

# 高爾夫球場草坪永續管理策略

黃文達

國立台灣大學農藝學系

## 前言

現行高爾夫球場管理應採行有效利用及維護自然資源的方式，並實行技術變革和體制性改革，以滿足當前及未來社會民眾的觀感與球友對球場經營的需求。而任何能維護土地、水和動植物的遺傳資源，使環境不退化，技術上應用適當，經濟上能維持下去以及社會大眾能夠接受的作法即是永續性高爾夫球場。對球場而言，所謂的永續發展就是指以宏觀性的觀點來探討球場的穩定性，論點則擴大為涵蓋球場的各個層面以及球場與社會的相互關係。

永續性高爾夫球場的目標有二，一是確保球場及其周圍環境能繼續生存與發展；二是保持資源的供需平衡和環境的良性循環。其內涵則應包括有下列特性：1.經濟性，使球場的營運有利潤；2.穩定性，須依賴新興的管理技術來達成球場品質穩定之目標；3.生態性，須能與生態環境和諧共存；4.社會性，須符合社會觀感。其基本定義應是一種用科學的方法來幫助球場，利用選擇優良草種、土肥措施、排灌方式、病蟲草害綜合防治等技術，以降低養護與經營成本，維持球場品質，提高球場收入，以及永續利用資源和保護生態環境的球場。因此，永續球場經營是兼顧球場的生態面、經濟面與生活面的一種管理制度，不但要能持續的做有利潤的經營，也要能改進球友的擊球品質與民眾的觀感。永續性高爾夫球場之經營，原則上即是應用自然界物質循環使用及生態系中物種相互依存、相輔相成和相剋相生的現象來經營球場，使高爾夫球場在經濟健全與對社會負責的管理下，和諧保育其自然環境，在改善高爾夫球場擊球品質之餘，還得保護生態環境與提高固碳的功能。換句話說，即是要整合性地來經營高爾夫球場會務、會館與場務(包含生態環境、景觀和文化遺產、水資源、草坪、廢棄物、能源、教育和環保意識與管理計劃等)，亦稱為綜合資源管理，從再生資源與非再生資源的有效利用、適宜的草坪管理技術之使用、生物多樣性、棲地動植物的復育，到球場的經營管理，球場的經濟利益分析，球友的接受程度，每一環節皆須考量是否符合永續之原則。

評估球場永續經營策略的方法有很多，基本上當一個球場開始執行永續球場經營策略後，在用水、能源及化學物質的投入量，應呈現逐年顯著減少的趨勢。或是利用碳足跡(carbon footprint)來輔助評估高爾夫球場對環境的影響，其中

碳足跡計算可藉由亦評估技術(Life cycle assessment, LCA)來進行，生命週期評估屬於系統分析方法之一，包含投入和產出及潛在環境衝擊之彙整與評估，需考量之環境衝擊通常包括資源使用、人體健康及生態影響等，這都可以用來輔助評估球場永續經營策略的正確性。

## 草坪永續管理的重要性

行政院提出目前國內高爾夫球場，大多設於山坡地，初期開發不當易造成土壤流失、後期經營若依一般管理也會衍生水資源污染及生態保育等問題，因此，未來高爾夫球場申請籌設應以平地化、平民化及兼具觀光發展為主。即使這樣，仍會成為“無煙污染”，應該再加上應符合永續高爾夫球場的經營規範，如此才能成為平地的“城市綠洲”，又能復育環境並扭轉社會觀感。

近年來在京都議定書的規範下，各先進國家無不設法限制溫室氣體排放量，甚至日本與歐盟已透過立法設定碳稅。在此趨勢下，台灣也制定「溫室氣體減量法」草案，以規範溫室氣體排放量及訂定所分配到之二氧化碳配額可視為有價物交易，不夠用或是有多出來，都可與其他的排放戶進行買賣。簡單的說，無法達到減量之生產單位可向能有效減量之生產單位購買配額。倘若未來制定了有機高爾夫球場或永續高爾夫球場標準規範之下，球場若能適當的發揮綠地的效能，並維持擊球品質，又能達到最大的二氧化碳減量目的。如此一來，不僅可直接對生態系產生貢獻，更可以在未來“碳稅”(carbon tax) 交易實施時，協助減輕未來《京都議定書》對我國工業及外貿所帶來的壓力，並能逐步恢復台灣的生態系。為因應全球氣候變遷與生態平衡，發展生態親合與節源高效之永續草坪管理科技已成為先進國家之高爾夫球場的發展趨勢，亦為影響未來台灣球場是否具國際吸引力之重要因子。

## 草坪永續管理的基本理念

草坪日常的實務管理是一門結合植物學、農藝學、土壤學、農業化學、農業機械學及人力資源與財務管理各項專業領域的跨領域管理科學。而草坪品質的好壞，除了由選用之草種決定外，也受到氣候、土壤、草種栽培管理及病蟲害防治所影響，因此充分認識草坪草種、草坪草生理特性、病蟲草生態、整體環境條件及日常管理技術，才能相輔相成，擬定合宜的管理策略以建立永續且優質的草坪。而所謂優質草坪包含可提供翠綠的視覺、踏上去有彈性且要適中、耐壓性強及病蟲害少等，為達到上述目標，在養護觀察上要注意：葉色、葉數、莖葉密度厚度、莖葉硬度、分蘗數、根系及病蟲草害等，而這些都與草坪日常管理有密切關係。

不當的管理對草皮有不良的影響，可能也會引起更多的病蟲草害及環境的

問題，而無法降低投入。因此運用正確的管理操作，可將問題減少到最低，以達到低投入的永續管理策略，且可避免一味的施用過量化學藥劑或使用不當藥劑等問題而造成土壤及水質之污染。

## 一、慎選草坪草種類與品種

永續性高爾夫球場草坪操作成功的關鍵在於草坪草種類與品種的選擇。基本依據即充分掌握「生物多樣性」的精神與平衡，而實施執行策略即是擴大參與式育種(Participatory plant breeding, PPB)。

一般而言，生物多樣性是基因多樣性、物種多樣性與生態體系多樣性，因此永續球場會採用多草種或品種，但這些草種來源大都是在慣行的高投入養護環境中所育成。一般傳統的育種方法，在施用適當的化學肥料及藥劑、土壤肥沃、及控制病蟲害的育種環境下來進行選育，惟所選育出的優良草坪品種改種植於低投入、多變的永續性球場，由於變異性高的球場環境使得原選育出的優良草種無法得到預期的結果。而參與式育種方法則是透過球場的參與，運用在地知識，並且直接在球場進行試驗，選拔適合當地球場環境的品系，有效產生較多的品種，使球場的生物多樣性增加。

在低投入或有機農法的狀況之下，草坪草的生育環境是隨著時間呈動態式改變，利用基因多樣性高的品系(族群)，可以對環境具有更佳的適應力，並且兼具穩定草坪品質的能力。這些基因多樣性高的品系，只要保有雜交的機會，在球場間彼此的交換，就可以繼續在球場裡隨著時間演化，連續性的適應環境。

本地值得開發利用的草種如小馬唐、假儉草、海雀稗、普通百慕達草、類地毯草竹節草、地毯草、兩耳草及結縷草等，大都是具有自然結籽特性的異質族群。其中結縷草屬(*Zoysia* spp.)為多年生 C<sub>4</sub> 型禾本科植物，自然分布於台灣多種不同自然環境之海岸地帶，在澎湖等離島則成為優勢草種，具有耐鹽、耐旱、耐濕、耐瘠、耐踏及耐病蟲害等特性，可減少水分消耗及農藥、肥料之使用，不但可節省管理成本，而且有利於環境保護，是濱海區域的優良草坪草種，目前在屏東科技大學農園系與台灣大學農藝學系都有進行栽培觀察試驗。未來在育種過程中若能加入實際操作球場的參與，不僅可反應出各球場真正的需求，同時也復育了本地的種源，對環境的永續發展都有相當的助益。

## 二、瞭解草坪草生理特性

### 1. 草坪草刈割頻度的原則：遵守 1/3 原則

草坪莖桿對刈割的反應為頂芽優勢去除，促進側芽生長，以提高最佳的光合作用。若每次刈割超過 1/3 則草坪易被剃平(scalping)，僅剩葉鞘，使草坪色澤變淡黃化。草坪若被剃平，形同逆境，葉冠大幅降低，光合作用下降，使得草坪密度、垂直生長速率與走莖及匍匐莖的生長等皆降低。因此在不良氣候下，延遲了刈割作業，仍須遵守 1/3 原則，採逐步下修以降低高度。

## 2. 草坪草根系管理的原則：枝/根(shoot/root)比以 1/3 為目標

影響草坪草根系發育的管理因子主要為刈割、施肥與灌溉。根系的生長需仰賴地上部莖葉養分的供給，當刈割高度降低，草坪草根系的深度、生長速率與產量都會減少，枝/根比變大。例如肯塔基藍草維持 2.5 cm 刈割高度（每隔 5 天）的根重，只有以刈割 5.1 cm（每隔 7 天）的 66%。

而草坪草最理想的枝/根比為 1/3，當草坪草的枝/根比達 3，代表氮肥施用過量，一般在推薦適量下為 2~1.5，氮肥低於推薦量則 1~1/2，若逐漸提高草坪土壤有機質含有，其枝/根比較能達到 1/3。百慕達草草坪若於夏末秋初施用過量氮會導致冬天低溫嚴重傷害，就是因為過量氮素會造成根系變淺、莖葉含水率高、枯草層增加。草坪草若能貯存較多的碳水化合物，就會有有健康旺盛的根系，自然能增加草坪草對環境逆境與有害物的忍受性，即能降低肥培管理與化學藥劑的投入量。

## 三、掌握草坪管理與病蟲草害之關係

草坪採用永續管理即能建構健康的草坪，可以孕育出各種益蟲或無害之昆蟲。草坪益蟲包括步行蟲 (ground beetles)、隱翅蟲 (rove beetles)、肉食性或寄生性黃蜂及無害之螞蟻等；有些對草坪環境無害，僅扮演著食物鏈的角色；有些昆蟲則是對草坪有益的，能捕食害蟲，如肉食性甲蟲可以捕食啃食草坪的毛毛蟲，無須農藥即可壓制害蟲的幼蟲，降低害蟲的族群數目。

### 1. 草屑管理與病蟲草害

草屑也是草坪草病害的傳染源之一，但一般草坪草病害仍以植體養份的影響大於草屑所傳播。未移除的草屑會成為氮素供源，草坪草莖葉的含水量因而增加，植物細胞壁變薄，其中莖葉細胞壁變薄會導致其對病害的抵抗力降低，在溫帶草種經常因氮素過高而造成易罹患褐斑病 (brown patch)。如在多年生黑麥草 (Perennial ryegrass) 刈割作業時，不除草屑，錢斑病 (Dollar spot) 會減少，但褐斑病則較多，但在高狐草 (Tall fescue) 則無明顯差異。高狐草在金龜子成蟲最高峰時，長草區草坪刈割高度 18 cm 比割刈 7.6 cm 幼蟲生物量可減少約 55%。匍匐型小糠草 (Creeping bentgrass) 在不同刈割高度對切根蟲防治效果不明顯，若除草屑則可降低危害。

草坪刈割高度若能維持在該草種適割高度範圍的上限時，就能減少雜草的侵入。高狐草草坪遭遇馬唐嚴重侵入時，刈割 3.2 cm 時馬唐覆蓋率達 80%；若割刈提高至 8.8 cm 時馬唐覆蓋率僅 3%。高狐草草坪刈割 1.9 cm 較刈割 5.7 cm 易遭百慕達草嚴重侵入。在雜草抽穗結籽時期，草屑會夾帶雜草種子，此時應移除。如高狐草草坪維持刈割高度若為 1.5 inch，則刈割周期為 6 天；若維持刈割高度提高為 4 inch 則刈割周期增長為 10 天，可以節省割草工時，並達到蟲害與雜草

的控制。

## 2. 草坪草施肥管理與病蟲草害之關係

合理化氮肥可以提升緻密的草坪降低大部分雜草的入侵。磷肥會促進單年生藍草 *annual bluegrass* 的入侵。低氮肥下易伴隨錢斑病、紅線病 (*red thread*) 與銹病 (*rust*) 等；高氮肥下易促進褐斑病、根腐病、和葉斑病 (*leaf spot*)，且速效性肥較緩效性肥嚴重。

生理酸性肥 (*Acid-reacting fertilizers*) (如硫酸銨) 發現可以降低部分感染根系疾病的罹病率，如春枯病 (*spring dead spot*)、夏斑病 (*summer patch*) 和全蝕病 (*take-all patch*) 等。生理酸性肥會降低土壤酸鹼度，發現可以減少草坪金龜子幼蟲 (*white grubs*) 與日本甲蟲 (*Japanese beetle*) 族群密度與蟲隻體積。

## 3. 草坪草灌溉與病蟲草害之關係

灌溉管理可能會促進或抑制雜草的問題。低頻或不足的噴灌會導致乾旱逆境而降低草坪覆蓋率，造成了雜草入境的機會。尤其是在溫帶草坪草區當遇到乾旱時，會遭受夏季一年生熱帶禾草如馬唐 (*Digitaria spp.*) 的入侵。高頻率或過量的噴灌除了會促進早熟禾 (*Poa annua*) 與莎草科 (*Cyperus spp.*) 雜草的生長，也容易增加啃食根部昆蟲 (如雞母蟲、螻蛄等) 的族群量。真菌會跟著灌溉水擴散，任何噴灌策略造成過濕狀態，就會促進病菌的感染。如依循田間容水量噴灌或夜間噴灌的策略皆會造成土壤過濕，且感病增加的情形。

# 草坪永續管理的技術

## 一、球場佈局

一般球場普遍採用單一草種，主要優點在於作業效率高，惟天然災害 (風災、水害) 及病蟲害等，不容易分散為其主要缺點，若能從長草區及冬季交播作業 (*Overseeding*) 時，秉持生物多樣性的精神，優先建立合理的混作制度 (*mixed cropping*) 即可補救。透過混作，各種草種因遭遇天候不調等關係被害程度不同，利用乙草種來補償甲草種之損失。由於各種草種根系之深淺不一，土壤中各層養分得以充分被吸收利用。各種草種所需之養分不盡相同，不致有專消耗某一種營養素而殘留他種之現象發生。

混合草種可以減少病蟲害之寄生及危害，如冬季交播作業，多年生黑麥草可以混合肯塔基藍草 (*Kentucky bluegrass*) 創造深綠的草坪或與小糠草草坪質地較細緻。

永續農業之農田佈局中有所謂的保育邊行 (*Conservation headlands*)、田籬 (*Hedgerows*) 與草畦 (*Beetle banks*) 等，目的在創造出多樣且複雜的雜草

相可提供有益昆蟲族群之棲息並調控特定的蟲害，同時亦可增加土壤有機碳庫貯存量，並能提高農田生物多樣性，進而改善對農田生態系之動態平衡有益的生物相。國內已有許多球場業者，盡量增加原生植物區或不刈割區的比例，但在選擇種植禾草以外的植栽時，仍要留意栽植之植物是否有抗旱節水的特性，因為觀賞植物多為 C<sub>3</sub> 型植物，需水量更高。

## 二、草屑管理

每刈割 1 公噸的草屑中含有 60 lb N、50 lb K<sub>2</sub>O、10 lb P<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、10 lb MgO 與 25 lb CaO，因此在長草區與球道區，使用迴轉式割草機 (rotary mowers) 時盡量選用具有粉碎功能的刀片，可以將刈除的莖葉切成很小的草屑，直接回射進草坪基部，草屑不會遮掩草坪影響光合作用，在亞熱帶台灣分解亦迅速，可以提供養分的永續循環利用。

## 三、有機肥施用

因為環境關懷與鼓勵廢棄物資源回收利用，高爾夫管理者開始注意球場投入與產出分析 (input-output analysis)，傾倒草屑與其滲出液會污染附近水資源並影響周圍生物相，若能將這些廢棄物再生資材回施草坪，將可減少化肥的施用量。有機堆肥施於乾旱的夏季可以促進(提高)草坪色澤與密度，但仍應避免過量施用，會造成生長過速，枯草層太厚。

有機堆肥施用基本原則為，施用前應先過篩 (3mm~6mm)，並混合 20~30 % (V/V) 的砂，剛開始施用果嶺不要超過 100 g/m<sup>2</sup> yr.，其他區域如球道區則不要超過 250 g/m<sup>2</sup> yr.，施用時機可以每月施用一次，亦可集中於每年十月與二月施用，或添加在鋪砂介質中但不要超過 20%，爾後逐年檢視土壤環境後再調整提高。雖然鋪砂介質通常會使用與建造果嶺相同的土壤用來鋪砂操作，因為土壤中已有足量的有機質，通常不需再拌入有機質，只以純砂即可。但添加有機肥的目的在導入健康的微生物相與提供土壤微量元素。

至於平常的養護與草坪色澤調整，可用有機堆肥液、木酢液或糖醋液等，進行葉面噴施，均具有一定的殺菌、驅蟲作用，能幫助土壤中的有益微生物繁殖，能較好地防治病蟲害，亦能促進草坪的健康。

## 四、特定地點草坪管理(SSTM, Site-Specific Turf Management)

草坪品質的好壞，一般均依照草坪管理者的觀察結果與經驗來擬訂管理策略，但卻無法及時改善草坪品質。不當的管理對草皮有不良的影響，可能也會引起更多的病蟲害及環境污染問題，運用遙感探測技術，將草坪管理作業中之施藥、施肥及除草等，根據球場不同區塊存在不同特性，如不同之病蟲害、肥力、

雜草，施以最適當之處理。並藉由可變率技術(VRT, variable rate technology)可以減少藥物及肥料的噴施量。達到低投入的管理策略，並可避免施用過量化學藥劑或使用不當藥劑等問題而造成土壤及水質之污染。最後再配合即時診斷儀器的輔助，以提昇草坪管理的效率，即是所謂的特定地點草坪管理。近年來隨著感測儀器解析度與數位化的提高，已開發出許多商業化草坪管理輔助診斷儀器。透過合宜的草坪養護作業，創造健康的草坪，可以降低病蟲草害的發生，提高其對異常氣候的忍受性，如此即可達到農藥、肥料、灌溉水等的減量目標。

## 結 語

永續性高爾夫球場之經營，原則上即是應用自然界物質循環使用及生態系中物種相互依存、相輔相成和相剋相生的現象來經營球場，使高爾夫球場在經濟健全與對社會負責的管理下，和諧保育其自然環境，在改善高爾夫球場擊球品質之餘，還得保護生態環境。其中永續草坪管理須結合植物學、農藝學、土壤學、農業化學、農業機械學、生態學及人力資源與財務管理各項專業領域的跨領域管理科學，亦稱為綜合資源管理，從再生資源與非再生資源的有效利用、適宜的草坪管理技術之使用、生物多樣性、棲地動植物的復育，到球場的經營管理，球場的經濟利益分析，球友的接受程度，每一環節皆須考量是否符合永續之原則。使高爾夫球場在經濟健全與對社會負責的管理下，和諧保育其自然環境，能在改善高爾夫球場擊球品質之餘，還得保護生態環境與提高固碳的貢獻。

## 參考文獻

- 王裕文。2000。草坪與高爾夫球場果嶺管理：八十九年高爾夫球場農藥肥料使用及雨水管理研習會。
- 康樂、郭華仁。2009。參與式育種之理論與策略。宜蘭：有機農業全球資訊網。  
<http://info.organic.org.tw/>。
- 黃文達。2010。有機栽培之雜草管理。農地雜草管理與除草劑安全使用研習會，pp. 55-62。中華民國雜草學會，2010年10月5日。台灣新竹。  
(ISBN:978-986-02-4820-3)
- 黃文達。2002。百慕達草品系之蒐集、適應性與其草坪管理之研究。國立臺灣大學農藝學研究所博士論文。
- 陳宏銘。2006。遙感探測在百慕達草草坪管理之應用。國立臺灣大學農藝學研究所碩士論文。
- 陳宏銘、何益峰、黃文達。2007。高爾夫球場草坪生理與病蟲害防治之關係。高爾夫球場病蟲害防治及消費者保護研習會。行政院體育委員會。新竹關西。  
<http://www.gcs.org.tw/gcs/study/96/9603.html>。
- 謝清祥。2000。草坪綠地的病蟲害管理。2000休閒綠地管理實務研討會 p173~176。
- McCarty LB, Murphy TR.**1994. Control of turfgrass weeds. Amer Soc Agron Crop Sci Soc Amer, USA *Turf Weeds and Their Control*. p209-248.
- Beard JB.**1982. Turf management for golf courses. The United States Golf Association, USA.
- Cook, A. & Baker, SW.** 1998. Effects of organic amendments on selected physical and chemical properties of rootzones for golf greens. *Journal of Turfgrass Science*, Vol 74, 2 -10.
- Daniel WH, Roberts EC.**1980. Turfgrass management in the United States. *Turfgrass Management* p259-326.
- Decker HF, Decker JM.** 1988. Lawn care: a handbook for professionals. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Duble RL.** 1989. Southern turfgrasses: Their management and use. TexScape, College Station. p109-271.