表目錄	VII
第一章、前言	1
第二章、前人研究	3
2-1 匍匐翦股穎生育特性與育種	3
2-1.1 適應性	3
2-1.2 匍匐翦股穎的育種	3
2-2 華東氣候與氣候變異	4
2-2.1 華東地區氣候特徵	4
2-2.2 氣候的極端變異	4
2-3 球場果嶺草坪品質要求與評估	5
2-3.1 果嶺草坪草的要求	5
2-3.2 美國國家草坪評估計畫 (NTEP)	5
2-3.3 NTEP 草坪品質評估的方法	6

2-3.4 生長分析法	9
2-4 球場有機資材使用現況	12
2-4.1 蚯蚓糞肥	13
2-4.2 液態海藻提取物	13
2-4.3 腐植酸	13
2-4.4 木醋液(Pyracetic acid)	14
2-4.5 糖蜜(Molasses)	14
第三章、材料與方法	16
3-1 草坪草球場現場評估試驗	16
3-1.1 參試品種	16
3-1.2 試區規劃與管理	16
3-1.3 資料收集與調查	17
3-1.4 草坪品質視覺評估	17
3-2 有機資材球場現場試驗	18
3-2.1 試驗材料用量	18
3-2.2 施用方式	19
3-2.3 資料收集與調查	19
3-3 人工控制氣候室試驗	20
3-3.1 參試品種及試驗材料準備	20



3-3.2 有機輔助資材反應試驗	21
3-3.3 高溫生長反應試驗	21
3-4 資料分析.....	22
第四章、球場現場試驗結果與討論	24
4-1 試驗資料收集與結果分析	24
4-1.1 樣品採集與資料收集狀況	24
4-1.2 草坪草種品種間，生質量與根系特性調查結果.....	26
4-1.2.1 球場現場處理與生長反應	26
4-2 參試品種與地區效應	32
4-2.1 區域試驗品種選拔	32
4-2.2 現場試驗地點差異性比較.....	36
4-2.3 有機輔助資材與草種夏季逆境反應.....	41
4-3 有機輔助資材效果的比較：	50
4-4 視覺評估.....	52
4-4.1 上海地區球場視覺評估	54
4-4.2 昆山地區球場視覺評估	55
4-4.3 南京地區球場視覺評估	56
4-4.4 蘇州地區球場視覺評估	57
4-4.5 四個球場試區綜合比較	58

第五章、人工控制氣候室試驗結果與討論	60
5-1 試驗資料收集與結果	60
5-2 有機輔助資材與品種反應	60
5-3 品種與高溫處理生長反應	62
第六章、結論	64
參考文獻	67



圖目錄

圖一、溫帶型草坪草隨季節的生育變化.....	10
圖二、地上部修剪高度與地下部根系深度關係.....	10
圖三、四個參試球場在試驗期間各週次的平均氣溫.....	25
圖四、四個參試球場在試驗期間各週次的平均濕度.....	26
圖五、各參試球場試驗期間各週次根長平均值變化圖.....	28
圖六、各參試球場試驗期間各週次生質量平均值變化圖.....	29
圖七、各參試品種試驗期間各週次生質量平均值變化.....	30
圖八、各參試品種根長於試驗期間的變化.....	32
圖九、品種與地區根長的 Biplot(雙軸圖).....	34
圖十、品種與地區生質量的 Biplot(雙軸圖).....	35
圖十一、四參試地區試驗期間各週次參試品種反應盒鬚圖...	40
圖十二、昆山試區品種、有機輔助資材與生質量雙軸圖.....	43
圖十三、昆山試區品種、有機輔助資材與根長雙軸圖.....	43
圖十四、南京試區品種、有機輔助資材與生質量雙軸圖.....	44
圖十五、南京試區品種、有機輔助資材與根長雙軸圖.....	45
圖十六、上海試區品種、有機輔助資材與生質量雙軸圖.....	46
圖十七、上海試區品種、有機輔助資材與根長雙軸圖.....	47
圖十八、蘇州試區品種、有機輔助資材與生質量雙軸圖.....	48

圖十九、蘇州試區品種、有機輔助資材與根長雙軸圖	49
圖二十、參試品種於四個參試地區視覺評估各項目與各品種的 視覺評估總平均值	53
圖二十一、參試品種於上海地區視覺評估各項目與各品種的視 覺評估平均值	55
圖二十二、參試品種於昆山地區視覺評估各項目與各品種的視 覺評估平均值	56
圖二十三、參試品種於南京地區視覺評估各項目與各品種的視 覺評估平均值	57
圖二十四、參試品種於蘇州地區視覺評估各項目與各品種的視 覺評估平均值	58
圖二十五、匍匐翦股穎利用有機輔助資材於人工控制溫度下的 草屑量變化反應	61
圖二十六、匍匐翦股穎利用有機輔助資材於人工光照溫控室參 試品種草屑量的盒鬚圖	62

表目錄

表一、翦股穎參試品系及提供的來源.....	16
表二、人工光照與溫控室的日夜溫度與時間處理組合.....	22
表三、各參試球場試驗期間各週次的平均氣溫與平均濕度...	25
表四、各參試球場根長的平均值、最大值、最小值、變異係數	27
表五、各參試球場草坪草樣品生質量的平均值、最大值、最小 值與變異係數.....	28
表六、各參試品種的生質量平均值、最大值、最小值、變異係 數.....	30
表七、各參試品種的根長平均值、最大值、最小值、變異係數	31
表八、四參試球場進行 15 個品種配合三種有機資材進行現場 試驗的變方分析.....	33
表九、品種與地區效應變方分析表.....	36
表十、球場氣候因子與品系表現變方分析表.....	37
表十一、溫度與濕度對參試品種的效應分析.....	38
表十二、昆山試區品種、有機輔助資材與生質量、根長的變方 分析.....	42
表十三、南京試區品種、有機輔助資材與生質量、根長的變方	

分析表	44
表十四、上海試區品種、有機輔助資材與生質量、根長的變方 分析表	45
表十五、蘇州試區品種、有機輔助資材與生質量、根長的變方 分析表	47
表十六、各試驗場地最適合的品種選拔。	49
表十七、有機輔助資材主效應劃分	51
表十八、各地區試驗區選出最適品種與其相對應的有機輔助資 材	52
表十九、參試品種於四個參試地區視覺評估各評估項目與各品 種的視覺評估總平均值	53
表二十、參試品種於上海地區視覺評估之各評估項目與各品種 的視覺評估平均值	54
表二十一、參試品種於昆山地區視覺評估之各評估項目與各品 種的視覺評估平均值	55
表二十二、參試品種於南京地區視覺評估之各評估項目與各品 種的視覺評估平均值	56
表二十三、參試品種於蘇州地區視覺評估之各評估項目與各品 種的視覺評估平均值	57

表二十四、各地區視覺評估之各評估項目的視覺評估平均值。
.....58

表二十五、人工氣候室溫度與各品系平均草屑量的關係.....63



第一章、前言

農業操作的三大基本原則，適時(適合當地的氣候)、適地(適合的土壤與地理環境)、適種(適合當地的品種)，任何成功而可持續的農業生產管理現象就是來自服膺這三大原則的結果。所以選擇適合的品種不但可以獲得最高品質的草坪，還能減少大量的養護管理成本。

匍匐翦股穎 *Creeping bentgrass (Agrostis stoloniferous L.)* 為溫帶型草坪草，最適生長溫度是 15°C~25°C，其分佈主要受季節性高溫和乾旱的限制(Zhang and Ervin, 2004)。但匍匐翦股穎以其耐低割、廣泛適應不同的生長環境、對環境的緊迫與耐踐踏的恢復力強與終年常綠的特性，被認為是最適合作為果嶺用的草種(Cuddeback and Petrovic, 1985)。目前在華東地區最廣泛使用的高爾夫果嶺用草種也是匍匐翦股穎。匍匐翦股穎作為果嶺草，歷經多年的育種，新的品種在美國已向南延伸至過渡型氣候區；不過在管理上也製造了許多新的問題，如夏季高溫高濕所衍生的病害問題。雖然近年來在育種上匍匐翦股穎也選育出耐熱、耐旱的品種以克服此類問題；但高溫降低匍匐翦股穎根部的生長與活性，造成夏季草坪品質下降(Huang *et al.*, 1998a; Huang *et al.*, 1998b)，也是普遍被認知的一個現象。為維持夏季的草坪品質而所進行的措施，雖然能協助匍匐翦股穎越夏，但對養護人員而言，目標還是相當艱巨。因為果嶺的草坪要求除了表面平整、顏色均一、草莖密度高外，推桿時還必須具有良好的滾動速度和準確性。球速與割草高度成反比，追求更高的球速必須配合割草高度的降低，割草高度越低，則降低草坪對於環境緊迫(高溫)的抵抗能力，所以選擇適宜的耐熱品種又能兼顧草坪品質一直是很重要的工作。

全球暖化，氣候極端變異，引起人們對環境生態的保護，進而對化學肥料與農藥的使用非常關注。如何永續經營減少對環境的破壞是目前大家必須面對的問題，發展有機生態管理系統，減低化學藥劑與自然資源的使用，評估導入各類有機資材對草坪草的品質的影響與是否增加草坪耐熱、耐旱、抗病蟲的效

應，在過渡性氣候區的環境又是另一個很重要的課題。

目前分佈在屬於過渡型氣候區的華東地區的高爾夫球場，絕大多數採用歐美種子公司的草種，各球場果嶺依據種子公司及球場設計師的建議，選用了不同品種的匍匐翦股穎，但每年同樣都必須面對夏季的高溫帶來的許多問題。而各球場選擇品種的標準是依據美國 NTEP 的區域試驗結果來推論的，但是畢竟中國的氣候條件與美國不盡相同，因此造成這些品種在華東地區各球場的表現沒有預期的理想。加上近年的大氣異常現象，也就是所謂的”氣候變遷”現象，造成氣候不穩定，近兩年所發生的極端夏季高溫逆境，日最高氣溫與日高溫時數延長更是前所未見，全球暖化的問題日益明顯；對於未來各地區球場之間，氣候變化的幅度與方向恐怕更難以預測，因此定點設置試驗場地對各品種進行現場評估的結果，其可推測的區域範圍或許都應從新評估。

一般草坪草的選種主要採用視覺評估(顏色、密度、覆蓋率)，主要是因為地上部觀察方便，容易取得數據。很少採用生質量 Biomass 和根長 Root length 作為選拔的指標，主要是根生長在地下，觀測較不易，所以相對於地上部較少受人研究，加上生質量和根長研究是採用破壞性取樣(抽取草塊土條)而取得的觀測值，增加實驗的難度與人工成本。但是在採行有機資材進行低毒性農業管理的系統中，對於土壤根圈環境的綜合指標---植物根系發育是特別重視的，因此本研究在施用有機資材的處理後，即針對以根系生長特性為主的性狀進行調查，以期能確實瞭解品種與各種有機資材之間的作用效應。

全球暖化、氣候變遷，百年來全球平均氣溫約上升了 0.5 °C。我們認為品種對高溫的反應也是值得瞭解的課題之一，配合有機資材的導入其反應的型式也是值得關切的題目。

第二章、前人研究

2-1 匍匐翦股穎生育特性與育種

2-1.1 適應性

匍匐翦股穎(Creeping bentgrass, *Agrostis palustris* Huds. *A. stolonifera* L.)分佈於歐亞大陸和北美洲的溫帶氣候區，為多年生草本植物。中國東北、華北、西北及江西、浙江等地均有分佈，常見於河邊和較濕的地區。匍匐翦股穎適應於世界大多數冷涼潮濕地區，最適做高爾夫球場的果嶺草坪，它的匍匐生長習性，在低修剪時，能形成一個細緻、植株密度高、均一的高品質草坪。栽培種的顏色從黃綠、深綠到藍綠。從匍匐莖的生長來看，匍匐翦股穎是最強壯的溫帶型草坪草，靠著在節上生長出的根和長而多葉的匍匐莖，能很快的蔓延。是最抗寒的溫帶型草坪草之一，但春季返青慢，而秋季變冷時葉子又比草地早熟禾較早變黃。匍匐翦股穎是需要高度養護的草坪草，不適用於一般家庭庭院草坪。它的根系稠密，為鬚根系，根系分佈較淺，所以耐踐踏性中等。但在多種土壤上都能生長，最適宜肥沃、pH 為 5.5~6.5、中等酸度且保水力好的土壤。抗鹽性和耐浸水性(water logging)比一般溫帶型草坪草好，但對密實土壤的適應性較差。匍匐翦股穎能忍受部分遮陰，但在全光照下生長最好(Beard, 1965; Beard, 1973; Christians, 2007; Daniel and Roberts, 1966; Leslie, 1994)。

2-1.2 匍匐翦股穎的育種

匍匐翦股穎為 19 世紀末由歐洲引進北美的許多翦股穎(Bentgrass)之一，統稱為“German bents”。早年美國高爾夫協會(United State Golf Association)致力於從“German bents”中選育草莖型的匍匐翦股穎，以替代在果嶺上使用的 German bents 和 Colonial bentgrass (*Agrostis capillaris* L.)與 Chewing fescue(*Festuca Rubra*, L.) 混和的品種。因為最早的種子型匍匐翦股穎稱“Seaside”creeping bentgrass 是混合收成奧勒岡沿海幾種匍匐翦股穎的種子而形成的，在品質與均一性方面表現不太好。於 1935 年，紐澤西州一位球場養護經理選育出適應中西

部過渡型氣候區的草莖型匍匐翦股穎，“Cohansey”(C7) ，接著“Old Orchard”、
“Toronto”(C-15)、“Washington”(C-50)等一系列草莖型品種陸續育出。草莖型匍
匐翦股穎因為它的品質均一性較高，直到 1970 年代都廣泛的被使用在高爾夫球
場果嶺上。種子型匍匐翦股穎則直到 1956 年，由賓夕法尼亞州立大學育出，取
名“Penncross”是具有均一品質的種子型匍匐翦股穎商業品種。由於其品質高度
的均質性所提供優越的推桿特性遠優於以往種子型“Seaside”甚至也比其他草莖
型匍匐翦股穎更好，且種子型匍匐翦股穎的草坪建植速度比草莖型快，更節省
時間與成本，從此新建的球場都採用“Penncross”建植草坪(Morris, 2003)。

“Penncross”的自然適應性，以現代的養護管理，利用充分的灌溉，從北擴展到
西南甚至更南至佛羅裏達州。自 1975 年以後，一些更新、更優良的種子型匍匐
翦股穎陸續育成。從九零年代開始育種家將重點放在特定的特性如更深的根
系、適應更低的割刈高度、增加抗病性等等，育出較“Penncross”品質更高的品
種。近幾年更利用生物科技，基因槍的技術，將抗除草劑的基因轉入匍匐翦股
穎，相信再不久抗除草劑的匍匐翦股穎就會上市。(Christians, 2004; Dunn and
Diesburg, 2004; Fry and Huang, 2004)

2-2 華東氣候與氣候變異

2-2.1 華東地區氣候特徵

華東地區氣候的特徵是四季分明季風明顯，冬季以偏北風為主，氣候寒冷
乾燥，雨雪較少。夏季盛行偏南風，氣候炎熱濕潤，雨水充沛。年平均氣溫在
14°C~17°C之間，全年降水量在 700~2400 公厘之間。梅雨是長江中下游區域特
有的氣候現象，入梅在 6 月中旬，出梅在 7 月上旬末，平均 25 天。梅雨期間大
雨乃至暴雨多呈現集中持續出現，佔其年降水量 20%左右。夏季 6、7、8 三個
月降雨量佔全年降水量的 40~50%。由於地處溫帶與熱帶兩大氣候帶的過渡區
域，氣候具有過渡性、不穩定的特點，造成降水量的穩定性差，形成旱澇災害
頻繁。

2-2.2 氣候的極端變異

近百年來，全球氣候呈現出以變暖為主要特徵的顯著變化。據 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 政府間氣候變遷委員會第四次評估 (2007 年) 報告，過去 100 年來全球地表氣溫升高了 0.74°C ，到了 21 世紀末，全球平均地表氣溫可能升高 $1.1\sim 6.4^{\circ}\text{C}$ 。中國是全球氣候變暖特徵最顯著的國家之一，近百年來中國年平均氣溫升高了 $0.5\sim 0.8^{\circ}\text{C}$ ，預計 21 世紀中國氣候將繼續明顯變暖。在全球變暖背景下，多數大陸地區在 21 世紀極端高溫、熱浪發生頻率很可能增加。從 1999 年至今，幾乎每年都會出現持續 10 天以上的強度大、範圍廣的極端高溫天氣。(史 et al., 2009)

2-3 球場果嶺草坪品質要求與評估

2-3.1 果嶺草坪草的要求

果嶺是高爾夫球場的靈魂，果嶺區是球場中對草坪品質要求最高的區域。果嶺草坪要求表面平整、顏色均一、草莖密度高、推桿時具有良好的滾動速度和準確性。因此作為果嶺草坪草的品種必須具備以下特性：低矮、匍匐生長習性，葉子直立；能夠耐受 3 公厘的低修剪，葉子質地細，色澤美觀，均一性好；產生的枯草層少；再生性好，恢復力強；耐踐踏性強，抗病蟲害能力強，能夠適應種植地的氣候和土壤條件等。(廖啟蓉 and 費永俊, 2007)

中國華東區目前主要選用的草種是匍匐翦股穎。該草種適應性強，葉片質地細而柔軟，生命力強，具發達的匍匐莖，生長繁殖快，耐低修剪，種植後可形成稠密、均勻整齊、美觀的地毯式草坪。

2-3.2 美國國家草坪評估計畫 (NTEP)

目前全世界規模最大、最具有公信力的草坪草評估機構是美國國家草坪評估計畫 National Turfgrass Evaluation Program (NTEP)，是由一位 USDA-ARS 農業研究中心的科學家 J.J. Murray 所創立。他協調許多願意合作的品種評估試驗中心、研究者，成功的於 1980 年舉辦了 Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) 的全國性評估試驗計畫，當時有 84 個品種參與，全國 50 個評估地區。參試的品

種沒有收取任何費用，所有的參與的工作人員、評估員、設備、場地等都是義務性質，Murray 協調所有的事情，提供員工收集參試品種資料、紀錄、評估、分析數據給予行政上的支持。由於計畫非常成功，就成為美國國家草坪評估計畫 NTEP 的創始。1982 年接著舉辦 Perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) 的評估試驗，從此針對每一個參試的品種收取費用，用在雇用全職人員、技術人員，執行整個計畫。接下來幾年開始評估一般常見的溫帶型與熱帶型草坪草物種。之後每隔五年舉辦一次測試新育出的品種。至今已將近 30 年，評估試驗的結果就放在 NTEP 的網站上(<http://www.ntep.org>)，供需要的人上網搜尋。NTEP 的資料廣泛的被草坪草業界的人使用，如從事草坪專業的人、推廣教育者、公共或私人育種家、學者、研究人員、商業公司等等。草坪草研究人員、推廣教育者重視這些“物種(species)的特性與品種(cultivar)適應性試驗”資訊的潛在用途，並一起參與新品種開發與改良的計畫。公共或私人育種家、商業性種子公司，則可以瞭解他們參與試驗的品種，在不同環境和不同的養護管理下的適應性和表現。當然，商業團體可以從這些試驗數據中獲得許多潛在的商機。NTEP 顧問委員也制定一套準則讓使用者在引用數據刊登廣告時有所遵循。

經過 NTEP 評比體系評比的結果可供公司、草坪草育種家和消費者概括瞭解某一草坪草品種的適應性，並用以確定該品種最適種植區域及其養護水準。該評比體系本身並不作為任何品種的宣傳材料，但是，有關專家或人士可以利用該評比體系的結果說明某一品種的特性。(Shearman, 2006)

2-3.3 NTEP 草坪品質評估的方法

草坪育種者、學者或研究人員、和推廣的專業人員都採用 NTEP 的數據來決定採用那一個最適合的品種或試驗品系，種子公司也依照此數據來進行推廣與銷售，政府機構，如公路與公園管理部門也用它來制定採購與投標的規格。最重要的是草坪的終端用戶，如高爾夫球場的養護經理、運動場經理、草坪生產者與草坪養護管理服務公司等，經常在採購種子或草坪前使用這些數據。在美國 NTEP 的資料成為草坪產業的標準，關係著各草坪相關人員的利益。

NTEP 所採行的草坪評估是基於視覺判斷的一個主觀過程，根據顏色、草莖密度、葉子質地、均一性和質量等因數來決定，與一般農作物的評估方式不同。不像評估產量或營養價值之類的特徵，草坪的品質是衡量美的哲學和使用的功能。最常用來判定草坪品質的方法是視覺評估系統，依據評估者的判斷。這類主觀的判斷容易受到批評與質疑。然而視覺評估系統卻是信譽卓著且廣為大家接受的，因為經過適當訓練的觀察者，能有效地區分不同草坪草間微細的差別。

視覺評估值要求一貫性，新學者應該先瞭解視覺評估的數據。為保持一貫性，避免中途換人，最好整個試驗過程由同一個人執行所有的評估，並拍照紀錄不同處理，以便能有效追蹤不同處理。

在評分前先學習觀察，學會利用視覺進行區分顏色、密度、均一性、病斑、環境緊迫或其他因素。你的視覺評分必須有效反應這些差異，在處理間走動區分你所看到差異的範圍，什麼是最好的？什麼是最差的？什麼是中等的？標示這些情況作為參考，建立你評分的幅度。反覆練習，重複評估的結果必須一致，保持評分結果的一貫性。視覺評估結果分九級 1~9 分，基於你所觀察到的差異範圍，最差的得 1 分，最好的得 9 分。合理的分配分數，不要偏高或偏低，分數為整數。

最理想是在微蔭的天氣作視覺評估，因為這樣造成反光或影子的情況降到最低。時間最好在接近中午太陽最高的時候，背對著太陽。避免在多雲的天氣評估，間歇性的遮陽會影響評估的準確性。最好有紀錄員或紀錄器，加快評分的速度，減少目光來回紙張與草地。某些特性如遺傳顏色(genetic color)在尚未割草前較明顯。在光的反射下，不同的割草方向會影響顏色的評估。若在割草後評估，則所有的“重複”試區的割草方向必須相同，將反射的效應降至最低。

品質評分基於 9 分最好，1 分最差，6 分以上視為可接受的品質。9 分保留給最理想的或表現最特出的(特別好)草坪草。NTEP 要求品質評估每月一次。

品質評估因草坪草的物種、養護的方式、季節而變化。在物種之間品質評

估是相對的，物種內則否。例如：在 tall fescue 6 分是可接受的品質，而在 Kentucky bluegrasses 並不一定是可接受的品質。且一般公共草坪用途的評估值與高爾夫球場果嶺匍匐翦股穎的評估值也不同。

草坪的品質是衡量美的哲學和使用的功能。品質評估，不是單單評估顏色，它是綜合顏色、草莖密度、葉子質地、均一性、疾病、環境緊迫等因素而決定。然而得到相同分數的草坪草的品質，並非每項因素都完全一樣，而是綜合所有因素得到相同的等級。所以相同分數的草坪草，有的可能顏色和密度的分數較高，有的可能質地和均一性較高。不論是在你評分時或解讀這些數據的時候，都必須了解此特性與差異。

草種色澤(Genetic Color)

草種的色澤反應其基因型固有的顏色，基於視覺評估值 1~9 分，1 分為淺綠 9 分為深綠。必須在草坪生長旺盛時進行評估，不可以在草坪受到緊迫的狀況下評估。缺乏葉綠素或壞死而變褐色都不算是草種的顏色。進行色澤評估時可以使用 Munsell Color 公司售賣的色卡可當作草種顏色參考的依據，以維持評分的一貫性。

草坪密度(Turfgrass Density)

草坪密度是用視覺評估單位面積上活的草莖或分蘖的數目，草坪上的死斑不計在內。最高 9 分等同於最高的密度，最差 1 分。草坪的密度也可以用實際記算的方式，算出單位面積上草莖的數量。實際計算很費時費力，經驗豐富的專家目測的結果與實測值高度相關，但較省時省力。草坪密度會隨季節變動，因此最好在春、夏、秋三季各測一次。

覆蓋率(Percent Living Ground Cover)

一般是用來表示疾病與昆蟲造成的損壞和雜草入侵、環境緊迫等。覆蓋率通常在春、夏、秋三季測量，這樣就能反映草坪在不同生長季所面對的緊迫。

草坪質地(Turfgrass Texture)

草坪質地的評估主要是衡量葉子的寬度。質地的視覺評估也是 1~9 分，葉片越細分數越高。視覺判斷質地較困難，準確性也較低，然而實際測量又很繁瑣且耗時費力。實測的變異也很大，必需測量相同生育階段、相同年齡的葉子。視覺評估能成功的區分物種內不同的品種。草坪草質地的視覺評估必須在草坪生長旺盛的時候評估而非在緊迫的情況下。

其他與色澤有關的品質評估還包括春天返青、冬天綠色的持續、綠色期等，主要是評估熱帶型草坪草對溫度的反應與秋季降霜的影響。其他數據如：蟲害、環境緊迫、乾旱、寒害、耐踐踏性、枯草層厚度等等。

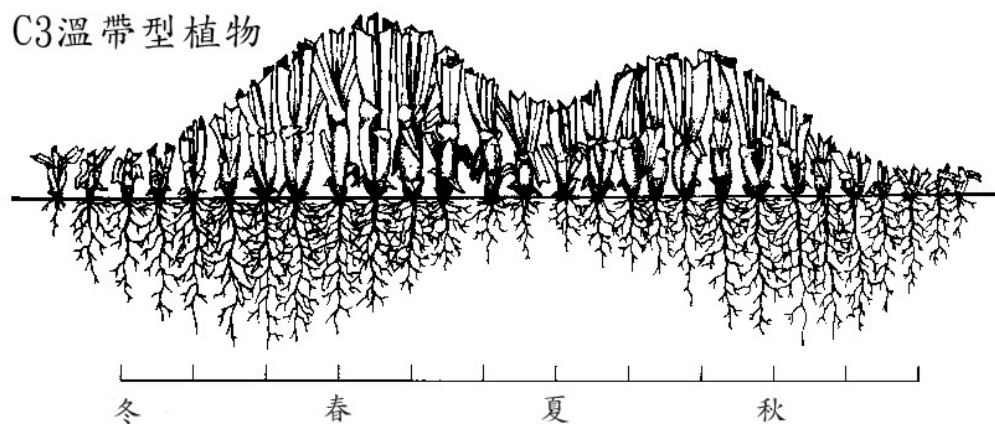
由以上 NTEP 的人員訓練與評估內容的規定，可以看出它評估數據的科學性與準確性，加上它試驗地區橫越美國加拿大，地區之大，品種包括所有的溫帶型與熱帶型草坪草，種類之多，難怪美國草坪業界將他奉為主臬，甚至種子賣到全世界也以此數據來判定。(Morris and Shearman, 1998)

2-3.4 生長分析法

用生質量與根長數據作為品種選拔的依據，由於資料獲得的方法，比採用視覺評估數據來得困難與麻煩，所以也比較少人採用。但根長、生質量是草坪適應不同環境緊迫的重要指標。本研究認為它也許能更精確反應品種間的差異，以找出適合高爾夫球場果嶺用的品種。

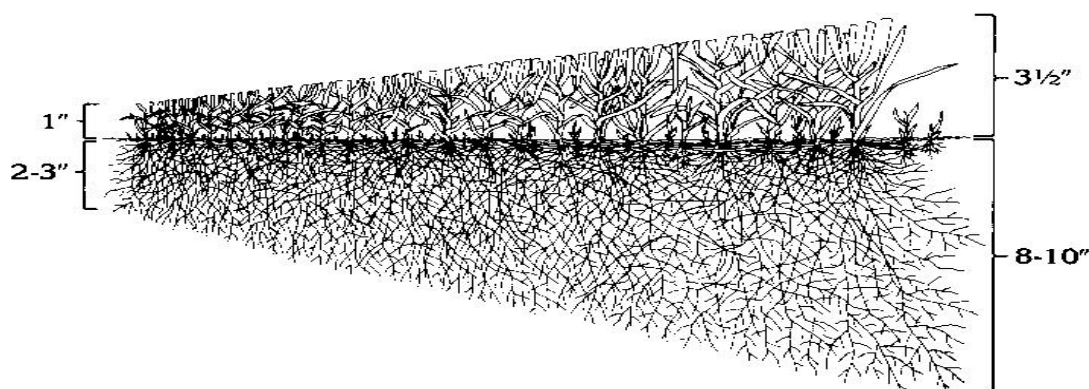
匍匐翦股穎在高爾夫球場果嶺養護管理所面對的問題，最關鍵性的就是夏季高溫與低割。因為夏季高溫緊迫就已經足以使匍匐翦股穎的草坪變薄變弱，若再加上低割，將使問題變得更為嚴重。溫帶性草坪草的根系為一年生、鬚根系，新根多在秋天開始長出，繼短暫的冬眠後，更大量的新根在春天產生，直到 5 月底時根的總量達到高峰。進入夏季當溫度開始上升(超越根生長的適溫)，新根的生長變慢，並開始產生老化現象，進而逐漸至死亡，至 7、8 月根減少(死亡)的量達最高峰，如圖一。(Davies and Zhang, 1991; Hull, 1996; Wilkinson, 2000)。

C3溫帶型植物



圖一、溫帶型草坪草隨季節的生育變化(Turgeon, 1999)

低割，減少地上部植物行光合作用的葉片，降低碳水化合物的合成，因而提供根生長的能量減少，造成草坪草淺根。相反地，提高割草高度，增加行光合作用的部位，增加碳水化合物的合成，使植物能夠提供更多的碳水化合物供根的生長，如圖二(Fry and Huang, 2004)。



圖二、地上部修剪高度與地下部根系深度關係(Christians, 2007)。

一般匍匐剪股穎果嶺的割草高度低於4公厘，降低割草高度，能使球速加快，卻降低它對於環境緊迫的抵抗能力(Liu and Huang, 2002)。一些學者將匍匐剪股穎種植在透明的管中，利用微照相技術觀察根的生長，測得在夏季兩種不

同的割草高度，3 公厘的割草高度較 4 公厘的割草高度，根的死亡率更高，死亡速度也更快。(Carrow, 1996; Fry and Huang, 2004; Huang and Fry, 1998; Huang *et al.*, 1998b; Salaiz *et al.*, 1995)。

比較高溫對根和莖的影響，根比莖來得敏感。可能因為溫帶型草種根部生長的最適溫度為 10~18°C，比莖最適生長溫度是 15°C~25°C 低。當土溫度高於 27°C 時新根停止產生，原有的根開始自然老化。土溫高於 30°C 造成根生長停滯，根的功能喪失。當土溫度高於 35°C，根逐漸死亡(Dernoeden, 2000)。

草坪土溫太高會降低其根的生長與活性(Kramer, 1980)，進而影響根吸收與輸送水分與養分的功能，間接影響莖的生長與活性 (Itai *et al.*, 1973; Al-Khatib and Paulsen, 1984; Kuroyanagi and Paulsen, 1988)。大部分植物的細胞分裂素 (cytokinins) 是在根的組織中合成後送往莖，以促進莖的生長與發育，高溫會抑制細胞分裂素在根部的合成與向外輸送。然而高溫卻促進根加速將離層酸 (Abscisic acid) 輸送至莖，促使葉片的老化(Udomprasert *et al.*, 1995)，嚴重影響莖的生理與生長。總結高溫熱逆境時，主要由根來調控莖對高溫逆境的反應，因此降低根部溫度比降低氣溫更有效。(Xu and Huang, 2000)採用四種不同氣溫/土溫處理 (20/20°C，20/35°C，35/20°C，35/35°C) 將匍匐翦股穎種植在生長箱中 56 天，結果高土溫的處理組合 20/35°C，35/35°C 明顯降低葉冠光合作用速率 (Pn)、草坪品質、根的數目，其中高氣溫與土溫 35/35°C 的處理更降低光化學效率 (Fv/Fm)。高氣溫土溫 35/35°C 比單一高氣溫 35/20°C 或單一高土溫 20/35°C 在降低葉冠光合作用速率、草坪品質、根的數目、光化學效率各方面都來得嚴重。高土溫對草坪草生長的影響較高氣溫的影響大。在高氣溫的環境下降低土溫 35/20°C 相較於高土溫與高或低氣溫(20/35°C，35/35°C)，增加根的生長、葉冠光合作用速率、草坪品質、光化學效率。

“根莖比”在耐熱品種比熱敏感品種高的報導在許多品種都被發現，如肯德基藍草(Kentucky bluegrass) (Bonos *et al.*, 1996)；馬鈴薯(*Solanum tuberosum*)

(Basu and Minhas, 1991)；小麥(*Triticum aestivum*) (Mann, 1994)。(Xu and Huang, 2001)在研究匍匐翦股穎的外表形態、生理特性和耐熱機制的關係時發現 L93(較耐熱的品種)顯示比 Penncross(熱敏感品種)有較高的根莖比，因此 L93 擁有更多的根，可以為每一個草莖提供足夠的水分、養分與荷爾蒙。

本研究的目的是從 NTEP 數據，推論適合中國華東過渡型氣候區使用的果嶺用匍匐翦股穎的 15 個品種中，選出最適合於該地區高爾夫球場的品種。匍匐翦股穎是溫帶與過渡型氣候區最普遍使用的高爾夫球果嶺草。由於它的品質優於百慕達且可全年青綠，廣受人們喜愛。但匍匐翦股穎是溫帶型草坪草，最適生長溫度是 15°C~25°C，如果夏季高溫超越其生長適溫，將降低它的生長與活性，造成夏季草坪品質下降(Huang *et al.*, 1998a,b)(Dernoeden, 2000)。

草坪草的生質量“Biomass”與根長“Root length”是影響草坪品質與特性的主要決定性因數。也是本研究的主要評估項目。草坪草的生質量代表草莖的生長速率、草坪受傷後恢復的能力與抗雜草入侵的指標，青蔥翠綠的草坪與草莖的密度和品質成正相關。根在草坪草的生長上扮演著很重要的角色：根可以將植物固定在土壤中，吸收水分與礦物質提供植物生長所需的養分。將植物荷爾蒙的訊號送到地表植物體，儲存碳水化合物等。根的品質也是影響草坪品質與活力的重要因素。其中根系深度和數量兩項指標，反應草坪整體的營養和水分吸收的能力，草坪根系垂直分佈的最大深度，可以反應草種耐旱水準差異。選擇草坪根系深的品種能提高草坪抗旱力 (咎與孫 2005)。植物能在乾旱的環境下存活，最主要的特點就是擁有長又多的根系，不但能增加草坪抗逆境的能力且透過根系儲藏的養分，可以使受傷後的復原力更快。草坪草在長期乾旱的夏季要維持良好的品質，就必須有較深的根。擁有深廣根系的品種，就能深入土壤，吸收更多的水分與養分，進而增加草坪耐熱與耐旱的能力。

2-4 球場有機資材使用現況

近年來由於對環境生態的保護，國際社會對化學肥料與農藥的使用非常關

注。市面上有許多關於提供草坪營養的有機添加劑，都標榜可以提高草坪草的品質、抗環境緊迫、甚至能減少肥料、蟲藥、菌藥的使用量。本研究選取了數種有機資材進行試驗，分析比較對草坪草的作用。所選用的有機資材包括蚯蚓糞肥、海藻抽取液、腐植酸、木醋液及糖蜜等。

2-4.1 蚯蚓糞肥

蚯蚓在美國、日本、澳洲被大量使用在農業與市鎮垃圾的再循環處理中，由於蚯蚓糞比一般土壤含有更多的腐植質(humic acid)、黃酸 (fulvic acids)與具有活性酵素(enzyme activity)的物質，因此蚯蚓糞能改善土壤的物理、化學及生物特性。(Syers and Springett, 1984)

蚯蚓糞，具堅固的糰粒結構，保水性、透氣性強，不易壓散、密實等特性且內含各種養分極易被植物吸收，含腐植酸和大量的有益微生物、18種氨基酸和多種微量元素，並含拮抗微生物，可抑制土壤傳播病害。(Businelli *et al.*, 1984)

2-4.2 液態海藻抽取物

海藻抽出物含微量元素與植物生長激素(auxin)、細胞分裂素(cytokinin)和激勃素類(gibberellin-like)等植物荷爾蒙。且含螯合化合物可增加植物對土壤中微量元素的使用效率。

施用海藻肥可增加許多作物種子的發芽率、根長、產量與耐寒等特性(Verkleij 1992)。事實上從17世紀至20世紀初期，海藻肥已廣泛應用在英國沿海地區以保持土壤的生產力(Wells *et al.*, 2003)。

2-4.3 腐植酸

腐植酸是一種由土壤中的有機質經過微生物分解後，所形成的高分子量的有機化合物，目前商用產品主要是由褐煤、風化煤、泥炭等加工生產而成。腐植酸具有：刺激植物的生長發育、改良土壤的化學性質及改善土壤的物理性質等三大主要功能。

在草坪草與觀賞植物上，添加海藻肥與腐植酸主要是為了獲取生長激素，是當成生物激素的主要成分。腐植酸具有植物生長激素類(Auxin)與細胞分裂素

類(cytokinin-like)的植物生長荷爾蒙(Cacco and Dellagnola, 1984; Clapp *et al.*, 1998; Nardi *et al.*, 1994), 海藻肥中則含細胞分裂素和植物生長激素也已被證實與定量(Sanderson *et al.*, 1987; Tay *et al.*, 1985)。這些天然有機物(海藻肥與腐植酸)也已被證實能提昇草坪草對於非生物性緊迫的抗性(Coelho *et al.*, 1997; Nabati *et al.*, 1994; Zhang *et al.*, 2003), 並可延緩老化、增進草坪的品質(Zhang and Schmidt, 2000)。

在使用海藻肥與腐植酸對匍匐翦股穎葉面噴施對其耐旱性研究(Zhang and Ervin, 2004)顯示, 乾旱試驗中草坪品質與光化學效率開始下降, 對照組在第 14 天開始枯萎, 而添加海藻肥與腐植酸的匍匐翦股穎處理組則延緩至第 21 天才枯萎。添加海藻肥與腐植酸的匍匐翦股穎處理組與對照組比較, 根的生質量增加 21~68%, foliar-tocopherol 和 ZR 各增加 110%、38%。證明外加含有細胞分裂素的天然有機物能促進植物體內內生性細胞分裂素的分泌, 因而增進匍匐翦股穎的耐旱能力。

2-4.4 木醋液(Pyraetic acid)

木醋液是製造木炭過程中的副產品, 它含有 200 多種化學物質, 主要是有機酸、酚類、醇類和酮類等物質。具有改善土壤品質、防治病蟲害、促進植物的生長, 植物生長調節劑或抑制劑等功能(Steiner *et al.*, 2008)。增進作物根部與葉片的活力, 減緩老化, 降低果實酸度, 延長果實貯藏時間, 提高風味。防治土壤與葉片上一些病蟲害, 促進土壤有益微生物的繁殖(Shirakawa and Fukazawa, 1999; 王海英 *et al.*, 2004; 史詠竹 and 杜相革, 2003)。

木醋液在農業生產上的應用主要有兩種形式, 一種是稀釋後直接葉面噴施, 另一種是與木炭粉按一定比例混合成為炭醋粉, 施於土壤。

2-4.5 糖蜜(Molasses)

糖蜜是製糖工業中的一種副產物, 含有大量的有機及無機物質。在有機農業中糖蜜可以作為碳源, 透過施用在土壤, 提供土壤微生物生長所需能量, 大量增生土壤中的微生物族群。藉由微生物族群的增殖, 可以加速分解土壤中的

有機質，在草坪管理中，常發生的枯草層(thatch layer)累積，可以透過微生物的增殖加速轉換成為草甸層(mat)，使草坪結構更健康。(Willis *et al.*, 2006)



第三章、材料與方法

3-1 草坪草球場現場評估試驗

3-1.1 參試品種

本研究所擬探討氣候變遷下，過渡氣候區夏季極端高溫時草坪草的影響，由三家美國種子公司依據其經驗，分別依其建議並提供最適合中國華東過渡型氣候區生長的果嶺用翦股穎品種共 15 個品系，如表一：

表一、翦股穎參試品系及提供的來源

來源	品種名稱	編號*
Barenbrug seed company	Bengal	10, 16
	Barregent	6, 28
Seed Research of Oregon	SR1120	14, 24
	SR1019	1, 17
	SR1020	5, 27
	SR1119	3, 22
	SR1150	4, 18
	MacKenzie	12, 25
	Tyee	8, 19
Scotts/Simplot seed company	Sandhill	15, 29
	Alpha	11, 21
	L93	7, 20
	Putter	13, 23
	Southshore	2, 26
	T1	9, 30

*15 個品種依兩重複經隨機下所得的兩個代號

3-1.2 試區規劃與管理

試驗在中國華東地區的江蘇省昆山市(S1)、南京市(S2)、上海市青浦區

(S3)、江蘇省蘇州市(S4) 四個地區，分別設置草種實驗場地，每個球場設置的草坪草試驗面積為 300 平方公尺，四個球場共計試驗區面積 1200 平方公尺。每一個品系的種植面積為 10 平方公尺(2 公尺寬乘以 5 公尺長)，每一個品系種植兩重複。

於 2008 年五月的第一週將試驗場地依美國高爾夫球協會(USGA,United State of Golf Association)果嶺規格鋪設完成後，即進行播種，播種率為 7.5 公克/平方公尺，播種後輔以噴灑澆水系統提供適量的水分，在草坪建坪期間總施用氮素量為 7.8 公克/平方公尺，分別以 N-P-K 5-2-5 與 13-2-10 海藻有機質肥料供應 25%及 75%的氮元素，割刈等管理比照常規的果嶺管理操作。每週割草兩次，割刈高度設定底刀高度 1 公分。

3-1.3 資料收集與調查

八月份草坪完成建坪後，即開始進行試樣的採集與調查紀錄。方法如下，每一參試品系分別利用內徑 11/16 英寸，長度 30 公分的圓孔土壤取樣器，進行取樣，由土壤取樣器抽取所得的草塊土條，觀測根的長度及取樣所得草塊土條內，包含地上部的生質量。取樣周期為 7 天一次，取樣深度為 15 公分，將土條黏附的砂土介質小心抖落，量取根長後，拍照紀錄，然後以清水漂洗根部，儘量去除土壤等非草坪植體組織後，以吸水紙吸乾表面水分，裝入紙質信封袋，送入 80°C 烘箱，烘乾 24 小時後；秤取乾重至小數點三位數。

3-1.4 草坪品質視覺評估

於 2009 年 5 月 12 日，由四個參與試驗的球場養護部經理與助理共 20 人，參與評估四個球場的試驗果嶺草坪。評估項目包括視覺評估與球速測量，進行評估前兩個月起，逐次調降割刈高度到 3.5 公厘，評估前先行割刈然後才評估。視覺評估項目包括色澤、平整度及密度分別為 1~9 分級距，最差者給 1 分，最佳者給 9 分。球速測量則以果嶺球速測速器，依國際通用標準以英尺為單位，以球滾動距離為其球速，重複測量三次，取平均值。

3-2 有機資材球場現場試驗

在降低化學性農藥肥料等資材的使用，轉用有機資材方面的研究，有數種可供選購的有機資材可以用於草坪，但其用量與用法則有待探討，以符合效果與成本的考量。本研究選用了蚯蚓糞肥、液態海藻抽出液及木醋液共三種在農業上經常被利用，可以促進根圈發育的有機資材。蚯蚓糞肥屬於固態有機肥料，屬於根圈改良劑，具有提升土壤益生性微生物活力，進行系統管理的效用。液態海藻抽出物屬於液態有機肥料，具有根圈改良與土壤益生性微生物活力提升的效用。木醋液則為液態有機性多功能防病蟲害資材，同時也可以改善根圈化學性質，調整土壤微生物相與活力的提升。

利用前述已建坪完成的果嶺草種評估試驗場，依原先設定的 2 公尺乘 5 公尺草種試驗區進行試驗，每一塊草種試區內，再均分成八種處理組合，也就是要有 2 公尺乘 0.6 公尺的面積為一個試區單位，分別將上述三種有機資材，以單劑，雙劑及三劑組合成七種有機資材處理組合，另包含一個空白對照組，共八種處理組合，每一試區單位施用一種處理組合。

3-2.1 試驗材料用量

試驗材料用量與用法：本研究為了要探討上述蚯蚓糞肥、海藻抽取液及木醋液等三種有機性輔助資材的效用，對於常態性草坪所需的肥料則是透過固態海藻肥提供。所有的試區都利用固態海藻肥提供基礎氮、磷、鉀三要素的供應，除空白試區外，其餘各試區分別依下列所述用法用量施用各種輔助資材。

1. 固態海藻肥：以 3.9 公克氮素/平方公尺/月提供草坪每月基礎氮肥需求，分別以 N-P-K 5-2-5 配比的固態海藻肥 19.5 公克/平方公尺/月與 N-P-K 13-2-10 配比的固態海藻肥 22.5 公克/平方公尺/月提供。N-P-K 5-2-5 每月施用一次，於試驗開始的第一天開始施用，N-P-K 13-2-10 每月分兩次施用，每次間隔兩周，每次施用 11.25 公克/平方公尺。
2. 蚯蚓糞肥：以 10 公克/平方公尺的用量每月施用一次，於每月第二周施用。

3. 液態海藻抽出液：以 0.7 毫升/平方公尺的用量，以清水稀釋 300 倍，每週施用一次。
4. 木醋液：以 1 毫升/平方公尺的用量，以清水稀釋 300 倍，每週施用一次。

3-2.2 施用方式

1. 固態海藻肥：以直落式播種機(Scott Accu Green2000 spreader)均勻施用在試區表面。
2. 蚯蚓糞肥：施用前，先將試驗區(涵括所有處理組合)全面以裝配 1/8 英寸實心孔的果嶺打洞機，打洞 10 公分深，然後在施用蚯蚓糞肥的處理區，以直落式播種機(Scott Accu Green2000 spreader)施用蚯蚓糞肥，再用人工以掃把將蚯蚓糞肥儘量撥入打洞的孔中，之後全面以果嶺鋪沙機鋪設 2mm 厚的沙。
3. 液態海藻營養液：接續上述操作，試區全面以噴灑系統灑水，讓鋪上去的沙充分潮濕後，再以人工背負式噴藥桶噴施。
4. 木醋液：接續上述第 2 點操作，試區全面以噴灑系統灑水，讓鋪上去的沙充分潮濕後，再以人工背負式噴藥桶噴施。

為避免干擾根圈微生物，除非有病斑發生，在試驗期間暫停殺菌劑使用。

3-2.3 資料收集與調查

於第一週施用有機輔助資材後，自第二週開始，即開始進行資料樣品的採集與調查紀錄。方法如下：每一參試品系分別利用內徑 11/16 英寸，長度 30 公分的圓孔土壤取樣器，進行取樣，由土壤取樣器抽取所得的草塊土條，觀測根的長度及取樣所得土條內，包含地上部的生質量。取樣周期為 7 天一次，取樣深度為 15 公分，將土條黏附的砂土介質小心抖落，量取根長後，拍照紀錄，然後以清水漂洗根部，儘量去除土壤等非草坪植體組織後，以吸水紙吸乾表面水分，裝入紙質信封袋，送入 80°C 烘箱，烘乾 24 小時後；秤取乾重至小數點三位數。

3-3 人工控制氣候室試驗

溫度光照等自然條件對植物的生育有決定性的影響，對草坪草種的適應性及生存發育也有著相同的影響，在球場等天然環境下，草坪草的生育反應會因溫度變化，包含最高最低氣溫、土溫及日夜溫差而有不同反應，這部份的效應不容易觀測，因此本研究利用人工氣候室所提供的環境因子控制溫室，進行觀測參試品系的反應。

3-3.1 參試品種及試驗材料準備

參試品種同樣為由前述三家美國種子供應商所提供的15個果嶺用匍匐翦股穎草種，種植在內徑 75.9 公厘，管壁厚度為 6.74 公厘，高度 30 公分的透明 PVC 管，PVC 管底部先以一層濾綿，再外覆一層紗網，然後用束帶綁緊以避免介質流失，填入介質為粒徑 1~2 公厘的細沙，混合 5% 泥炭土 (peat moss) 調製而成，介質填裝至 PVC 管八分滿處。

先將種子按每一管所需要的量稱好(播種量為 7.5 公克/平方公尺)，每個品種六重複，然後將稱好的種子混入一小匙約 10 公克的砂之後，均勻地以手撒播在 PVC 管表面，最後再覆上一層 1 公分厚的砂。PVC 管底部浸入水桶中約 10 公分，使其利用虹吸現象將水吸上來，達到介質全體溼潤的狀態。置於台灣大學人工控制氣候室，日/夜溫為 15/13°C 各 12 小時的溫控自然光照室，待其發芽。期間以細霧狀噴霧器補充水分。約一星期後開始陸續發芽，發芽後，在第一本葉長出後，即以 3.9 公克氮素/平方公尺/月的用量，以液態肥(N-P-K 35-5-10，water soluble fertilizer，Plant-Prod®)，稀釋 2000 倍，利用與 PVC 管口相同面積的擴散盤，倒入 40 毫升的液態肥稀釋液，以避免水滴濺撒將種子及幼苗沖刷移位而受損。8 週後草坪建坪完成後，改用固態肥料(15-20-(3)，Green-keeper，Azolon®)，維持 3.9 公克氮素/平方公尺/月的用量，每管施用 0.018 公克於草坪表面，施肥以後，以水澆撒使顆粒落入植冠下。

3-3.2 有機輔助資材反應試驗

種子發芽建坪完成的參試材料，仍令其維持在 15/13°C 的自然光照玻璃溫室內，利用有機輔助資材糖蜜、腐植酸及氨基酸輔助資材(Nutragreen, HonKong SAR 製造, 3.53%N, 0.01%P, 0.003%K, 20%Fatty acid), 配合固態化學肥料(15-20-(3) Greenkeeper, Azolon) 以 3.9 公克氮素/平方公尺/月, 每週施用一次, 糖蜜用量為 1.6 公克/平方公尺、Nutragreen 1 毫升/平方公尺、腐植酸 0.5 毫升/平方公尺, 剪草高度為 1 公分, 每一星期剪草一次, 收取草屑、稱鮮重紀錄之, 再經由 24 小時烘乾後、稱重並紀錄其乾重, 連續進行 20 週。

3-3.3 高溫生長反應試驗

2009 年一月底將前述草坪草材料, 移出 15/13°C 溫控的自然光照室, 置於露天場所, 氣溫在 20°C 左右, 以人工補充水分並維持以固態肥料施肥, 用肥量同上。三月全體(即六重複、三個處理)移入人工光照溫控室, 進行溫度對生長的影響, 仿照中國華東地區梅雨季節前後氣溫及日夜溫差變化模式, 進行由低溫—中溫—高溫季節性升溫變化的處理, 其中日夜溫差分別設定為低溫(日 22°C/夜 18°C), 中溫(25/18°C)及高溫(35/22°C), 日高溫時數分別為低溫處理 8 小時, 中溫處理 8 小時, 高溫處理為 6 小時, 另外再搭配季節溫度變化, 調整光照時間, 分別為低溫處理光照 12 小時, 中溫及高溫處理光照 14 小時, 詳細組合如表二, 人工照明的光強度設定在 30,000 流明(lux), 照明電源開啟後, 30 分鐘可以達到設定的光強度。

表二、人工光照與溫控室的日夜溫度與時間處理組合。本處理組合是模擬中國華東地區梅雨季節的日夜高溫度與溫差，同時也配合日出的時間調整日照的時數。

3月2日~3月8日			
22 °C	08:00~16:00	18 °C	16:00~08:00
Light	06:00~18:00	Dark	18:00~06:00
3月9日~3月29日			
25 °C	08:00~16:00	18 °C	16:00~08:00
Light	05:00~19:00	Dark	19:00~05:00
3月30日~4月30日			
35 °C	09:00~15:00	22 °C	15:00~09:00
Light	05:00~19:00	Dark	19:00~05:00

期間3月2日~3月8日為馴化期，因為草種剛由露天環境移入人工控制室，溫度與光照強度都須要讓草種適應，因此雖維持剪草與施肥等管理措施，但草屑量不計入分析。此一階段所採行的溫度處理是模擬華東地區梅雨季節前的溫度22/18°C，之後開始25/18°C處理三個星期，這個溫度是模擬梅雨季節間的溫度，35/22°C則是模擬在華東地區梅雨季節後，氣溫快速上升，進行高溫四個星期溫度光照組合測試。有機輔助資材則依前述處理施行，以評估這類輔助資材與溫度處理之間的關係。

剪草高度為1公分，每一星期剪草一次，收取草屑、稱鮮重紀錄之，再經由80°C、24小時烘乾後、稱重並紀錄其乾重。

3-4 資料分析

本研究所進行各項試驗收集所得的各項數據資料，依試驗項目與處理組合分別進行分析，分析方式主要利用變方分析法，分析各處理的主效應與交感效應。本部份分析利用統計分析程式語言 R(R Development Core Team, 2008)撰寫程式進行資料分析。由於本研究所選用的參試品系達15個，試驗地點有4個，

對於交感效應的處理，為求能兼顧並陳與主效應之間的關係，利用 biplot 統計分析方法(Sokol, 2007)進行運算並製圖，以顯現並討論主效應與交感效應之間的關係。



第四章、球場現場試驗結果與討論

4-1 試驗資料收集與結果分析

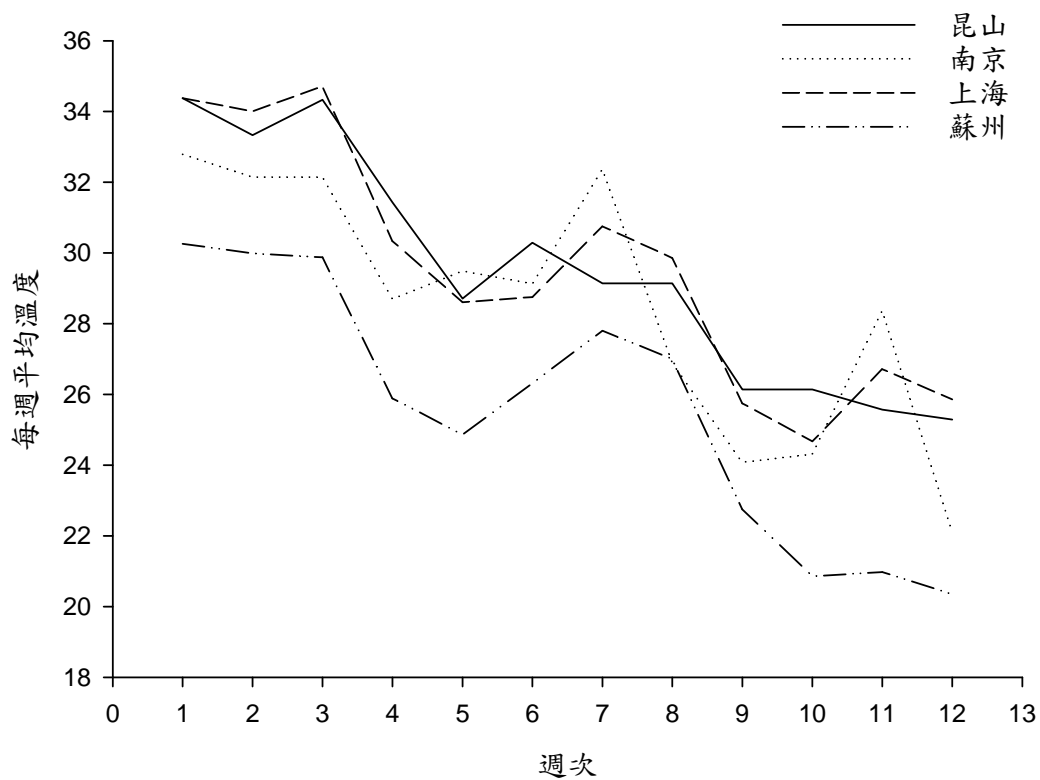
4-1.1 樣品採集與資料收集狀況

本研究試驗項目可以分成球場現場試驗及人工氣候室試驗兩大部份，在球場現場部分，總共在四個球場(上海市青浦區、江蘇省昆山市、蘇州市以及南京市等四個標準高爾夫球場)，各項試驗進行時間為 2008 年 5 月的第一個星期至 2008 年 10 月底結束，其中 2008 年 5 月初至 7 月底為草坪建坪期(turf establishment stage)，由 8 月 1 日起開始進行試驗處理。處理項目包括草坪草種生長反應與有機資材試驗兩部份，其中有機資材試驗部分，分別使用蚯蚓糞肥、液態海藻抽出液及木醋液等三種有機輔助資材進行為期 12 週的處理，每個有機資材處理試區分別於每週進行取樣，四個球場分別設置 30 個草種試區，每個草種試區內分割有八個有機資材處理試區，總計需取樣 11,520 個樣品，其中有缺值 668 個樣品，均出現在昆山球場，因當時在播種後種子發芽階段，昆山球場遇到豪雨，試驗區的邊緣有部分種子被沖失。12 週的資料中，第一週的數據，因為取樣人員尚未熟悉生質質量取樣樣品的處理，取得的數據因為地下部砂子沒有清洗乾淨，造成各地區樣品的差異很大，所以在本論文的討論中，並未將之計入。

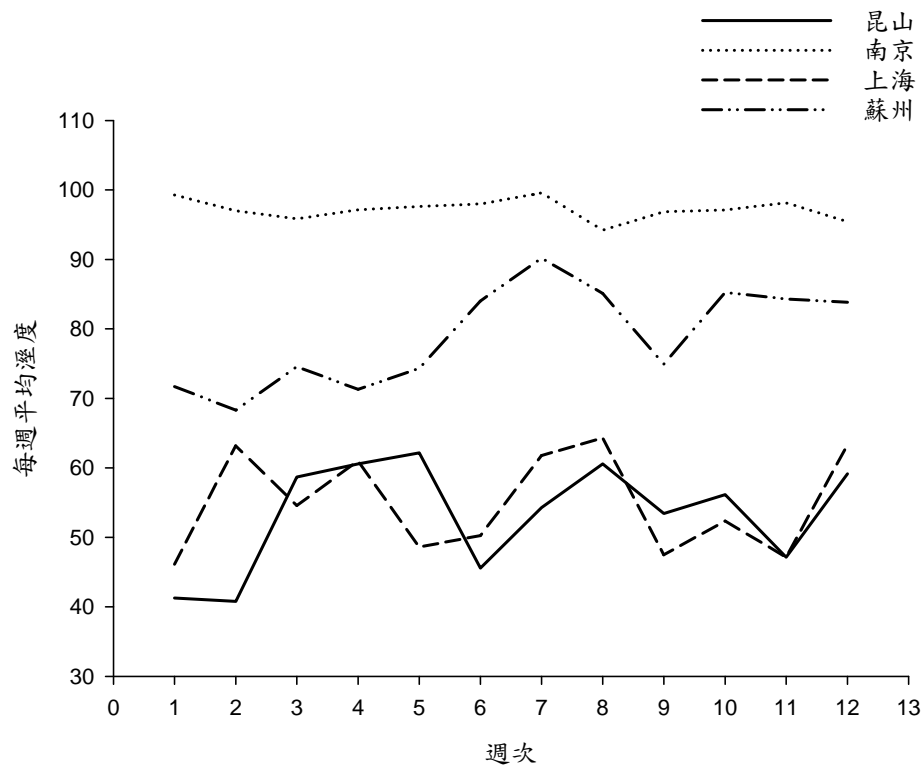
由於草坪草生長受溫度與大氣濕度的影響甚鉅，而且各試驗場地之間的差異，也有可能對草種的生長產生不同的影響而有不同的反應。因此，收集並整理了四個參試球場在試驗期間相關的氣象資料，依週別取各週平均氣溫與平均大氣濕度，如表三與圖三、圖四。

表三、各參試球場在試驗期間(2008/8/1-2008/10/25)各週次的平均氣溫與平均濕度。

週次	昆山		南京		上海		蘇州	
	大氣濕度%	氣溫°C	大氣濕度%	氣溫°C	大氣濕度%	氣溫°C	大氣濕度%	氣溫°C
1	41	34	99	33	46	34	72	30
2	41	33	97	32	63	34	68	30
3	59	34	96	32	55	35	75	30
4	61	31	97	29	61	30	71	26
5	62	29	98	29	49	29	74	25
6	46	30	98	29	50	29	84	26
7	54	29	100	32	62	31	90	28
8	61	29	94	27	64	30	85	27
9	53	26	97	24	48	26	75	23
10	56	26	97	24	52	25	85	21
11	47	26	98	28	47	27	84	21
12	59	25	95	22	63	26	84	20



圖三、各參試球場在試驗期間(2008/8/1-2008/10/25)各週次的平均氣溫。



圖四、各參試球場在試驗期間(2008/8/1-2008/10/25)各週次的平均濕度。

由圖三中，顯示昆山、上海兩地的氣溫最高(最熱)，南京則在九月、十月的氣溫起伏變化很大，蘇州溫度則是四個球場中氣溫最低的，整個試驗期間氣溫的變化由熱轉涼，呈現季節夏至秋的氣溫變換。圖四則顯示大氣的溼度則是南京最高(95~99%)，蘇州次之(72~84%)，上海(46~63%)、昆山最低(41~59%)，試驗期間四個球場溼度的變化不大(各場地內的 CV 值小於 14%)。

4-1.2 草坪草種品種間，生質量與根系特性調查結果

4-1.2.1 球場現場處理與生長反應

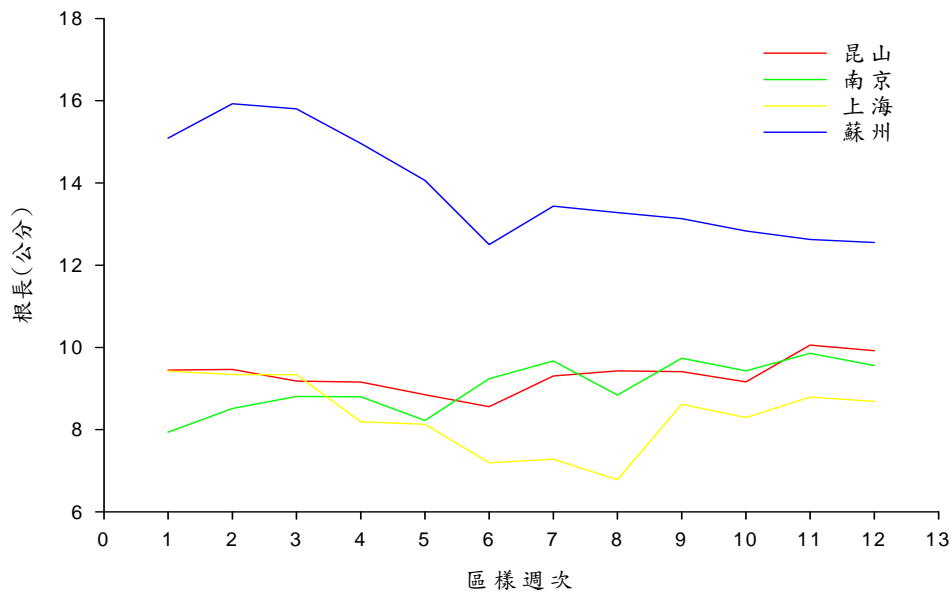
本研究所採用的草坪草品種(表一)，分別來自三家種子公司，Barenbrug 種子公司提供了兩個品種，Seed Research of Oregon 公司提供了八個品種，Scotts/Simplot 種子公司則提供了五個品種，經由 2008/5-2008/7 共三個月的草坪建坪期，各參試草種試區草坪的覆蓋率都達到 99%以上，遂於 2008/8 月開

始，每週採取土條樣品，經紀錄根系長度與土條樣品所得草坪地上與地下部植物的生質量，按每週的樣品，將四個球場的根系長度製圖，如表四與圖五，四個球場的的生質量製圖，如表五與圖六。由圖五中可以發現，蘇州失去根長平均值最長，可以達到 14 公分(表四)，昆山次之，南京第三，上海為 8.2 公分最短，所有處理草坪根長最大值 27 公分，在蘇州，最小值 1 公分，同時出現在南京與上海試區，根長 C.V.值蘇州最小(26.2%)，上海最大(35.9%)。

表四、各參試球場根系長度比較。本資料將各球場內的所有觀測樣品值合併後，進行比較敘述。

根長 (公分)	昆山	南京	上海	蘇州	全部資料
平均值	9.5	8.8	8.2	14.0	10.1
最大值	17.0	18.0	17.0	27.0	27.0
最小值	2.0	1.0	1.0	4.0	1.0
標準差	2.8	2.4	3.0	3.7	3.8
C.V. (%)	29.3	27.4	35.9	26.2	37.4

由圖五中可以發現，四個球場的根系隨著季節根系長度變化，蘇州球場根長先急劇變短，至第六週後停止下降，開始恢復然後趨向平穩，昆山則平穩中微微向上，南京變動中微微向上，上海則緩緩下降至第 8 周最低後開始逐漸回升，第 9 週以後，四球場平均根長較開始時差距變小。



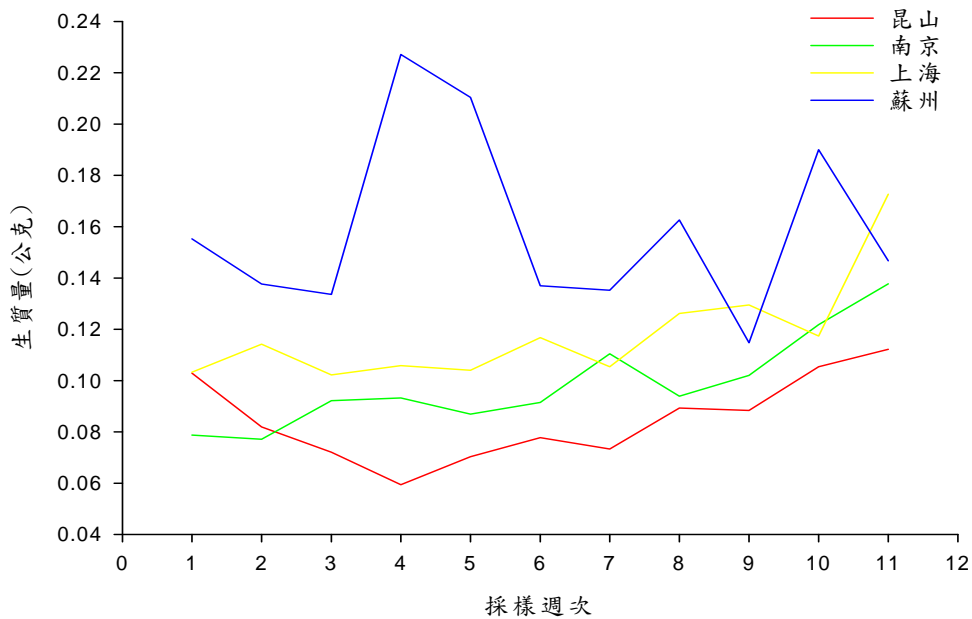
圖五、各參試球場試驗期間根長平均值變化圖

四個參試球場生質量平均值，以蘇州球場 0.158 公克為最大，上海 0.116 公克次之，接著南京與昆山，生質量最小值在昆山(0.011 公克)，最大值在蘇州(0.606 公克)，C.V.值上海最小(35.7%)，蘇州最大(42.2%)。

表五、各參試球場草坪草樣品生質量的比較。

生質量(公克)\地區	昆山	南京	上海	蘇州	全部資料
平均值	0.080	0.090	0.116	0.158	0.112
最大值	0.254	0.261	0.380	0.606	0.606
最小值	0.011	0.025	0.037	0.035	0.011
標準差	0.030	0.033	0.041	0.067	0.054
C.V. (%)	37.6	36.5	35.7	42.2	48.7

由圖六中，顯示蘇州試驗區生質量平均值雖然最大但變異也最大，上海、南京、昆山試驗區生質量平均值平穩中向上，昆山為四個參試球場中生質量平均值最小。

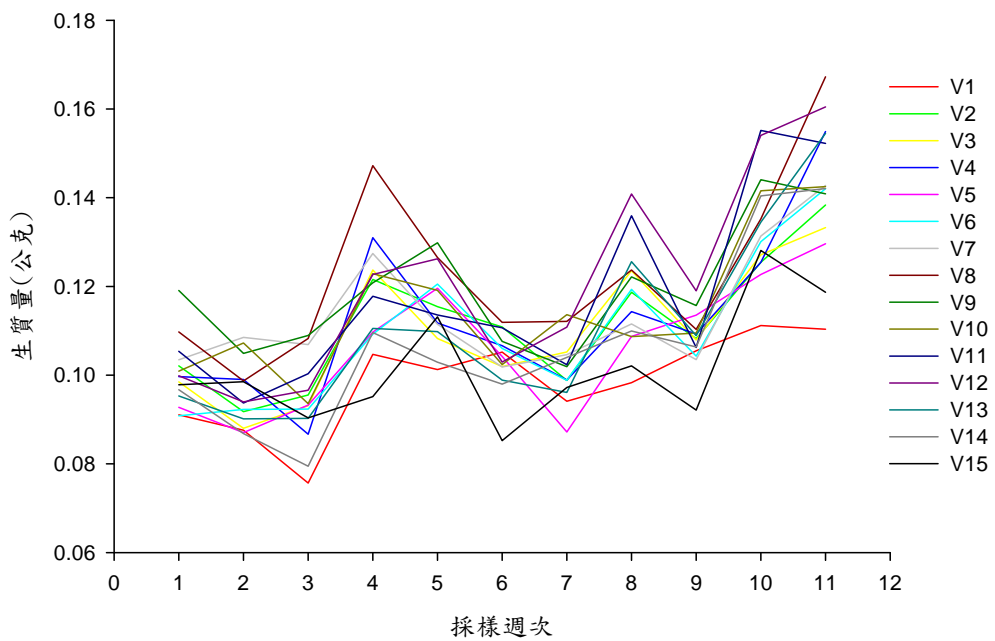


圖六、各參試球場試驗期間各週次生質量平均值變化圖。

將各品種在各試驗場地的取樣樣品實測值合併比較，如表六，以品種而言，各取樣樣品的生質量總平均值為 0.112 公克，品種 8 的生質量平均值最大，為 0.123 公克，品種 1 生質量平均值最小，為 0.099 公克。各樣品取樣的實測值中，最小值出現在品種 5(0.011 公克)，最大值則出現在品種 9(0.606 公克)，品種 8 的 C.V.值最大，達到 53.5%，品種 3 的 C.V.值最小，為 40.6%。總的而言，參試品種試驗期間生質量平均值變化趨勢為向上，如圖七所示。

表六、各參試品種的生質量比較

品種	平均值 (公克)	最大值	最小值	標準差	C.V.(%)
1	0.099	0.373	0.013	0.043	43.5
2	0.112	0.462	0.025	0.055	49.3
3	0.110	0.339	0.022	0.045	40.6
4	0.112	0.488	0.013	0.056	50.1
5	0.106	0.372	0.011	0.053	49.5
6	0.110	0.418	0.023	0.054	49.5
7	0.114	0.514	0.024	0.059	51.4
8	0.123	0.415	0.015	0.066	53.5
9	0.120	0.606	0.023	0.063	52.4
10	0.115	0.445	0.019	0.054	46.9
11	0.118	0.381	0.023	0.054	46.2
12	0.121	0.487	0.025	0.058	48.2
13	0.110	0.388	0.024	0.051	45.8
14	0.107	0.339	0.015	0.051	47.6
15	0.102	0.391	0.012	0.046	45.1
總平均	0.112	0.606	0.011	0.054	48.7

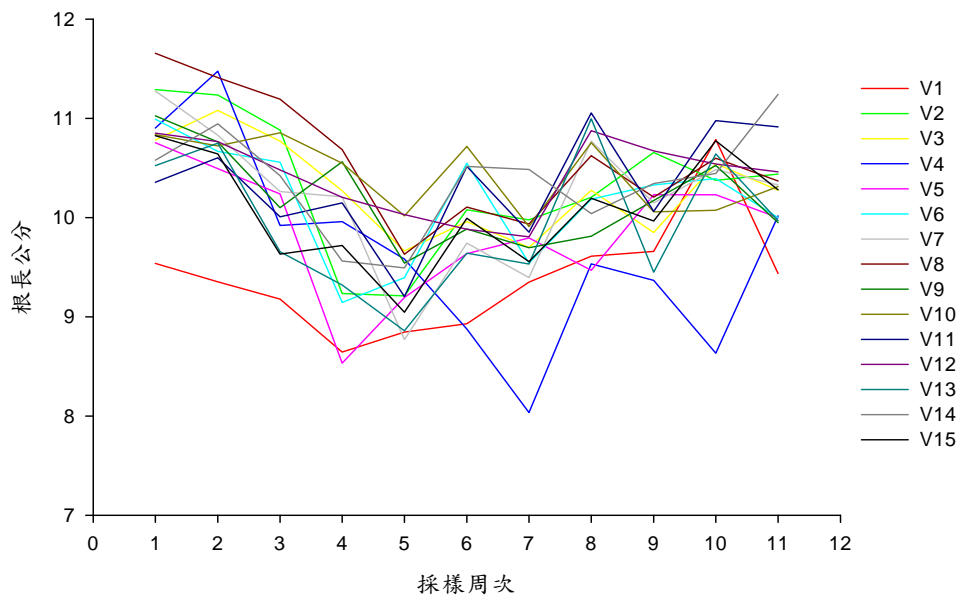


圖七、各參試品種試驗期間生質量平均值變化圖。

在樣品生質量的變化上，各品種呈現隨處理週次逐步增加的趨勢，至於各品系在根長部分的生長反應，則整理如表七與圖八。所有參試品系在四個場地的所有樣品觀測值中，根長的總平均值為 10.1 公分，根長平均值最大為品種 8(10.6 公分)，根長平均值最小為品種 1(9.4 公分)，根長的最小值出現在品種 7 與 10(1 公分)，最大值則出現在品種 2 與 11(27 公分)，品種 5 的 C.V.值最大(41.1%)，品種 3 的 C.V.值最小(34.1%)。總的來看，各參試品種試驗期間根長的變化趨勢，是由開始試驗時先下降，於第五、第六週時達到最低點，然後轉折向上。

表七、各參試品種的根長比較

品種	平均值 (公分)	最大值	最小值	標準差	C.V.(%)
1	9.4	20.0	2.0	3.3	35.6
2	10.3	27.0	3.0	3.9	37.8
3	10.3	21.0	2.0	3.5	34.1
4	9.7	26.0	2.0	3.9	39.9
5	9.9	25.0	2.0	4.1	41.1
6	10.2	22.0	3.0	3.6	35.6
7	10.2	22.0	1.0	3.7	35.9
8	10.6	23.0	3.0	3.7	34.8
9	10.2	22.0	2.0	3.7	36.2
10	10.4	26.0	1.0	3.6	34.8
11	10.3	27.0	2.0	4.2	40.2
12	10.4	22.0	2.0	3.9	37.4
13	9.9	22.0	2.0	3.9	38.9
14	10.4	22.0	2.0	4.0	38.5
15	10.1	22.0	2.0	3.8	37.7
總平均	10.1	27.0	1.0	3.8	37.4



圖八、各參試品種根長於試驗期間的變化。

4-2 參試品種與地區效應

4-2.1 區域試驗品種選拔

本試驗利用分布於中國華東地區的四個標準高爾夫球場，進行 15 個翦股穎品種的比較試驗，經由建坪期，參試草種草坪的附蓋率達到 99% 以上，開始進行取樣試驗 12 周，試驗區域中分割成八小塊，併入有機資材處理。將所有的有機資材處理的試區資料，合併進行變方分析，結果如表八。

表八、四個高爾夫球場進行 15 個品種配合三種有機資材進行現場試驗的變方分析。

Source of variation	df	生質量(MS)	根長(MS)
品種(V)	14	0.00283***	6.4***
地點(S)	3	0.28761***	1689.8***
有機資材(F)	7	0.00035	5.9*
交互項目 n			
品種與地區的交互 V×S	42	0.00124***	6.3***
品種與肥料的交互 V×F	98	0.00014	1.3
地區與肥料的交互 S×F	21	0.00026	1.6
品種地區肥料間交互 V×S×F	294	0.00012	1.2
Residuals	466	0.00032	2.2

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

由表八的結果顯示，參試的 15 個品種在生質量($p < 2.2e-16$)與根長($p < 0.0003636$)兩個特徵，都具有極顯著的品種效應，代表品種在本試驗的場地與處理條件下，顯現出明顯的差別。地點的主效應在生質量($p < 2.2e-16$)與根長($p < 2.2e-16$)兩個特徵，也達到極顯著的差異，顯示地點間的差異也非常明顯。有機資材處理的效應方面，只有根長($p = 0.0112084$)觀察到顯著的差異，但是對參試草種的生質量($p = 0.3585$)則無明顯的作用。在交互效應方面，只有品種與地點的交互效應達到顯著，F 統計值分別為生質量 $p = 2.396e-13$ ，根長 $p = 7.333e-08$ ，其他交互項目則不顯著。

由於參試品系達到 15 個，同時試驗場地數目有四個，在有交互的狀況下，可以利用 BiPlot 的統計分析方法，合併主效應與交互效應的資訊，協助判定品種間的差異。

首先對根長性狀進行 BiPlot 分析：

我們將根長的統計模式寫成下列型式

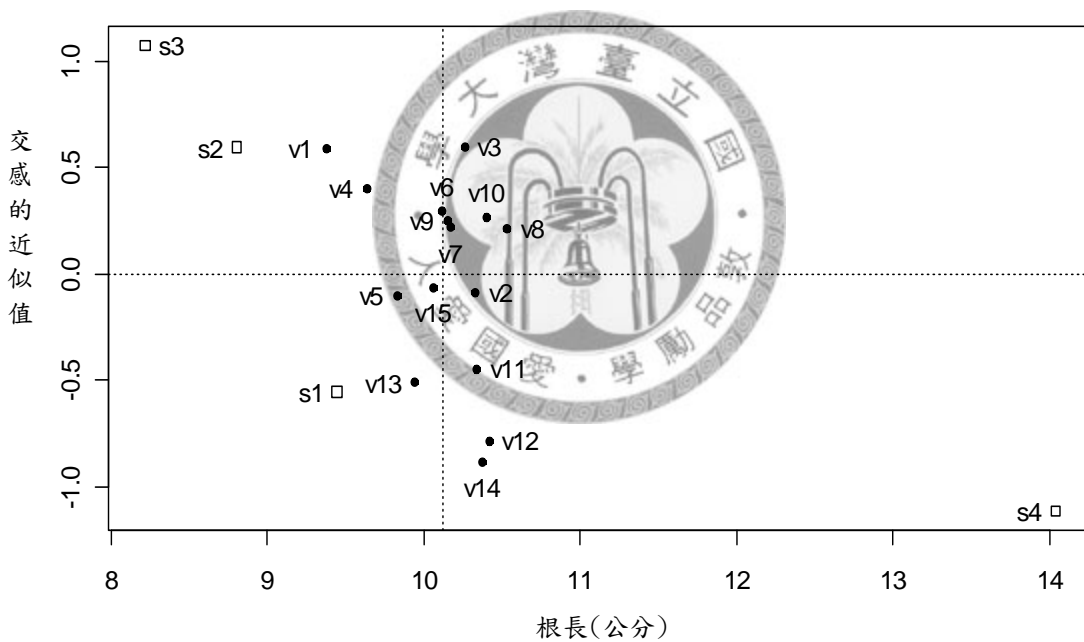
$$\begin{aligned}
 y_{ij} &= \mu + v_i + s_j + (vs)_{ij} + \varepsilon_{ij} \\
 &= \mu + v_i + s_j + \sum_k a_{ik} b_{jk} + \varepsilon_{ij} \\
 &\approx \mu + v_i + s_j + a_{i1} b_{j1} + \varepsilon_{ij}
 \end{aligned}$$

縱軸對於品種而言其數值為 a_{i1} ，對地區而言其數值為 b_{j1} ，若是兩者同時為正或是同時為負則交感值大於零

$$a_{i1} b_{j1} = (+) \times (+) > 0$$

$$a_{i1} b_{j1} = (-) \times (-) > 0$$

以 R 統計程式製作程式進行運算，再繪製成 biplot 圖，如圖九。

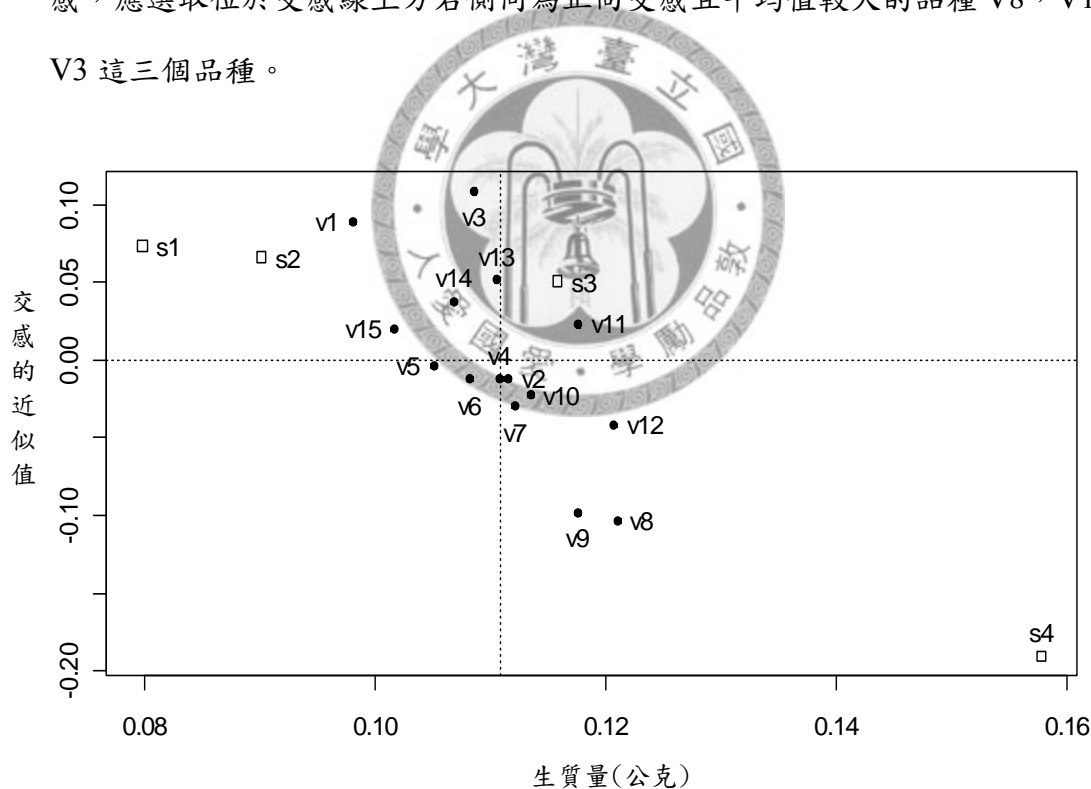


圖九、品種與地區根長的 Biplot(雙軸圖)。合併有機資材處理資料於品種內，進行品種與地區間的效應關係解析。橫軸為根長(rootlength)，縱軸為交感(interaction)的近似值。圖上的四方格 □ 為地區的代號 S1,S2,S3,S4 依次代表昆山、南京、上海、蘇州四地區的球場，黑色實心圓 · 為品種的表示符號 V1~V15 代表參試 15 個品種的試驗代號。

圖九、中垂直於橫軸的虛線是根長的總平均值($\hat{\mu}=10.18$)，在此虛線右方者(□, ·)表示地區或品種根長平均值大於總平均值，在此虛線左方者表示地區或品

種的根長平均值小於總平均值。以地區為例，S4 蘇州試區的根長的平均值(14.15)比總平均值大，出現在圖中虛線的右邊，S1 昆山(9.48),S2 南京(8.69),S3 上海(8.33)根長的平均值都比總平均值小，出現在圖中虛線的左邊。

垂直於縱軸的虛線代表交感效應為零，正向交感在此線上方，負向交感在此線下方。所以在尋求品種與地區的優質組合時，要選取適當的品種與地區組合，使得交感為正值。所以由圖九的根長分析結果，顯示在昆山(S1)，蘇州(S4)兩個地點的資料點位於交感效應線下方，呈現負向交感效應，應選擇交感線下方右側同為負向交感而平均值較大的品種 V12，V14，V11 較能表現其優異性，可以建議在此兩地區選用之；同理南京(S2)，上海(S3)位於交感線上方為正向交感，應選取位於交感線上方右側同為正向交感且平均值較大的品種 V8，V10，V3 這三個品種。



圖十、品種與地區生質量的 Biplot(雙軸圖)。合併有機資材處理資料於品種內，進行品種與地區間的效應關係解析。橫軸為生質量(biomass)，縱軸為交感(interaction)的近似值。圖上的四方格 □ 為地區的代號 S1,S2,S3,S4 依次代表昆山、南京、上海、蘇州四地區的球場，黑色實心圓 ● 為品種的表示符號 V1~V15 代表參試 15 個品種的試驗代號。

同前所述，生質量雙軸圖顯示 S3 上海、S4 蘇州生質量的平均值大於總平均，資料點出現在垂直虛線右邊，S1 昆山、S2 南京生質量的平均值小於總平均，資料點出現在垂直虛線左邊。

若以此生質量雙軸圖(圖十)來選拔品種時，S4 蘇州應選擇圖中右下側品種，平均值較大的品種，V8，V12，V9，S1 昆山、S2 南京、S3 上海應選右上側品種平均值較大之 V11，V13，V3。

由品種與地區組合所分別繪製的生質量與根長的雙軸圖顯示，“地區”的平均值差異很大，在圖九與圖十中，地區的資料點(□)非常分散，幾乎是在雙軸圖的邊緣或對角上，品種(●)間雖有差異，但並不如地區顯著，且大多集中分佈在圖的中央。

4-2.2 現場試驗地點差異性比較

本研究處理項目包括地點，品系與有機輔助資材，經由變方分析(表八)發現有機資材的效應不顯著，因此我們將有機資材的資料不計入，即只採用有機資材處理的對照組(F=0)的數據，也就是沒有有機添加物處理的品種表現。以評估品種與地點間的效應。

表九、品種與地區效應變方分析表。利用球場現場在試驗草坪建坪後，連續進行 12 周取樣，採計後 11 周的根長與生質量資料，進行品種與地區效應的變方分析。

Source of Variation	df	生質量(biomass)	根長(root length)
品種(V)	14	0.000468	0.000462
地區(S)	3	0.028124***	0.026712***
品種與地區交感 V×S	42	0.000174	0.026712
Residuals	52	0.000404	0.000406

* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

由表九的變方分析結果顯示，品種效應在生質量(P=0.3349)與根長(P=0.3509)的表現均不顯著，地區的效應則不論於生質量(P<2e-16 ***)或根長(P<2e-16 ***)

都極為顯著。

顯示雖然四個球場都處在華東區域，但是其試驗結果具有不可替代性，必須要個別進行試驗，獲取個別的結論。由於本次參與試驗的四個場地，在人員的操作訓練與管理機械的條件上，都加以調整以獲得可靠無偏差的資料，因此，我們假設人為因素所導致的差異是不存在的前提下，各地區的微氣候條件就可能是造成球場間差異的原因。由圖三與圖四所顯示各球場在本研究取樣期間溫度與濕度變化差異，明顯可以觀察到球場間的差異，因此以下我們利用各球場的溫度與濕度資料與調查的根長與生質量兩個性狀資料，進行變方分析以了解溫度與濕度因子的效應。將四個球場包含有機資材處理的所有資料，配合各週的平均溫度與濕度作為變積(co-variate)項，利用 SAS 的 GLM 模組進行分析，得到變方分析的結果如表十。

表十、球場氣候因子與品系表現變方分析表。分析各球場試驗場地氣候因子對參試草種的生質量與根長特性的關係。

Source of variation	df	生質量 Biomass	根長 root length
品種(V)	14	13.71***	8.44***
地點(S)	3	902.54***	1830.45***
有機資材(F)	7	1.81	9.07***
交互項目 n			
品種與地區的交互 V×S	42	5.95***	8.11***
品種與肥料的交互 V×F	98	0.69	1.74***
地區與肥料的交互 S×F	21	1.03	2.26
品種地區肥料間交互 V×S×F	294	0.6	1.54***
溫度(T)	1	34.59***	1.88
濕度(M)	1	2.42	12.99***
溫度與濕度交互	1	0.17	0.05

* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

利用表十所進行的變方分析，同時計算溫度與濕度兩個因子分別對根長與生質量的迴歸係數如表十一。

表十一、溫度與濕度對參試品種的效應分析。將參試品種在四個場地的生質量與根長，利用變方分析線性模式，以 SAS GLM 模組計算迴歸係數。

效應	生質量迴歸係數	根長迴歸係數
溫度	-0.0034***	0.0497
濕度	-0.0003	-0.0510***
溫度與濕度交感	0.0000	-0.0001

*** p<0.0001

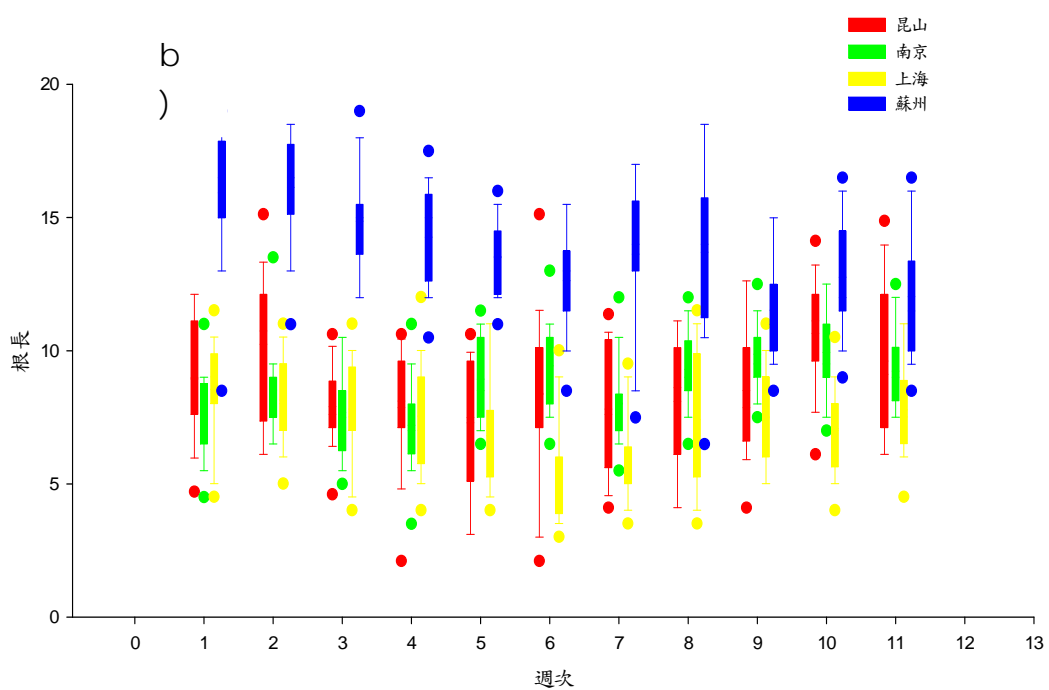
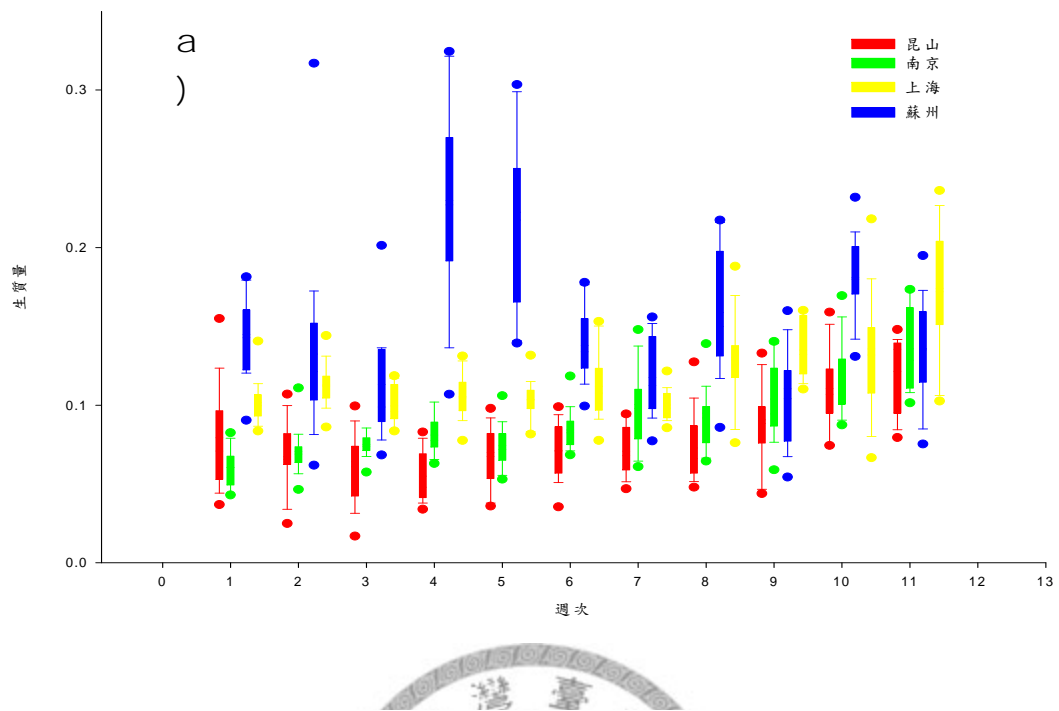
由表十的溫度，濕度以及溫度與濕度交感項的數據顯示，在生質量性狀上，只有溫度達到極顯著(p<0.0001)的效應，而根長特性上，則是濕度效應有極顯著(p=0.0003)的影響。再由表十一估算的迴歸係數結果，可以推論在本試驗進行期間四個球場的溫度與濕度範圍內，根長在濕度高的條件下會縮短，其縮短的比例是每增加一個百分點的大氣濕度，根長會縮短 0.0510 公分。而生質量方面，溫度效應會使得生質量隨著溫度升高而減少，其減少率是每增一攝氏度會減少生質量 0.0034 公克，濕度的個別效應是每增加一個百分點的大氣濕度，可以減少生質量 0.00035 公克。說明在本研究中屬於高溫高濕組合條件下，都不利於生質量性狀，會造成生質量下降。

經由上述的討論，顯示本研究所選用的四個高爾夫球場，其溫度與大氣濕度條件有明顯的差異，這些差異對於參試草種的影響，在根長性狀，濕度因子呈現負向的影響，高濕度的條件下是不利於根的向下生長；生質量則受溫度與濕度的共同影響，呈現負相關的結果，因此本研究所選用的四個參試球場，其溫度濕度組合條件並不相同，因此這四個球場評估的結果是無法相互直接引用，必須分開，依個別球場進行評估。

由表十的品種與地區的交互項，在生質量與根長都達到及顯著的結果，顯示不同的品種在不同的球場其表現會有明顯的差別，造成未來也必須在個別球場分別篩選適合的品種。由表六與表七，各參試品系生質量與根長的平均變異係數分別為 48.7%與 37.4%，可以推知品種間的表現差異很大，再由表十的變方分析結果所顯示球場具有明顯差異的主效應，以及表十一迴歸分析的溫度濕度間的負相關關係，品種在各球場的表現反應也就很耐人尋味。

各個球場以及各次取樣周次的資料上，品種的差別反應程度可以利用盒鬚圖來顯現，因此將四個球場各參試品種，未施用有機輔助資材處理的生質量與根長分別繪製盒鬚圖(box plots, Box-and-Whisker Plots)，如圖十一。





圖十一、四參試地區試驗期間各週次參試品種反應盒鬚圖。將本研究未施用有機輔助資材的處理資料，依取樣週次，繪製生質量性狀如 a) 以及根長性狀如 b)。盒狀方塊為 25% 與 75% 四分值 (quantile) 的區間，盒狀方塊兩端線段為 10% 與 90% 百分值 (percentile)，線段外圓點則為極端值 (outlier)。

由圖十一、可以顯示蘇州球場的環境可以提供各參試品種比較好的生長條

件，產生比較高的生質量與比較長的根長，同時品系間的差異也可以被擴大，顯示蘇州球場的環境是一個對翦股穎草種合宜的環境。南京球場的盒狀方塊長度最短，顯示南京球場的環境，無法讓各品種的差異顯現出來，或許是因為前八週的超過攝氏 30 度以上的高溫與接近 100% 的高濕度組合，讓草種處於惡劣的逆境條件，因為在第九週後，氣溫降至 30 度以下，雖然濕度仍高，但是觀察圖十一第九週以後南京生質量的盒狀區塊，其長度明顯拉長，顯示已有些品種能產生較高的生質量。

4-2.3 有機輔助資材與草種夏季逆境反應

本研究所選用的有機資材都具有改善根圈環境，改善根圈環境後，是否能夠提高根部的活力，讓地上部草坪能在夏季高溫逆境下，仍能有良好的草坪品質，是本研究的目的之一。

由前節(4-2.2)的討論，我們已知球場間草種的反應存在明顯的差異，品種與球場也有交感效應，因此本節就以個別球場為單位，分別討論有機資材與品種間的關係。

本試驗採用的有機資材處理組合分別以蚯蚓糞肥，液態海藻抽出液，木醋液，單劑，雙劑及三劑組合而成，分別以代號表示之。

F0：空白處理，只施用固態海藻肥

F1：施用固態海藻肥+蚯蚓糞肥

F2：施用固態海藻肥+液態海藻抽出液

F3：施用固態海藻肥+木醋液

F4：施用固態海藻肥+蚯蚓糞肥+液態海藻抽出液

F5：施用固態海藻肥+蚯蚓糞肥+木醋液

F6：施用固態海藻肥+液態海藻抽出液+木醋液

F7：施用固態海藻肥+蚯蚓糞肥+液態海藻抽出液+木醋液

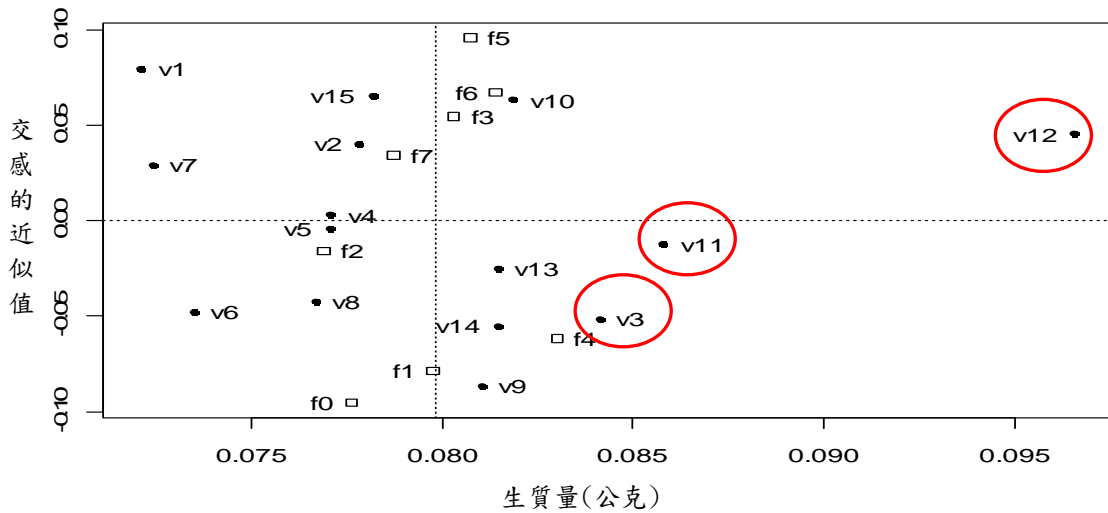
表十二、昆山試驗區品種、有機輔助資材與生質量、根長的變方分析

昆山試驗區	df	生質量	根長
品種	14	0.00600 ***	55.2***
有機輔助資材	7	0.00126	27.8***
品種與有機資材的交感	98	0.00076	9.3*

* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

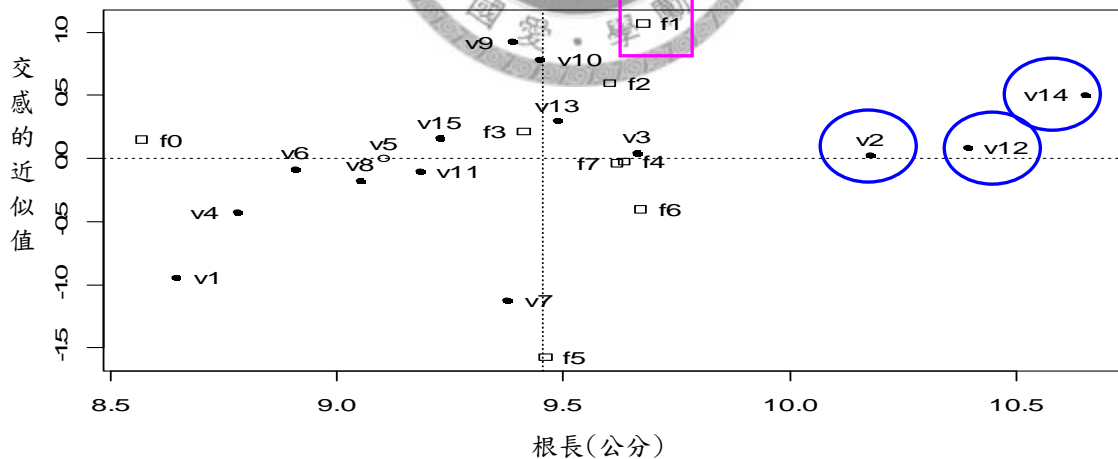
昆山區試驗資料顯示品種主效應於生質量($P<8.5e-14$ ***)和根長($P<8.25e-16$ ***)兩性狀均具有顯著的差異，有機輔助資材的效應則只有在根長顯著($P<0.0003876$ ***)，在生質量不顯著。品種與有機輔助資材間的交感效應於根長顯著($P<0.0367081$ *)，於生質量則不顯著。

由於參試品種數量多達 15 種，有機資材的處理組合多達 8 種，因此分別利用根長與生質量的雙軸圖先選出生質量和根長前三名的品種列出，配合變方分析結果，如果有顯著效應者，就繼續再選出與品種有同向交感的最有效組合的有機輔助資材。



圖十二、昆山試驗區品種、有機輔助資材與生質量雙軸圖。橫軸為生質量，縱軸為交感(interaction)的近似值。圖上的四方格 □ 為有機輔助資材處理組合的代號 F0~F7，黑色實心圓 為品種的表示符號 V1~V15 代表參試 15 個品種的試驗代號。

由圖十二顯示昆山地區生質量表現最優異的品種依次為 V12，V11，V3。由於有機添加物的效應在生質量為不顯著(表十二)，無法判定優劣，所以不選。



圖十三、昆山試驗區品種、有機輔助資材與根長雙軸圖。橫軸為根長，縱軸為交感(interaction)的近似值。圖上的四方格 □ 為有機輔助資材處理組合的代號 F0~F7，黑色實心圓 為品種的表示符號 V1~V15 代表參試 15 個品種的試驗代號。

由圖十三顯示昆山地區根長表現最優異的品種依次為 V14，V12，V2。由

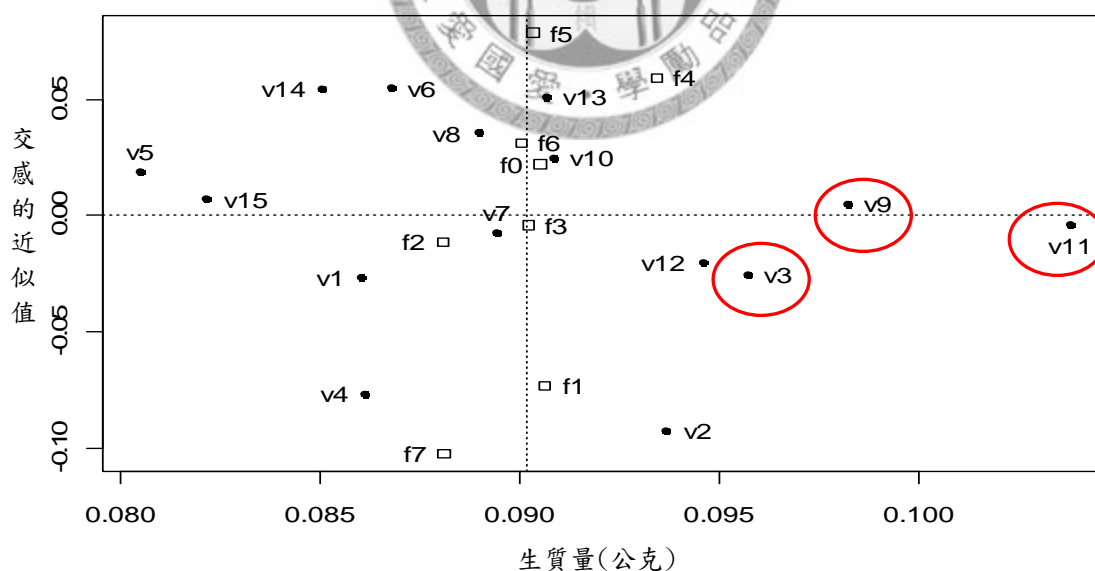
於有機輔助資材的效應在根長為顯著(表十二)，所以根據根長雙軸圖選出的品種，再選出對應的有機輔助資材處理代號 F1，此為施用蚯蚓糞肥單劑的處理。

表十三、南京試驗區品種、有機輔助資材與生質量、根長的變方分析表

南京區試驗場	df	生質量	根長
品種	14	0.00685***	57.41***
有機輔助資材	7	0.00093	8.7
品種與有機資材之交感	98	0.00054	5.5

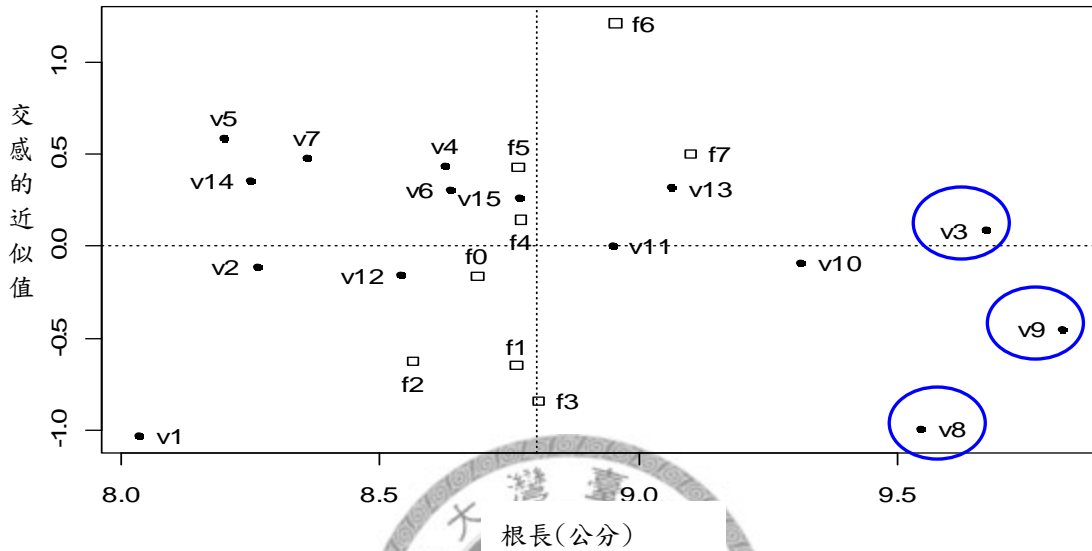
* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

南京區的試驗資料顯示品種主效應於生質量($P<9.445e-13$ ***)和根長($P<2e-16$ ***)均顯著，有機輔助資材的效應對生質量和根長均不顯著，品種與有機輔助資材兩者的交感在生質量與根長也不顯著。同樣由根長與生質量雙軸圖分別選取生質量前三名和根長前三名的品種依序列出。



圖十四、南京試驗區：品種、有機輔助資材與生質量雙軸圖。橫軸為生質量，縱軸為交感(interaction)的近似值。圖上的四方格 □ 為有機輔助資材處理組合的代號 F0~F7，黑色實心圓 ● 為品種的表示符號 V1~V15 代表參試 15 個品種的試驗代號。

圖十四顯示南京地區生質量表現最優異的品種依次為 V11，V9，V3。由於有機輔助資材的效應在生質量為不顯著，難以區分優劣，所以不選。



圖十五、南京試驗區：品種、有機輔助資材與根長雙軸圖。橫軸為根長，縱軸為交感(interaction)的近似值。圖上的四方格 □ 為有機輔助資材處理組合的代號 F0~F7，黑色實心圓 為品種的表示符號 V1~V15 代表參試 15 個品種的試驗代號。

由圖十五顯示南京地區根長表現最優異的品種依次為 V9，V3，V8。由於有機輔助資材的效應在根長為不顯著所以也不選。

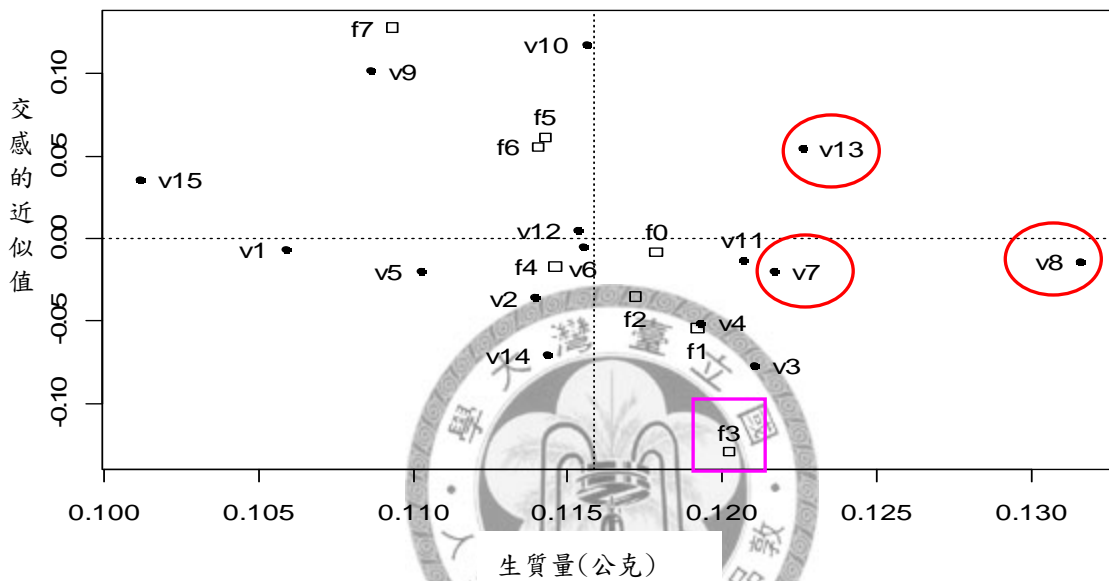
表十四、上海試驗區品種、有機輔助資材與生質量、根長的變方分析表

上海試驗區	df	生質量	根長
品種	14	0.0100***	58.7***
有機輔助資材	7	0.0041*	72.1***
品種與有機資材之交感	98	0.0011	20.8***

* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

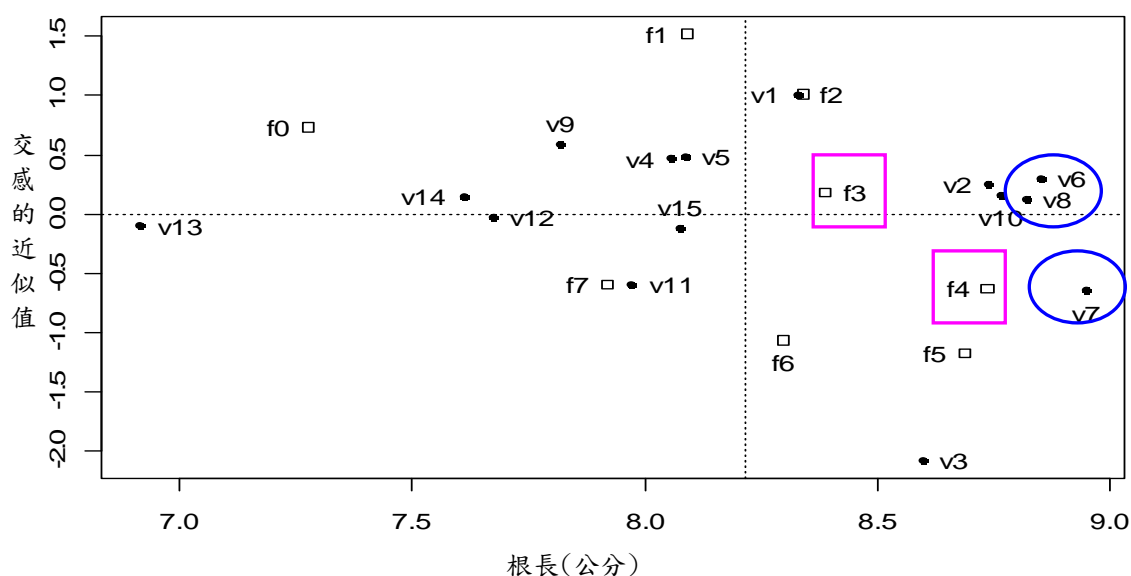
表十四顯示上海區的試驗資料分析結果，品種主效應於生質量(P<1.230e-11

***)和根長($P < 1.053e-15$ ***)均極顯著，有機輔助資材的效應對生質量 ($P < 0.01837$ *)和根長($P < 2.443e-11$ ***)也都顯著，品種與有機添加物兩者的交感則只在有根長顯著($P < 1.094e-15$ ***)，生質量不顯著。同樣選取生質量和根長表現最優的前三名品種列出。並選出相應的有機輔助資材組合。



圖十六、上海試驗區：品種、有機輔助資材與生質量雙軸圖。橫軸為生質量，縱軸為交感(interaction)的近似值。圖上的四方格 □ 為有機輔助資材處理組合的代號 F0~F7，黑色實心圓 ● 為品種的表示符號 V1~V15 代表參試 15 個品種的試驗代號。

由圖十六顯示上海地區生質量表現最優異的品種，依次為 V8，V13，V7。由於有機輔助資材的效应在生質量為顯著，所以根據生質量雙軸圖選出的品種 V7、V8，兩品種應選 F3 為對應的有機輔助資材。品種 V13 對應的有機資材應選 F5，但 F5 的效用已低於平均值，視為不值得採用。



圖十七、上海試驗區：品種、有機輔助資材與根長雙軸圖。橫軸為根長，縱軸為交感(interaction)的近似值。圖上的四方格 □ 為有機輔助資材處理組合的代號 F0~F7，黑色實心圓 ● 為品種的表示符號 V1~V15 代表參試 15 個品種的試驗代號。

由圖十七顯示上海地區根長表現最優異的品種依次為 V7，V6，V8。由於有機添加物的效應在根長為顯著，所以根據根長雙軸圖選出的品種 V7，其應選 F4 為對應的有機輔助資材。品種 V6、V8 對應的有機資材應選 F3，所以在上海就依所選的品種，進而決定所使用的有機資材。

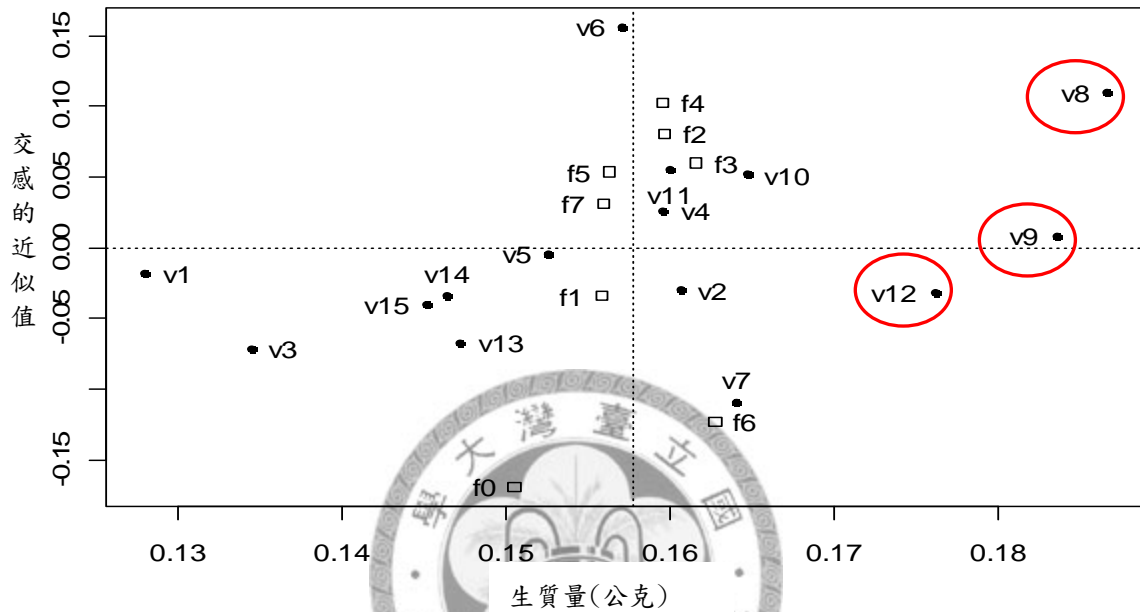
表十五、蘇州試驗區品種、有機輔助資材與生質量、根長的變方分析表

蘇州試驗區	df	生質量	根長
品種	14	0.0477***	103***
有機輔助資材	7	0.0051	13
品種與有機輔助資材的交感	98	0.0031	17*

* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

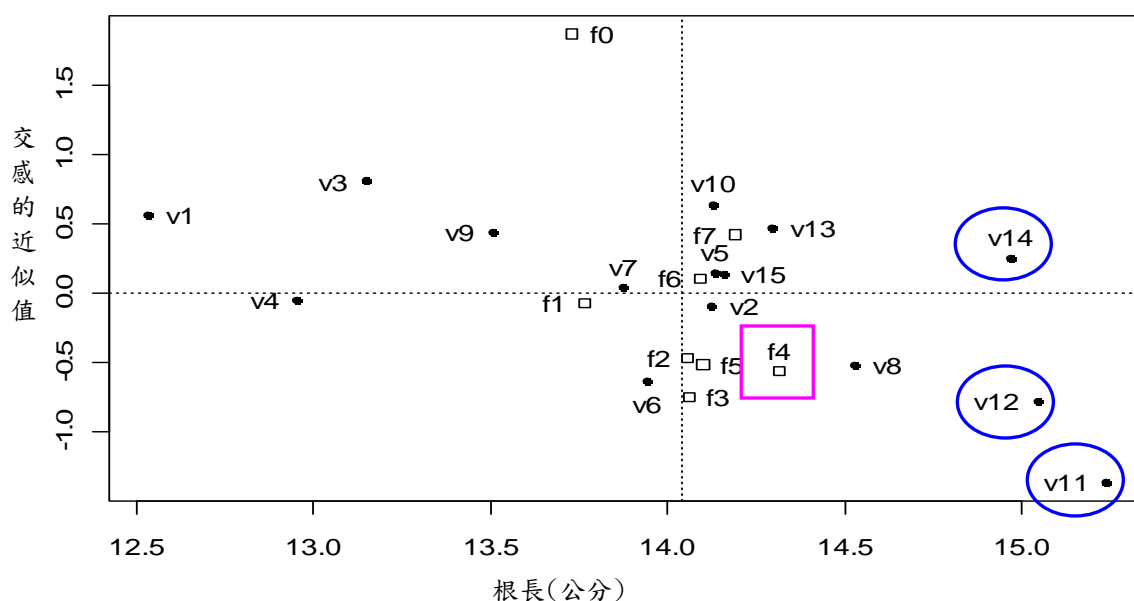
蘇州區的試驗資料顯示品種主效應於生質量($P < 2e-16$ ***)和根長($P < 2e-16$

***)均顯著，有機輔助資材對生質量和根長則均不顯著，品種與有機添加物兩者的交感，則只有根長顯著($P=0.01872^*$)，生質量不顯著。同樣選取生質量和根長前三名的品種依序列出。



圖十八、蘇州試驗區：品種、有機輔助資材與生質量雙軸圖。橫軸為生質量，縱軸為交感(interaction)的近似值。圖上的四方格□為有機輔助資材處理組合的代號F0~F7，黑色實心圓●為品種的表示符號V1~V15代表參試15個品種的試驗代號。

圖十八顯示蘇州地區生質量表現最優異的品種依次為V8，V9，V12。由於有機輔助資材的效應在生質量為不顯著，所以不選。



圖十九、蘇州試驗區：品種、有機輔助資材與根長雙軸圖。橫軸為根長，縱軸為交感(interaction)的近似值。圖上的四方格 □ 為有機輔助資材處理組合的代號 F0~F7，黑色實心圓 ● 為品種的表示符號 V1~V15 代表參試 15 個品種的試驗代號。

由圖十九顯示蘇州地區根長表現最優異的品種依次為 V11，V12，V14。雖然有機輔助資材的效應在根長為不顯著，但品種與有機輔助資材間的交感於根長顯著，所以選擇品種 V11，V12 時應對應選 F4 有機資材，選品種 V14 時則配合的有機資材應選 F7。

表十六、各試驗場地最適合的品種選拔。各品種在各試驗場地依照生質量與根長兩性狀的表現，依序列出生質量與根長前五名結果，兩性狀同時入選前五名的品種，將兩性狀名次並列進行選拔前兩名。

	生質量	根長	綜合兩項特性的選拔	
昆山	V12 V11 V3 V10 V13	V14 V12 V2 V3 V13	V12 (1,2)*	V3 (3,4)
南京	V11 V9 V3 V12 V2	V9 V3 V8 V10 V13	V9(2,1)	V3 (3,2)
上海	V8 V13 V7 V3 V11	V7 V6 V8 V10 V2	V7 (3,1)	V8 (1,3)
蘇州	V8 V9 V12 V10 V7	V11 V12 V14 V8 V13	V8 (1,4)	V12 (3,2)

* (x, y) x 代表於生質量性狀的排名，y 代表於根長性狀的排名

表十六顯示各試驗地區依序選出生質量與根長各排名前五的品種，然後綜合生質量與根長兩項特性的資料，選拔同時具有兩項優良特性的品種為最適合當地的品種。由上表我們選出在昆山表現最好的品種是 V12，南京則是品種 V9。上海是品種 V7、V8 二者入選，建議選擇 V7 是因為我們在前人研究的部份已討論過(Xu and Huang, 2001)，草坪草主要是以根來調控莖對高溫的緊迫反應，“根莖比”較高的品種較耐高溫 and 乾旱，所以品種 V7 的根較長比較符合此一特性；因為如果只是生質量增加快而根長沒有增長，反而會增加割草的次數增加勞工成本，不符我們的期望，同理蘇州也是選擇根長排名較佳者，所以選品種 V12。

4-3 有機輔助資材效果的比較：

本研究的目的是要評估翦股穎品種間對中國華東地區夏季高溫氣候的反應，由於目前許多有機輔助資材被紀錄(Businelli et al., 1984)可以促進根圈的發育與活力，對於草坪，尤其是高爾夫球場的果嶺，其地上部草莖被極度矮化，造成植物體已經處於逆境的狀態，在草坪進入夏季高溫的氣候下，所產生的熱休眠現象，更是造成草坪草生長莫大的困境，因此提高草坪草地下部根系的發育，改善根圈環境條件，都是可以維持溫帶型草種如翦股穎在夏季高溫活力與品質的操作目標與方向。

施用有機輔助資材對草坪管理，所增加的資材成本與操作成本，對球場的經營會造成壓力，另一方面，有機資材的效應相對於化學肥料等傳統資材而言，其見效緩慢，成果不易評估，尤其是其作用部位是在地下部，或是影響根圈微生物相活力者，其效應更不易評估與量測，因此造成在高爾夫球場的管理上，不易導入各項有機資材。本研究在球場現場試驗部分，選用了蚯蚓糞肥，液態海藻抽出液，以及木醋液等三種有機輔助資材，試驗處理的時間是 12 週，但是其中木醋液因為運送的關係，一直延遲到第八周才開始施用木醋液，所以木醋液實際處理的次數是五次。

由表八的變方分析，發現有機輔助資材對品種以及與地區間的二向與三向交感效應皆不明顯，其主效應對生質量性狀也不顯著，但對根長性狀則有顯著的效應($p=0.0112084$)。因此利用 Duncan's Multiple Range Test 進行有機資材處理組合的效應比較(表十七)，結果顯示蚯蚓糞肥單劑的效果與空白處理相同，沒有差異，其餘的處理，包含木醋液，液態海藻抽出液單劑及所有複劑組合處理都與空白對照組有顯著的差異，也就是施用這些組合的有機資材都可以促進根的生長。

表十七、有機輔助資材主效應劃分。有機輔助資材處理經變方分析，顯示具有顯著主效應而無交感效應，因此利用鄧肯式多域比較法(Duncan's Multiple Range Test)進行平均值劃分。

有機輔助資材處理	根長平均值
空白處理，只施用固態海藻肥	9.68 ^{a*}
處理 1，施用固態海藻肥+蚯蚓糞肥	10.08 ^{ab}
處理 2，施用固態海藻肥+液態海藻抽出液	10.20 ^b
處理 3，施用固態海藻肥+木醋液	10.22 ^b
處理 4，施用固態海藻肥+蚯蚓糞肥+液態海藻抽出液	10.38 ^b
處理 5，施用固態海藻肥+蚯蚓糞肥+木醋液	10.25 ^b
處理 6，施用固態海藻肥+液態海藻抽出液+木醋液	10.28 ^b
處理 7，施用固態海藻肥+蚯蚓糞肥+液態海藻抽出液+木醋液	10.21 ^b

* a b 為利用 Duncan's Multiple Range test 進行平均值劃分後的分群結果。

有機輔助資材對本研究所選用的翦股穎品種，對生質量的效應不明顯，生質量性狀所反應的是地上部與地下部的綜合結果，由於地上部與地下部組織要切割區分並不容易，因此本試驗並未分別測量地上部與地下部的生質量，但是由根長的性狀有顯著的差異而言，雖然整體的生質量沒有差異，但是本試驗中，施用處理後根系較長的品系，可以合理推論其分配到地下部的生質量應該是較多，因此相對分配到地上部的生質量就會較少，地上部生質量較少的現象，所反應的是割草的草屑量會減少，草屑量性狀的觀察在本試驗的試區規模下(2*0.6 公尺)其準確性是有待考量的，因此未加以收集。建議未來可以另行設

計試驗以獲取這項資料。

由表八所顯示有機資材的處理只對根長性狀有顯著效應，這是將四個試驗場地的結果總合一起分析的結果。但是在昆山試驗區(表十二)與蘇州試驗區(表十五)的根長性狀有機資材的主效應與交感效應都達到顯著，上海試驗區(表十四)根長性狀有機資材的主效應達到顯著，南京試驗區則無處理效應，因此可以發現不同試驗區的效果是有差別的，佐以四個試驗區的溫度與大氣濕度條件之間的差異，或許可以推論這些試驗區的環境條件(包括溫度與濕度)，都會對根圍的條件產生一定程度的影響，使不同有機輔助資材的效果有所不同，經由本研究可以由圖十三、十五、十七與十九的 BiPlot 圖顯現這些差異。

品種與有機輔助資材之間也存在交感效應，因此不同的品種的反應也會有出入，因此各試驗區內表現最好的品種，其所搭配有機輔助資材，也在前節(4-2.3)依各個試驗區，分別論述，在此將之整理成表，如表十八，以利比較。

表十八、各地區試驗區選出最適品種與其相對應的有機輔助資材。

地區	最適品種	其相對應的有機添加物
昆山	V12 MacKenzie	F1 蚯蚓糞
南京	V9 T1	F3 木醋液
上海	V7 L93	F4 蚯蚓糞加液態海藻營養液
蘇州	V12 MacKenzie	F4 蚯蚓糞加液態海藻營養液

4-4 視覺評估

草坪品質長年來仍以視覺評估為主，本研究經由各項處理後，進行了各項取樣與資料收集，在試驗終了進行視覺評估，由於處理結束後，華東地區開始有下霜的現象，使草坪受到霜害的影響，對於視覺評估會造成影響，因此延遲到過冬之後，等候草坪恢復，同時也將草坪的割草高度由試驗期間所採行的 10

公厘緩步降低到 3.5 公厘，爾後邀請球場負責草坪養護的場務經理及他們的助理們共 20 人進行視覺評估，評估前先說明討論評估的標準，然後由個人獨立評估，收集資料彙整。

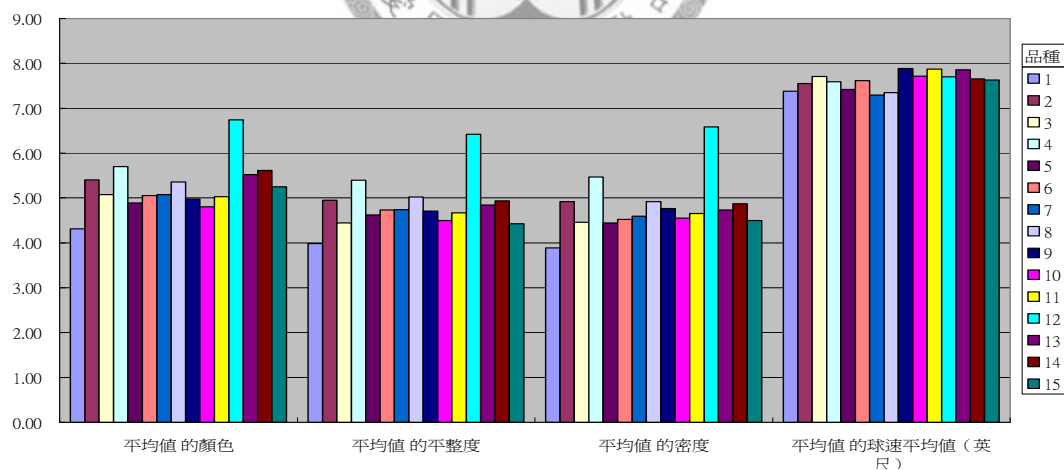
將四個球場的所有參與評估者的視覺評估結果整理計算後，如表十九。

表十九、參試品種於四個參試地區視覺評估各評估項目與各品種的視覺評估總平均值。將四個球場經由 20 位草坪養護專業人員以視覺評估方式及慣行球速測量方法取得的資料平均。

項目\品種	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	總計
顏色	4.31	5.4	5.07	5.7	4.89	5.05	5.07	5.36	4.97	4.8	5.03	6.74	5.52	5.61	5.25	5.25
平整度	3.99	4.95	4.44	5.4	4.62	4.73	4.74	5.02	4.7	4.5	4.66	6.42	4.84	4.93	4.43	4.83
密度	3.89	4.91	4.46	5.47	4.44	4.52	4.59	4.91	4.76	4.55	4.65	6.59	4.73	4.87	4.5	4.79
球速(f)	7.38	7.55	7.71	7.59	7.42	7.61	7.29	7.35	7.89	7.72	7.87	7.7	7.86	7.66	7.63	7.61

註：紅色數字代表最高分，藍色次之

另將平均值將各調查項目，繪製成圖二十。



圖二十、參試品種於四個參試地區視覺評估各項目與各品種的視覺評估總平均值。

由表十九顯示品種代號 V12 不論在評估項目顏色、平整度、密度各方面其平均值均為最高分，且全部評分者都一致認為品種代號 V12 的表現最優異。品種代號 V4 則是各視覺評估項目品種平均值都排名第二的品種。品種 V12 於全

部視覺評估表現中排名第一，此與我們由根長與生質量選種的結果在昆山與蘇州的結果一致，但與上海南京不同。球速項目在四個球場實測數據的各品種總平均則是品種 V9 最快 7.89 英尺，品種 V11 第二，品種 V13 第三。

由表八的變方分析表顯示地區與品種間有顯著差異，而且交感效應也顯著，因此在收集到的視覺評估資料也依個別地區的球場進行討論如下。

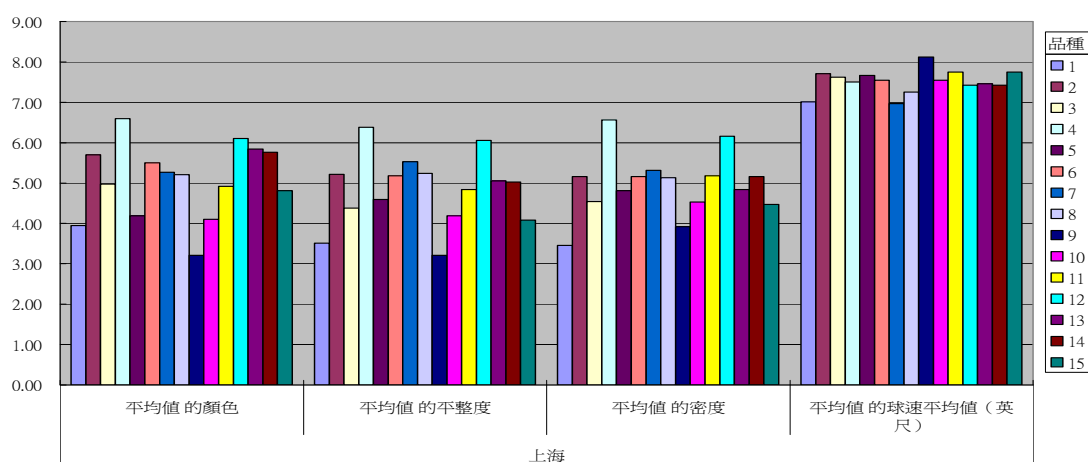
4-4.1 上海地區球場視覺評估

上海地區球場位於青浦區，試驗區緊鄰水池，但試驗場地管理正常，草坪草生育良好，視覺評估結果如表二十與圖二十一。

表二十、參試品種於上海地區視覺評估之各評估項目與各品種的視覺評估平均值。將四個球場經由 20 位草坪養護專業人員以視覺評估方式及慣行球速測量方法取得的資料平均。

項目/品種	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	總計
顏色	3.95	5.7	4.97	6.59	4.19	5.5	5.26	5.21	3.21	4.11	4.92	6.11	5.84	5.76	4.82	5.08
平整度	3.51	5.22	4.38	6.38	4.59	5.18	5.53	5.24	3.21	4.18	4.84	6.05	5.05	5.03	4.08	4.83
密度	3.46	5.16	4.54	6.57	4.81	5.16	5.32	5.13	3.92	4.53	5.18	6.16	4.84	5.16	4.47	4.96
球速(f)	7.01	7.71	7.63	7.5	7.67	7.54	6.97	7.26	8.12	7.54	7.75	7.42	7.46	7.42	7.75	7.52

註：紅色數字代表最高分，藍色次之



圖二十一、參試品種於上海地區視覺評估各項目與各品種的視覺評估平均值。

上海試驗場視覺評估結果(表二十)品種代號 V4 在顏色、平整度、密度三個評估項目均得第一名，而品種代號 V12 則各個視覺評估項目均得第二，其結果與生質量與根長試驗結果所選出最適品種的品種代號 V7 不一致。球速項目則是品種代號 V9 最快 8.12 英尺，品種 V11 與品種 V15 第二 7.75 英尺。

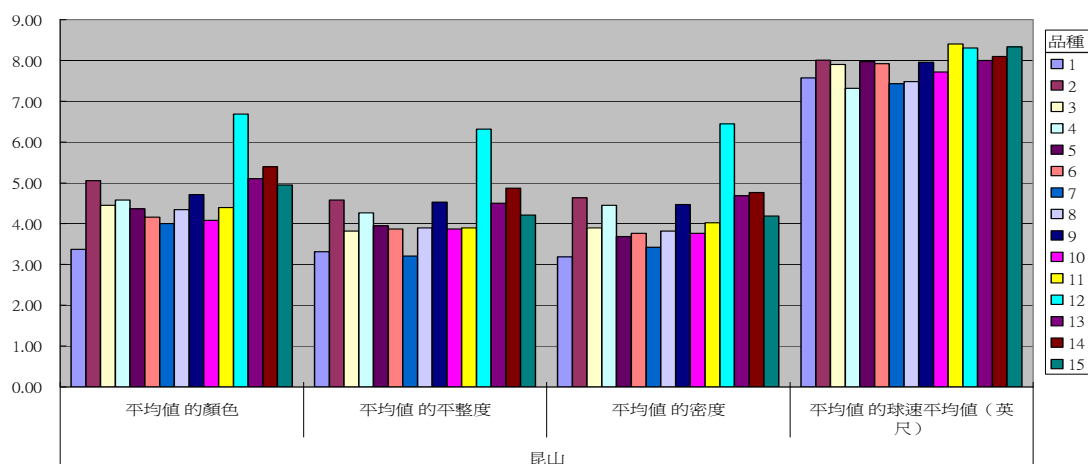
4-4.2 昆山地區球場視覺評估

昆山地區球場位於昆山市郊，試驗區週邊乾燥，緊鄰球場儲沙堆放區，試驗場地管理正常，草坪草生育良好，視覺評估結果如表二十一與圖二十二。

表二十一、參試品種於昆山地區視覺評估之各評估項目與各品種的視覺評估平均值。將四個球場經由 20 位草坪養護專業人員以視覺評估方式及慣行球速測量方法取得的資料平均。

項目/品種	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	總計
顏色	3.37	5.05	4.45	4.58	4.37	4.16	4	4.34	4.71	4.08	4.39	6.68	5.11	5.39	4.95	4.64
平整度	3.32	4.58	3.82	4.26	3.95	3.87	3.21	3.89	4.53	3.87	3.89	6.32	4.5	4.87	4.21	4.21
密度	3.18	4.63	3.89	4.45	3.68	3.76	3.42	3.82	4.47	3.76	4.03	6.45	4.68	4.76	4.18	4.21
球速(f)	7.58	8.01	7.9	7.31	7.97	7.92	7.43	7.48	7.95	7.71	8.4	8.3	8	8.1	8.33	7.89

註：紅色數字代表最高分，藍色次之



圖二十二、參試品種於昆山地區視覺評估各項目與各品種的視覺評估平均值。

昆山試驗場視覺評估結果(表二十一)品種代號 V12 在顏色、平整度、密度三個評估項目均排名第一，而品種代號 V14 則各個視覺評估項目均得第二，其結果與生質量與根長試驗結果所選出最適品種的品種代號 V12 一致。球速項目則是品種代號 V11 最快 8.4 英尺，品種 V15 第二 8.33 英尺。

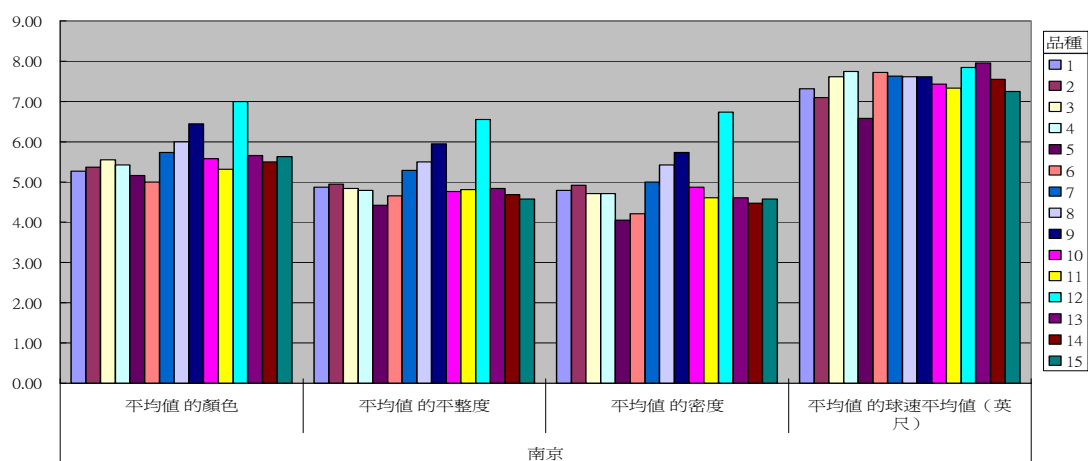
4-4.3 南京地區球場視覺評估

南京地區球場位於南京市郊，屬於山地型球場，試驗區緊鄰苗圃，試驗場地管理正常，草坪草生育良好，視覺評估結果如表二十二與圖二十三。

表二十二、參試品種於南京地區視覺評估之各評估項目與各品種的視覺評估平均值。將四個球場經由 20 位草坪養護專業人員以視覺評估方式及慣行球速測量方法取得的資料平均。

項目\品種	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	總計
顏色	5.26	5.37	5.55	5.42	5.16	5	5.74	6	6.45	5.58	5.32	7	5.66	5.5	5.63	5.64
平整度	4.87	4.95	4.84	4.79	4.42	4.66	5.29	5.5	5.95	4.76	4.82	6.55	4.84	4.68	4.58	5.03
密度	4.79	4.92	4.71	4.71	4.05	4.21	5	5.42	5.74	4.87	4.61	6.74	4.61	4.47	4.58	4.89
球速 (f)	7.32	7.1	7.62	7.75	6.58	7.73	7.63	7.62	7.62	7.43	7.33	7.85	7.96	7.56	7.25	7.49

註：紅色數字代表最高分，藍色次之



圖二十三、參試品種於南京地區視覺評估各項目與各品種的視覺評估平均值。

南京試驗場視覺評估結果(表二十二)品種代號 V12 在顏色、平整度、密度三個評估項目均排名第一，而品種代號 V9 則各項視覺評估項目均得第二，其結果與生質量與根長試驗結果所選出最適品種的品種代號 V9 相差名次一位。球速項目則是品種代號 V13 最快 7.96 英尺，品種 V12 第二 7.85 英尺。

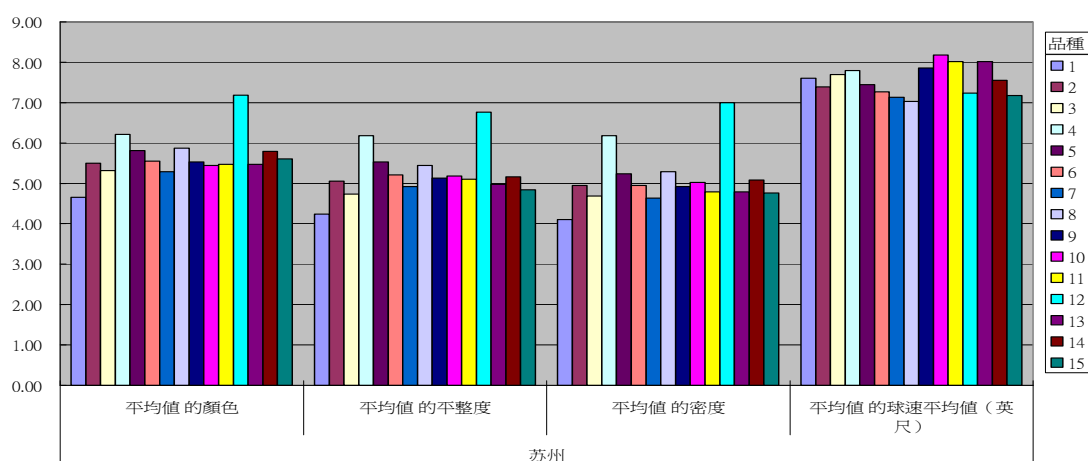
4-4.4 蘇州地區球場視覺評估

蘇州地區球場位於蘇州工業區內，試驗區緊鄰陽澄湖，試驗場地管理正常，草坪草生育良好，視覺評估結果如表二十三與圖二十四。

表二十三、參試品種於蘇州地區視覺評估之各評估項目與各品種的視覺評估平均值。將四個球場經由 20 位草坪養護專業人員以視覺評估方式及慣行球速測量方法取得的資料平均。

項目\品種	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	總計
顏色	4.66	5.5	5.32	6.21	5.82	5.55	5.29	5.87	5.53	5.45	5.47	7.18	5.47	5.79	5.61	5.65
平整度	4.24	5.05	4.74	6.18	5.53	5.21	4.92	5.45	5.13	5.18	5.11	6.76	4.97	5.16	4.84	5.23
密度	4.11	4.95	4.68	6.18	5.24	4.95	4.63	5.29	4.92	5.03	4.79	7	4.79	5.08	4.76	5.09
球速 (f)	7.61	7.39	7.7	7.8	7.45	7.27	7.14	7.03	7.86	8.18	8.02	7.24	8.01	7.55	7.18	7.56

註：紅色數字代表最高分，藍色次之



圖二十四、參試品種於蘇州地區視覺評估各項目與各品種的視覺評估平均值。

蘇州試驗場視覺評估結果(表二十三)品種代號 V12 在顏色、平整度、密度三個評估項目均排名第一，而品種代號 V4 則各個視覺評估項目均得第二，其結果與生質量與根長試驗結果所選出最適品種的品種代號 V12 一致。球速項目則是品種代號 V10 最快 8.18 英尺，品種 V1 第二 8.02 英尺。

4-4.5 四個球場試區綜合比較

本研究在四個球場設置試驗區，由四個球場的經理及助理們共同以目視法評分，比較各個球場的草坪品質，資料以球場為單位加以平均，比較各球場的草坪品質，如表二十四。

表二十四、各地區視覺評估之各評估項目的視覺評估平均值。將四個球場經由 20 位草坪養護專業人員以視覺評估方式及慣行球速測量方法取得的資料平均。

資料\地區	上海	昆山	南京	蘇州	總平均
顏色平均值	5.08	4.64	5.64	5.65	5.25
平整度平均值	4.83	4.21	5.03	5.23	4.83
密度平均值	4.96	4.21	4.89	5.09	4.79
球速平均值 (英尺)	7.52	7.89	7.49	7.56	7.61

註：紅色數字代表最高分，藍色次之

視覺評估結果顯示蘇州球場在顏色、平整度、密度三方面都是最高分，相

較於球場現場試驗部分所得的結果，蘇州球場的生育質量與根長也是四個球場中最高與最長的相符，可以發現視覺評估的結果與各項實測的數據分析所得的結論相符合。



第五章、人工控制氣候室試驗結果與討論

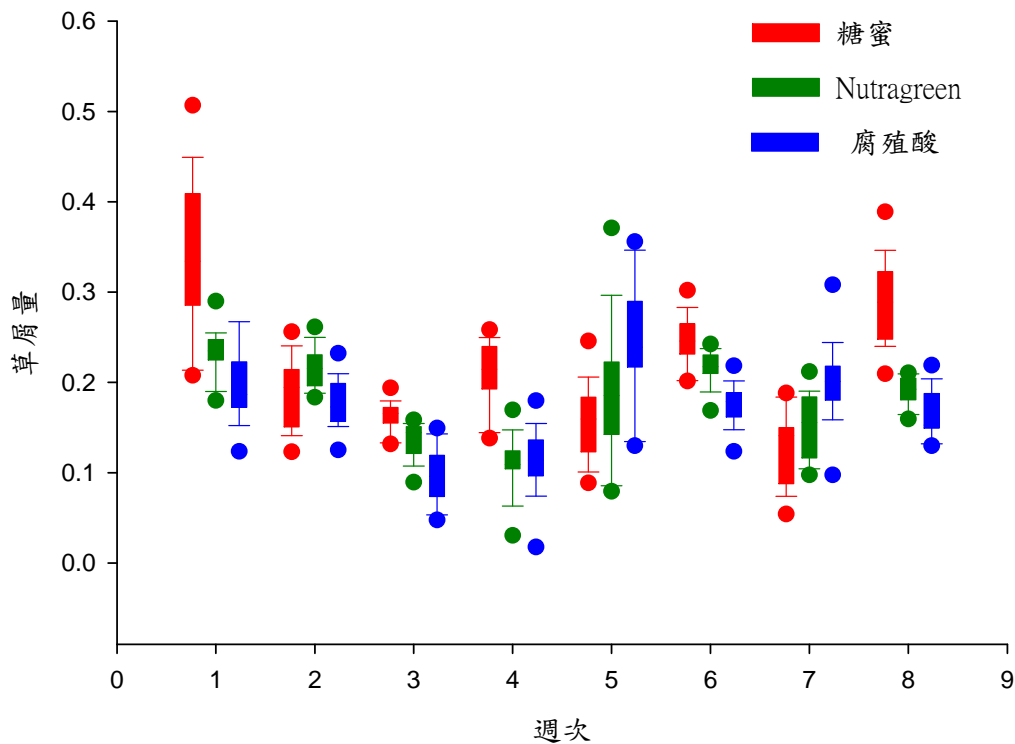
5-1 試驗資料收集與結果

於人工氣候室的試驗也是使用同樣的 15 個品種(表一)，各品種分別施用三種有機輔助資材處理，各以兩重複進行試驗，進行時間自 2008 年 5 月 25 日開始，2009 年 4 月底結束，於 2008 年 6、7、8 三個月經播種發芽而成坪，成坪後 9 月開始在 15/13°C 自然光照室進行有機輔助資材糖蜜、氨基酸輔助資材 Nutragreen、腐植酸試驗。試驗至 2009 年 1 月底，約兩周取樣一次，期間共取樣 8 次，完成有機輔助資材反應試驗，總共獲取 720 個草屑樣品。

2009 年二月因人工氣候室進行例行場地年度保養，所有參試材料移出至露天環境，於 2009 年 3 月 2 日移入人工光照溫控室，開始高溫生長反應試驗，先以 22/18°C 溫度處理進行一週，讓受試材料調適到模擬中國華東地區的春末氣候狀態 然後進行 25/22°C 溫度處理三週，模擬梅雨季節氣候、再接著以 35/22°C 四週模擬梅雨季節過後的高溫氣候。受試材料在各個溫度處理階段，以每周一次進行取樣，以手工剪取地上部莖葉組織等草屑，烘乾後共取得草屑量乾重資料 720 筆。

5-2 有機輔助資材與品種反應

在有機輔助資材反應試驗部份的樣品，所有取樣樣品草屑量乾重的平均值為 0.224 公克。將三種有機資材各取樣樣品的乾重，將各品種各次取樣的數據繪製成盒鬚圖，如圖二十五。

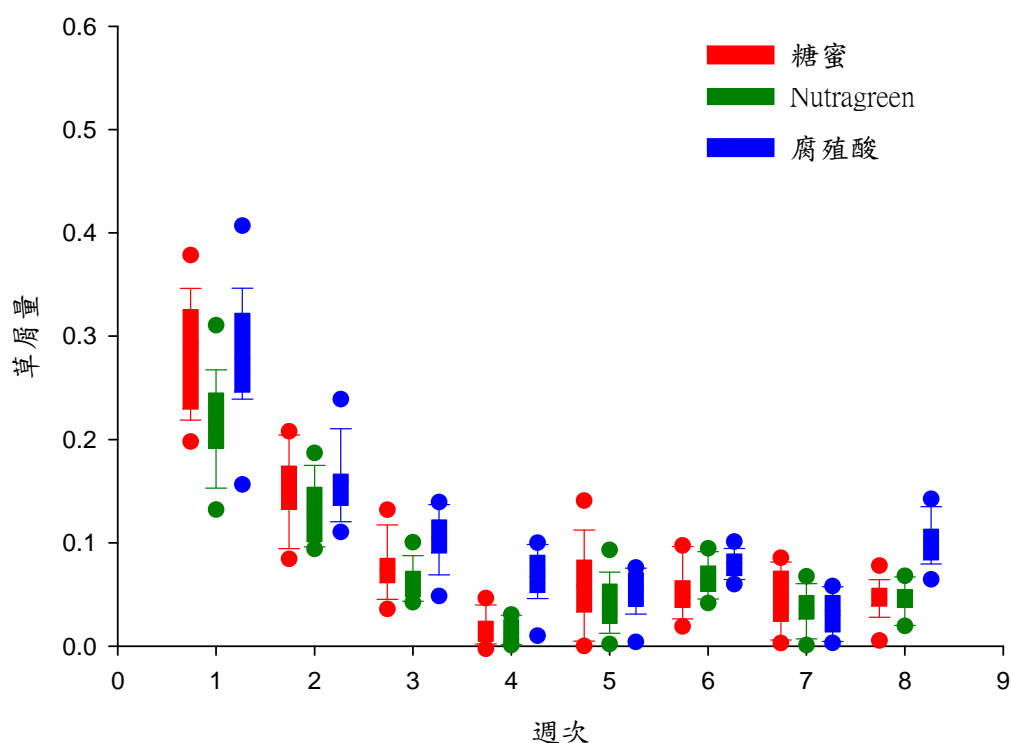


圖二十五、匍匐翦股穎利用有機輔助資材於人工控制溫度下的草屑量變化反應。15 種商用匍匐翦股穎草種利用糖蜜，腐植酸及 NutraGreen 等三種有機性輔助資材，在日/夜溫 15/13°C 溫控自然光照室內生長，每兩週取樣一次，連續八次的結果。將各次取樣各品種的草屑乾重資料分布以盒鬚圖顯示。

由圖二十五比較三種有機輔助資材處理，各次樣品草屑量最多的是添加糖蜜處理組，其平均值為 0.182 公克且最大值也落在這組，最少的是氨基酸輔助資材 Nutragreen 處理組，其平均值為 0.128 公克，最小值也落在該組。在採收各次樣品時，發現糖蜜處理的草坪呈現較青綠的色澤，葉片的厚度較薄，但是這部份的資料未進行收集，因此無法據以論證，僅能作此描述。由圖二十五圖中，各處理的盒狀色塊的長度所代表的資料變異範圍，長度越長的代表變異越大，可以發現參試的品種在糖蜜的處理下，盒狀色塊的長度比其他處理較長，代表品種對糖蜜的反應差異較大。糖蜜處理的八個盒狀區塊的長度變化較大，而 Nutragreen 的長度變化範圍近似糖蜜處理，顯示各品種對 Nutragreen 的反應

也有較大的差異，相對而言，各品種對腐植酸處理差異較小，或許可以推論是腐植酸可以緩衝品種之間的遺傳差異。

5-3 品種與高溫處理生長反應



圖二十六、匍匐翦股穎利用有機輔助資材於人工光照溫控室參試品種草屑量的盒鬚圖。各參試材料先以 22/18°C 溫度處理進行一週，讓受試材料調適到模擬中國華東地區的春末氣候狀態 然後進行 25/22°C 溫度處理三週，模擬梅雨季節氣候、再接著以 35/22°C 四週模擬梅雨季節過後的高溫氣候的草屑量變化反應。品種的草屑乾重資料分布以盒鬚圖顯示。

圖二十六顯示當溫度處理，由 22/18°C 進入 25/22°C，高於匍匐翦股穎生長適溫時，草屑量極劇下降，15/13°C 時草屑量的平均值為 0.224 公克，25/22°C 時草屑量的平均值為 0.131 公克。當溫度再度提升至 35/22°C 時，草屑量再度下跌至平均值 0.056 公克。盒鬚圖顯示當溫度越高時，品種間的變異量變小，顯示所有參試的匍匐翦股穎品種都無法適應 35/22°C 高溫。

雖然參試的十五個品種在高溫環境下，表現都不理想，但是這是預期中的現象，因為溫帶型植物在高溫下多半會進入熱休眠的狀態，以躲避逆境。以下整理各參試品種在三種溫度處理的草屑量，計算在各溫度處理下各品系的平均值，如表二十五

表二十五、人工氣候室溫度與各品系平均草屑量的關係。利用台灣大學人工控制氣候室以 30,000 lux 的光照量提供人工照明，分別進行 15 個參試品系對溫度的生長反應試驗，每週以 10 公釐高度剪草，收集草屑量，取得乾重後，將各溫度處理的各次取樣資料平均而得。

溫度/variety	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	總計
15°C	0.221	0.21	0.24	0.221	0.234	0.212	0.208	0.246	0.214	0.227	0.211	0.23	0.217	0.226	0.239	0.224
25°C	0.128	0.114	0.146	0.132	0.132	0.129	0.121	0.147	0.135	0.137	0.115	0.106	0.131	0.129	0.161	0.131
35°C	0.048	0.047	0.058	0.08	0.043	0.044	0.059	0.087	0.038	0.034	0.043	0.076	0.051	0.044	0.082	0.056
總計	0.155	0.145	0.171	0.164	0.16	0.149	0.149	0.181	0.15	0.156	0.145	0.161	0.154	0.156	0.18	0.158

註：紅色數字代表最高分，藍色次之

由表二十五顯示，V8 的草屑量最多，是所有品種中，莖生長最快的品種。這結果與前一章球場現場試驗部分的生質量與根長的試驗結果一致，V8 是所有品種中生質量增長最快的。在本試驗中，溫度顯然與品種間有交感作用，溫度在 15°C 時草屑量多寡的排序是 V8、V3、V15，溫度在 25°C 時草屑量的排序是 V15、V8、V3，溫度在 35°C 時，草屑量的排序是 V8、V15、V7，可見 V3 是一個不耐熱的品種。而 V8、V15 對高溫的適應性較強。

第六章、結論

近年的氣候變遷現象逐漸明顯，所產生的極端氣候，如夏季破紀錄的高溫，夏季每日高溫持續的時數增長，冬季破紀錄的低溫，以及降雨量與降雨分佈大幅度的改變，對地球的生物都會產生極大乃至致命性的影響。對於過渡氣候區的生物而言，例如溫帶型的草坪草，夏季高溫原本就已經是困難的條件，在目前已經出現的氣候變遷現象下，包括發生破紀錄的夏季高溫，以及夏季每日超過攝氏 30 度高溫時數的增長，這兩種氣候現象，已經在 2007 年對中國上海地區的高爾夫球場產生破壞性影響，夏季高溫造成果嶺草大規模死亡，造成營運上重大的損失。因此對於新品種的開發產生了極大的需求，但是品種育成非短時間能達成，在適應新的氣候型態的新品種育成推廣之前，如何強化現有品種在目前已經改變的新的氣候型態下的表現，以維持草坪品質，提供高爾夫球場正常營運所需，是另一個重大的課題。

本研究由美國三大草坪草種子公司提供了 15 個匍匐翦股穎的商用品種，利用中國過渡型氣候區的華東地區內的高爾夫球場，分布在上海青浦地區，昆山市市郊，南京市郊與蘇州工業區內的四座標準高爾夫球場設置草種試驗區，以觀察在夏季高溫的條件下，參試草種的生長反應。本研究選用了地下部的根長性狀與草塊的生質量等兩個性狀，直接觀察草坪草的生長反應。其結果發現草種的表現與試驗區的環境條件有強烈的交感效應，在本研究所蒐集的溫度與大氣濕度兩氣象條件，所選用的四個球場各有不同的溫度濕度條件組合，個別品種對這些條件組合的適應性有顯著的差別，個別球場的試驗區所評選出來的最好品種並不相同，因此無法將單一球場的評選的品種結果直接引用到本研究內其他球場。依據本研究的結果，在受測的四個場地中，昆山與蘇州地區的球場以 Seed Research of Oregon 公司的 MacKenzie 品種表現最好，上海青浦地區的球場則以 Scotts/Simplot Seed Company 的 L93 品種表現最好，南京地區的球場則以 Scotts/Simplot Seed Company 的 T1 品種表現最好。

在許多強化植物逆境生育的資材中，本研究選用了針對根圈改良的三種有機性輔助資材，蚯蚓糞肥，液態海藻抽出液以及木醋液，以評估在這三種輔助資材的協助下，參試品種對高溫逆境的表現是否有改善。試驗的結果發現這三項資材主要對地下部的根長性狀有所助益，對草塊生質量性狀則無明顯的增減效果，其中蚯蚓糞肥單獨施用的效果並不顯著，但是如果與其他的兩種參試資材合用，就有明顯的增加根長效果。但是地區與品種發現對施用的有機輔助資材的效用會產生交感作用，也就是說不同地區不同的品種需要使用不同的有機輔助資材，以改善該品種在夏季高溫逆境的表現。本研究的結果顯示(表十八)，在昆山地區的試驗場地中，MacKenzie 品種配合蚯蚓糞肥的施用，可以獲得最好的表現，南京地區的球場試區中，T1 品種配合木醋液的施用就可以獲得最佳的表現，上海青浦地區的試區中，L93 品種則需要混合蚯蚓糞肥與液態海藻抽出液才能獲得最好的品質，蘇州地區的球場試區中，MacKenzie 品種配合蚯蚓糞肥與液態海藻抽出液的共同施用，才能獲得最好的品質。

本研究也對所取得的 15 個匍匐翹股穎品種利用人工控制氣候室的環境，進行試驗有機資材對草種的生長反應，使用的有機資材與球場現場試驗區不同，使用了糖蜜，腐植酸與胺基酸製劑的 Nutragreen 等三大類的產品。由於使用的介質添加了過高的腐植土以及介質顆粒過細，無法正確地獲得地下部性狀的觀測值，本部份研究就以地上部草屑量加以討論。試驗結果發現，糖蜜處理所產生的地上部草屑量是最大的，腐植酸與胺基酸製劑處理則相對產生較少的地上部草屑量。各品種的表現差異性在糖蜜與胺基酸製劑處理下有較大的反應，而腐植酸處理則會使各品種的草屑量差異變小。

利用相同的有機資材處理，參試品種以人工氣候室進行溫控與光照時間控制，模擬華東過渡型氣候區梅雨季節的溫度與光照條件，進行為期八周的試驗，作為夏季高溫逆境環境的另一個重要階段資料收集試驗。試驗結果發現參試品種在適應了處理條件中較好的生長條件後，進入 25°C 度以上的處理時，草屑量

就明顯下降約一半，再提高溫度到攝氏 35 度，草屑量又下降一半。在本試驗的適溫處理(攝氏 22 度)，各品種草屑量的差異較大，三種有機資材都可以讓品種間的差異展現，但是在高溫處理(25 度與 35 度)，品種間的差異就縮小。

本研究選用了 15 個商用的匍匐翦股穎品種，評估在草坪草現場管理高溫惡劣的條件下的反應，分別利用中國華東地區四個高爾夫球場，評估草種在夏季高溫逆境下的生長反應，以及利用人工控制氣候室模擬梅雨季節快速升溫的條件。其結果顯示，這兩類逆境處理皆會對參試品種產生顯著的影響，降低其品質。有機輔助資材的施用可以有部分助益，但是試驗項目中，品種與地區的交流反應明顯，造成四個現場試驗區的結果無法相互引用。



參考文獻

- 王海英, 楊國亭, 丹周. (2004) 木醋液研究現狀及其綜合利用 32:55.
- 史詠竹, 杜相革. (2003) 木醋液在農業生產上的研究新進展. 中國農學通報 19:108-109.
- 史軍, 丁一匯, 崔林麗. (2009) 華東極端高溫氣候特徵及成因分析. 大氣科學 33:347-358.
- 答少平, 孫衛, 魏月霞. (2005) 草種差異, 施肥及修剪對冷季型草坪根系影響 [J].
- 廖啟蓉, 費永俊. (2007) 我國高爾夫球場的草種選擇. 安徽農學通報 13.
- Al-Khatib K., Paulsen G. (1984) Mode of high temperature injury to wheat during grain development. *Physiologia Plantarum* 61:363-368.
- Basu P., Minhas J. (1991) Heat Tolerance and Assimilate Transport in Different Potato Genotypes 1. *Journal of Experimental Botany* 42:861-866.
- Beard J. (1965) Factors in the Adaption of Turfgrass to Shade. *Agronomy Journal* 57:457.
- Beard J. (1973) *Turfgrass: Science and culture* Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ.
- Bonos S., Murphy J., Meyer W., Dickson W., Secks M., Clark J., Smith D., Honig J., Clarke B. (1996) Performance of bentgrass cultivars and selections in New Jersey turf trials. AB Gould (ed.):10-12.
- Businelli M., Perucci P., Patumi M., Giusquiani P. (1984) Chemical composition and enzymic activity of some worm casts. *Plant and Soil* 80:417-422.
- Cacco G., Dellagnola G. (1984) Plant growth regulator activity of soluble humic complexes. *Canadian journal of soil science* 64:225-228.
- Carrow R. (1996) Drought resistance aspects of turfgrasses in the Southeast: root-shoot responses. *Crop Science* 36:687.
- Christians N. (2004) *Fundamentals of turfgrass management*. Chapter 11, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ.
- Christians N. (2007) *Fundamentals of turfgrass management*., John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ.
- Clapp C., Liu R., Cline V., Chen Y., Hayes M. (1998) Humic substances for enhancing turfgrass growth. *Humic Substances: Structures, Properties and Uses*:227.
- Coelho R., Fike J., Schmidt R., Zhang X., Allen V., Fontenot J. (1997) Influence of seaweed extract on growth, chemical composition, and superoxide dismutase activity in tall fescue. pp. 163-167.
- Cuddeback S., Petrovic A. (1985) Traffic effects on the growth and quality of *Agrostis palustris* Huds.(creeping bentgrass)[wear, thatch].

- Daniel W., Roberts E. (1966) Turfgrass Management in the United States. *Advances in Agronomy* 18:259-326.
- Davies W., Zhang J. (1991) Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annual Review of Plant Biology* 42:55-76.
- Dernoeden P. (2000) *Creeping bentgrass management: Summer stresses, weeds and selected maladies* Wiley.
- Dunn J., Diesburg K. (2004) *Turf management in the transition zone* Wiley.
- Fry J., Huang B. (2004) *Applied turfgrass science and physiology* John Wiley & Sons.
- Huang B., Fry J. (1998) Root anatomical, physiological, and morphological responses to drought stress for tall fescue cultivars. *Crop Science* 38:1017-1022.
- Huang B., Liu X., Fry J. (1998a) Effects of high temperature and poor soil aeration on root growth and viability of creeping bentgrass. *Crop Science* 38:1618-1622.
- Huang B., Liu X., Fry J. (1998b) Shoot physiological responses of two bentgrass cultivars to high temperature and poor soil aeration. *Crop Science* 38:1219-1224.
- Hull R. (1996) N usage by turfgrass. *Turfgrass Trends* 5:6-15.
- Itai C., Ben-Zioni A., Ordin L. (1973) Correlative changes in endogenous hormone levels and shoot growth induced by short heat treatments to the root. *Physiologia Plantarum* 29:355-360.
- Kramer P. (1980) Drought, stress, and the origin of adaptations. *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. Wiley, New York:7-20.
- Kuroyanagi T., Paulsen G. (1988) Mediation of high-temperature injury by roots and shoots during reproductive growth of wheat. *Plant, Cell and Environment* 11:517-523.
- Leslie A. (1994) *Handbook of integrated pest management for turf and ornamentals* CRC Press.
- Liu X., Huang B. (2002) Mowing effects on root production, growth, and mortality of creeping bentgrass. *Crop Science* 42:1241-1250.
- Mann C. (1994) Early vigor in wheat: A useful character for heat tolerance selection. *Wheat in Heat-stressed Environments: Irrigated, Dry Areas, and Rice-wheat Farming Systems: Proceedings of the International Conferences: Wheat in Hot, Dry, Irrigated Environments, Wad Medani, Sudan, 1-4 February 1993, Wheat in Warm Area, Rice-wheat Farming Systems, Dinajpur, Bangladesh, 13-15 February [sic] 1993:247.*

- Morris K. (2003) Bentgrasses and bermudagrasses for today's putting greens. USGA Turfgrass and Environmental Research Online 2:1-7.
- Morris K., Shearman R. (1998) NTEP turfgrass evaluation guidelines. pp. 175.
- Nabati D., Schmidt R., Parrish D. (1994) Alleviation of salinity stress in Kentucky bluegrass by plant growth regulators and iron. *Crop Science* 34:198.
- Nardi S., Panuccio M., Abenavoli M., Muscolo A. (1994) Auxin-like effect of humic substances extracted from faeces of *Allolobophora caliginosa* and *A. rosea*. *Soil biology & biochemistry* 26:1341-1346.
- R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Salaiz T., Horst G., Shearman R. (1995) Mowing height and vertical mowing frequency effects on putting green quality. *Crop Science* 35:1422.
- Sanderson K., Jameson P., Zabkiewicz J. (1987) Auxin in a seaweed extract: Identification and quantitation of indole-3-acetic acid by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of plant physiology* 129:363-367.
- Shearman R. (2006) Fifty years of splendor in the grass. *Crop Science* 46:2218.
- Shirakawa N., Fukazawa M. (1999) Studies on the Plant Growth Regulatory Effect of Pyroligneous Acid to Turfgrasses. Part 2. A case study on the effect of continuous treatment of pyroligneous acid on the growth of manilagrass (*Zoysia matrella* Merr.) in a field test. *Journal of Japanese Society of Turfgrass Science* 28:13-21.
- Sokol S. (2007) BioPlot user's guide.
- Steiner C., Das K., Garcia M., Forster B., Zech W. (2008) Charcoal and smoke extract stimulate the soil microbial community in a highly weathered xanthic Ferralsol. *Pedobiologia-International Journal of Soil Biology* 51:359-366.
- Syers J., Springett J. (1984) Earthworms and soil fertility. *Plant and Soil* 76:93-104.
- Tay S., MacLeod J., Palni L., Letham D. (1985) Detection of cytokinins in a seaweed extract. *Phytochemistry* 24:2611-2614.
- Turgeon A. (1999) *Turfgrass Management* (5th edition), New Jersey: Prentice Hall.
- Udomprasert N., Li P., Davis D., Markhart III A. (1995) Effects of root temperatures on leaf gas exchange and growth at high air temperature in *Phaseolus acutifolius* and *Phaseolus vulgaris*. *Crop Science* 35:490.
- Wells C., LaBranche A., McCarty L., Skipper H. (2003) Can Biostimulants improve bentgrass root growth. *TurfGrass Trends*, maggio.
- Wilkinson R. (2000) *Plant-environment interactions* Marcel Dekker.
- Willis G., McCarty B., Estes A., Liu H. (2006) Chemical thatch control in a creeping

bentgrass putting green. *Golf Course Manage* 74:96-98.

Xu Q., Huang B. (2000) Growth and physiological responses of creeping bentgrass to changes in air and soil temperatures, *Crop Sci Soc America*. pp. 1363-1368.

Xu Q., Huang B. (2001) Morphological and physiological characteristics associated with heat tolerance in creeping bentgrass. *Crop Science* 41:127-133.

Zhang X., Schmidt R. (2000) Hormone-containing products' impact on antioxidant status of tall fescue and creeping bentgrass subjected to drought, *Crop Sci Soc America*. pp. 1344-1349.

Zhang X., Ervin E. (2004) Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. *Crop Science* 44:1737-1745.

Zhang X., Ervin E., Schmidt R. (2003) Plant growth regulators can enhance the recovery of Kentucky bluegrass sod from heat injury. *Crop Science* 43:952-956.

