

# 耙式調製型割草機利用於盤固乾草生產之評估<sup>(1)</sup>

朱明宏<sup>(2)(3)</sup> 張敏郎<sup>(2)</sup> 劉信宏<sup>(2)</sup> 游翠鳳<sup>(2)</sup> 陳嘉昇<sup>(2)</sup>

收件日期：105 年 8 月 4 日；接受日期：105 年 11 月 10 日

## 摘 要

氣候是影響乾草生產的關鍵，牧草在田間乾燥的時間愈長，受到降雨淋洗的風險愈高，對於乾草產量與品質的影響也愈大。為了加速牧草的乾燥，調製型割草機常利用於乾草生產。本研究之目的為利用耙式調製型割草機刈割不同生長期之盤固草 (*Digitaria pentzii*)，評估其加快牧草乾燥之效果與乾草生產效率。試驗結果顯示，調製型割草機能夠折斷草莖，使其較圓盤型割草機刈割之盤固草乾燥速度快，可提前半天至一天達到乾草收穫標準。耙式調製型割草機為割草機連結耙式裝置，需要比圓盤型割草機更大的動力來運轉，造成調製型割草機在刈割相同面積及生產同重量乾草時，其油耗均較圓盤型高。具匍匐性的長草區限制調製型割草機的刈割速度，使其每小時作業面積較圓盤型少 20%，每小時生產之乾草重量亦較圓盤型少 37%。然而，在不影響刈割速度的短草區，刈割範圍較寬的調製型割草機每小時之作業面積及乾草生產量分別較圓盤型高 38% 及 30%。調製型割草機能折斷草莖以加快盤固草乾燥速度，但此附加的調製步驟不會影響乾草品質。耙式調製型割草機能加快田間乾燥速度使乾草達收穫標準之時間提前，對於優質盤固乾草之生產有所助益。

關鍵詞：調製型割草機、盤固草、乾草。

## 緒 言

牧草是草食動物每日不可或缺的飼糧，高品質的牧草更是提高動物產值的要素。牧草除了青飼外，製成青貯（部分草種）、半乾青貯或乾草需經由不同程度的乾燥，乾燥過程會因植體本身及微生物的呼吸作用而消耗牧草的碳水化合物，產生二氧化碳、水與熱能，導致乾物質及營養成分的降低 (Rotz, 2005; Undersander and Saxe, 2010)。

牧草的呼吸作用在植體含水率低於 40% 才會停止 (Wolf and Carson, 1973; Rotz, 2003)，因此，隨著在田間乾燥的時間愈長，呼吸作用將使養分損失愈多，更增加降雨淋洗的風險 (Scarborough *et al.*, 2005; Kung *et al.*, 2010)。淋雨在牧草乾燥過程中對乾物質及品質影響最大 (Rotz and Muck, 1994)，含水率的增加將使牧草中的微生物獲得適合繁衍的環境，微生物及植體的呼吸作用亦將受到活化且持續進行，導致牧草發霉與乾物質損失 (Willcock and Magan, 2001; Turner *et al.*, 2002)。此外，較強的降雨更會造成葉片脫落及淋洗牧草，導致營養成分的流失 (Rotz and Muck, 1994; Smith and Brown, 1994; Scarborough *et al.*, 2006)。相較於其他牧草的利用型式，乾草需要最長的乾燥時間，因此田間乾燥時間的縮短成為優良乾草產製的重要環節。

牧草中水分的乾燥可分為三個階段，最初水分主要由葉片的氣孔排出，葉片由於表面積大且氣孔分佈眾多，可加速水分的排出。當含水率降至 60% 以下，葉片氣孔關閉，植體中的水分由葉片及莖的表面間隙蒸散，最後階段則是緊密附著在莖稈中的水分排出 (Undersander and Saxe, 2010)。由於植物葉片及莖的表面常有茸毛 (trichome) 或角質層等防止水分蒸散的結構，又莖稈中的水分受到附著力的吸引而不易排出，兩項因子成為影響牧草乾燥速度的關鍵 (Rotz, 1995)。除了牧草本身的植體特性外 (例：角質層厚薄、葉 / 莖的比例、成熟度)，影響田間乾燥速度的因素眾多，溫度、日照、風速、土壤含水量、大氣相對溼度等均是影響因子，其中以日照強度、風速及大氣相對溼度的影響較大 (Rotz, 1995; Undersander, 2003)。由於氣候因子無法人為掌控，要加速牧草在田間的乾燥速度僅能由機械化產製過程著手。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2534 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

(3) 通訊作者，E-mail：mmchu@mail.tlri.gov.tw。

乾草的機械化產製一般以翻草機翻草來加速乾燥，然而翻草次數的增加會提升產量的損失、機械油耗及維護成本，尤其在含水率較低的產製後期易造成葉片的碎裂與脫落，使得後續乾草打包的損失率上升 (Rotz, 2003)。為了提升乾燥速率及減少產量損失，調製型割草機是乾草生產的一項利器。調製型割草機為割草機連結滾輪式 (roll type) 或耙式 (flail/impeller type) 裝置，其中滾輪式以碾壓的方式擠出莖稈中的水分，耙式則以破壞角質層及折斷莖稈的方式加速水分排出 (Rotz, 2003; Digman *et al.*, 2011)。一般來說，滾輪式裝置適合於調製莖稈較厚的豆科牧草，耙式裝置則適合於禾本科牧草 (Rotz, 2005; Digman *et al.*, 2011)。調製型割草機雖有助於牧草乾燥，但在使用不適之下，以耙式裝置收穫豆科牧草會較滾輪式裝置多損失 1% – 4% 葉片，造成產量降低及芻料營養成分的改變 (Greenlees *et al.*, 2000)。此外，隨著調製型裝置的使用強度愈高，牧草乾燥速率愈快，但也更易造成乾物質損失、機械所需動力與油耗的增加 (Rotz and Sprott, 1984; Savoie, 2001)。因此，選擇適當的裝置及使用強度，才能使乾草生產的產量與品質兼俱。

乾草在田間的乾燥過程會造成 18% – 30% 乾物質損失，潮溼的氣候更可能使損失大於 30% (Rees, 1982)。臺灣屬於海島型氣候，不若相對溼度低的大陸型氣候國家，降雨頻繁及氣候潮溼導致適合乾草生產的區域與季節受到限制。目前國內乾草生產主要以禾本科的盤固草為主，為了解調製裝置對盤固草的乾草產製效益為何，本研究以傳統圓盤式及耙式調製型割草機進行試驗，作為日後盤固乾草生產利用之參考。

## 材料與方法

### I. 參試機械

以 2 部出廠年份及型號相同之曳引機 (Same Explorer 3 100) 分別附掛圓盤型割草機 (Disc mower, Lely classic-165) 與耙式調製型割草機 (Flail type mower conditioner, Galfrè SPP-FR/D245)，於畜試所恆春分所的盤固草區進行刈割，後續以相同之翻草機 (Vicon haybob 300) 及打包機 (Lely Welger RP 245) 收穫乾草。

### II. 割草機之刈割試驗

以面積各 6 公頃、不同生長期的盤固草長草區 (草長約 90 – 120 公分) 及短草區 (草長約 60 – 90 公分) 作為試驗草地，於 2015 年 10 月 1 日至 7 日進行乾草生產，試驗期間之氣象資料如圖 1。

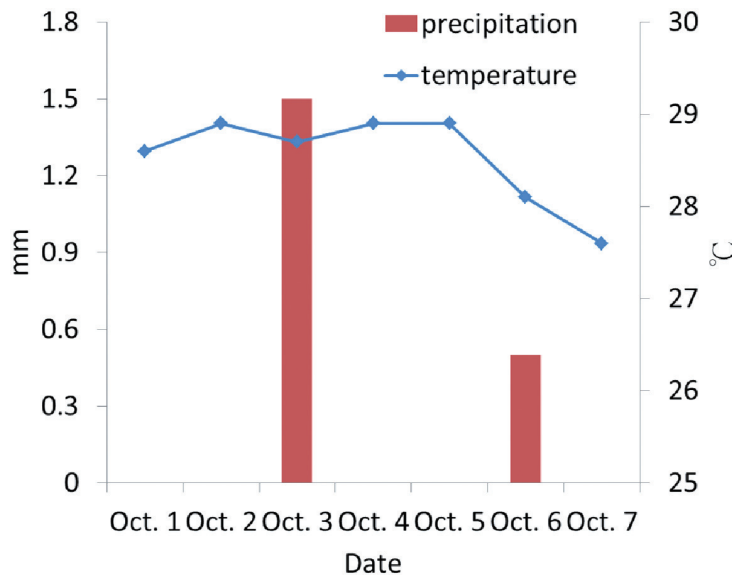


圖 1. 2015 年 10 月 1 日至 7 日之每日平均氣溫及降雨量。

Fig. 1. The daily mean temperature and precipitation of October 1st to 7th in 2015.

#### (i) 盤固草乾物率之變化分析

試驗於 10 月 1 日及 2 日每日上午各刈割長草區一次，分別為長草區 1 及長草區 2；短草區於 10 月 2 與 3 日每日上午各刈割一次，分別為短草區 1 及短草區 2，每區刈割面積均為 1 公頃。刈割後每公頃取樣 10 處，每處取 500 公克鮮重之盤固草進行乾物率測定，經 80°C 烘乾 48 小時後測量乾重以計算乾物率。乾物率測定以割草當日上午 10 點作為刈割後當下 (第 0 天) 之乾物率數據，6 小時後 (下午 4 點) 再測定一次作為刈割

後 0.25 天之數據，後續每日上午 10 點及下午 4 點均進行測定，連續記錄刈割後 0、0.25、1、1.25、2、2.25、3、3.25 天之盤固草乾物率。

(ii) 盤固草刈割後之草梗長度分析

於長草及短草區分別取樣兩種型式割草機刈割後之盤固草，量測草梗長度後以 10 公分為區間統計不同長度之草梗枝數。

(iii) 油耗及刈割效率試驗

以兩種型式之割草機各刈割 1 公頃草地，分別於長草及短草區進行 3 重複試驗。試驗前將附掛不同型式割草機之曳引機加滿柴油，刈割完成後再將曳引機的油箱重新加滿，計算消耗之柴油量與試驗時間。曬乾後之盤固草利用相同集草機及打包機收穫，由測定之乾物率計算每試區所生產之盤固草乾物產量。以刈割每公頃草地所需之柴油量 (L/ton) 及生產每公噸乾物產量盤固草所需之柴油量 (L/ton) 作為油耗數據，以每小時能刈割之面積 (Ha/hr) 及每小時能生產之盤固草乾物產量 (Ton/hr) 作為刈割效率數據。

### III. 盤固草植體成分分析

以 10 月 2 日刈割之長草區及 10 月 3 日刈割之短草區作為試驗樣區，於刈割後 3 日內每日取樣兩個試區之盤固草，經 80°C 烘乾 48 小時後磨粉，分析盤固草之粗蛋白質 (crude protein, CP)、酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF)、中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 及水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrates, WSC) 含量。分析方法如下：依 Kjeldahl 法測定植體全氮含量 (AOAC, 1990) 後乘以 6.25 即得 CP，ADF 定量參照 AOAC (1990) 之方法，NDF 採添加  $\alpha$ -amylase 之方法 (Van Soest *et al.*, 1991) 測定，WSC 以蒽酮 (anthrone) 呈色法測定 (Morris, 1948)。

## 結果與討論

盤固草以圓盤型與耙式調製型割草機 (以下分別簡稱圓盤型及調製型) 刈割，在田間乾燥過程中除了割草完成當下及受到降雨 (圖 1) 影響後，兩種割草機刈割之盤固草乾物率相近，其餘時間點不論長草區或短草區，均以調製型高於圓盤型刈割之乾物率 (圖 2)。此外，受到些微降雨影響後，調製型刈割之盤固草乾物率下降幅度較圓盤型刈割者大 (圖 2)，造成此現象的原因來自於較乾燥之牧草能夠吸收較多水氣，且調製型能破壞牧草的角質層，使露水或雨水易於滲透入牧草 (Kepner *et al.*, 1960; Fairbanks and Thierstein, 1966)。然而，由盤固草的乾物率變動情形能發現 (圖 2)，即使受到降雨影響，調製型仍能比圓盤型刈割之牧草提早達到乾物率大於 80% 之乾草收穫標準，可提早半天至 1 天進行盤固草收穫。

利用調製型及無調製裝置之割草機刈割梯牧草 (*Phleum pratense*)，不論在孕穗期或抽穗期產製乾草，調製型均比無調製裝置刈割之乾燥速度快且收穫時間短 (Savoie *et al.*, 2002)，調製型利用在不同生長期的盤固草乾草生產上亦有相同結果 (圖 2)。比較兩種割草機刈割之盤固草乾物率，長草區刈割後經 6、30 及 54 小時之田間乾燥，調製型刈割之乾物率均顯著高於圓盤型，短草區刈割之結果亦與長草區相同 (表 1)，顯示利用調製型刈割能加快盤固草的乾燥速率。分析兩種割草機刈割盤固草後之草梗長度，在長草區部分，以圓盤型刈割後之草梗長度多數為 60 至 100 cm，少部分為 30 至 50 cm，平均為  $68.1 \pm 20.6$  cm；以調製型刈割後之草梗長度大多數為 10 至 50 cm，平均為  $29.3 \pm 14.9$  cm (圖 3)。在短草區部分，以圓盤型刈割後之草梗長度主要為 50 至 60 cm，平均為  $56.8 \pm 8.2$  cm；以調製型刈割後之草梗長度多數為 20 至 40 cm，平均為  $29.7 \pm 9.6$  cm (圖 3)。測量刈割後之草梗長度能發現，調製型割草機可折斷草莖，有利於莖稈中的水分排出，因此其刈割後之盤固草乾燥速度較圓盤型快 (圖 2 及表 1)。

計算兩種割草機在不同生長期盤固草區作業所需的能源，在刈割每公頃之油耗部分 (L/ha, 表 2)，長草區每刈割一公頃，調製型之油耗較圓盤型增加 111%；短草區每刈割一公頃，調製型之油耗較圓盤型增加 4%。在生產每公噸乾草之油耗部分 (L/ton, 表 2)，長草區每生產一公噸乾草，調製型之油耗較圓盤型增加 164%；短草區每生產一公噸乾草，調製型之油耗較圓盤型增加 9%。由油耗數據顯示，不論刈割長草或短草區，調製型刈割每公頃及生產每公噸乾草之油耗均較圓盤型高。由於調製型為割草機連結調製裝置，其刀盤又較圓盤型多增加兩組，需要曳引機以較大之動力才能驅動機械，因此調製型作業所需之油耗較無調製裝置者高，又調製裝置之套件愈多或操作之轉速愈高，將造成機械之動力及油耗需求愈大 (Savoie, 2001; Rotz, 2003)。此外，刈割相同面積時，調製型刈割長草區之油耗較刈割短草區增加 67%，但圓盤型刈割長草與短草區之油耗無顯著差異 (表 2)。在長草區不論刈割每公頃或生產每公噸乾草之油耗，調製型均顯著高於圓盤型，又調製型刈割長草區之油耗亦顯著高於刈割短草區。造成此現象之原因來自於長草區之盤固草具有匍匐性，增加牧草纏繞耙式調製裝置的機率，使附掛調製型之曳引機需要加大動力輸出來維持正常運作，亦需降低刈割速度來避免大量盤固草纏繞而導致機械不堪負荷。然而，即使調製型在長草

區的油耗高且作業速度較慢，但因為長草區單位面積的盤固草產量較短草區高，調製型在長草區生產每公噸乾草所需之油耗與短草區無顯著差異，圓盤型在長草區生產每公噸乾草之油耗較短草區減少 58% (表 2)。

表 1. 盤固草經圓盤型及耙式調製型割草機刈割 6、30、54 小時後乾物率之比較

Table 1. Comparison of dry matter content (%) of Pangola grass mowed by disc mower and flail type mower conditioner after 6, 30 and 54 hours

Hours after mowing	Long grass field 1†		Long grass field 2		Short grass field 1		Short grass field 2	
	Disc‡	Flail	Disc	Flail	Disc	Flail	Disc	Flail
6	56.1 <sup>b</sup>	62.8 <sup>a</sup>	55.5 <sup>b</sup>	58.8 <sup>a</sup>	57.8 <sup>b</sup>	64.5 <sup>a</sup>	54.8 <sup>b</sup>	59.5 <sup>a</sup>
30	66.1 <sup>b</sup>	76.6 <sup>a</sup>	60.3 <sup>b</sup>	72.6 <sup>a</sup>	65.4 <sup>b</sup>	72.7 <sup>a</sup>	74.3 <sup>b</sup>	79.4 <sup>a</sup>
54	72.4 <sup>b</sup>	81.0 <sup>a</sup>	76.1 <sup>b</sup>	81.8 <sup>a</sup>	77.8 <sup>b</sup>	82.9 <sup>a</sup>	80.5 <sup>b</sup>	85.1 <sup>a</sup>

†Long grass field 1 and 2 were cut on Oct. 1 and 2, respectively; Short grass field 1 and 2 were cut on Oct. 2 and 3, respectively.

‡Disc: disc mower; Flail: Flail type mower conditioner.

<sup>a, b</sup> Means within a row followed by the different letters are significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

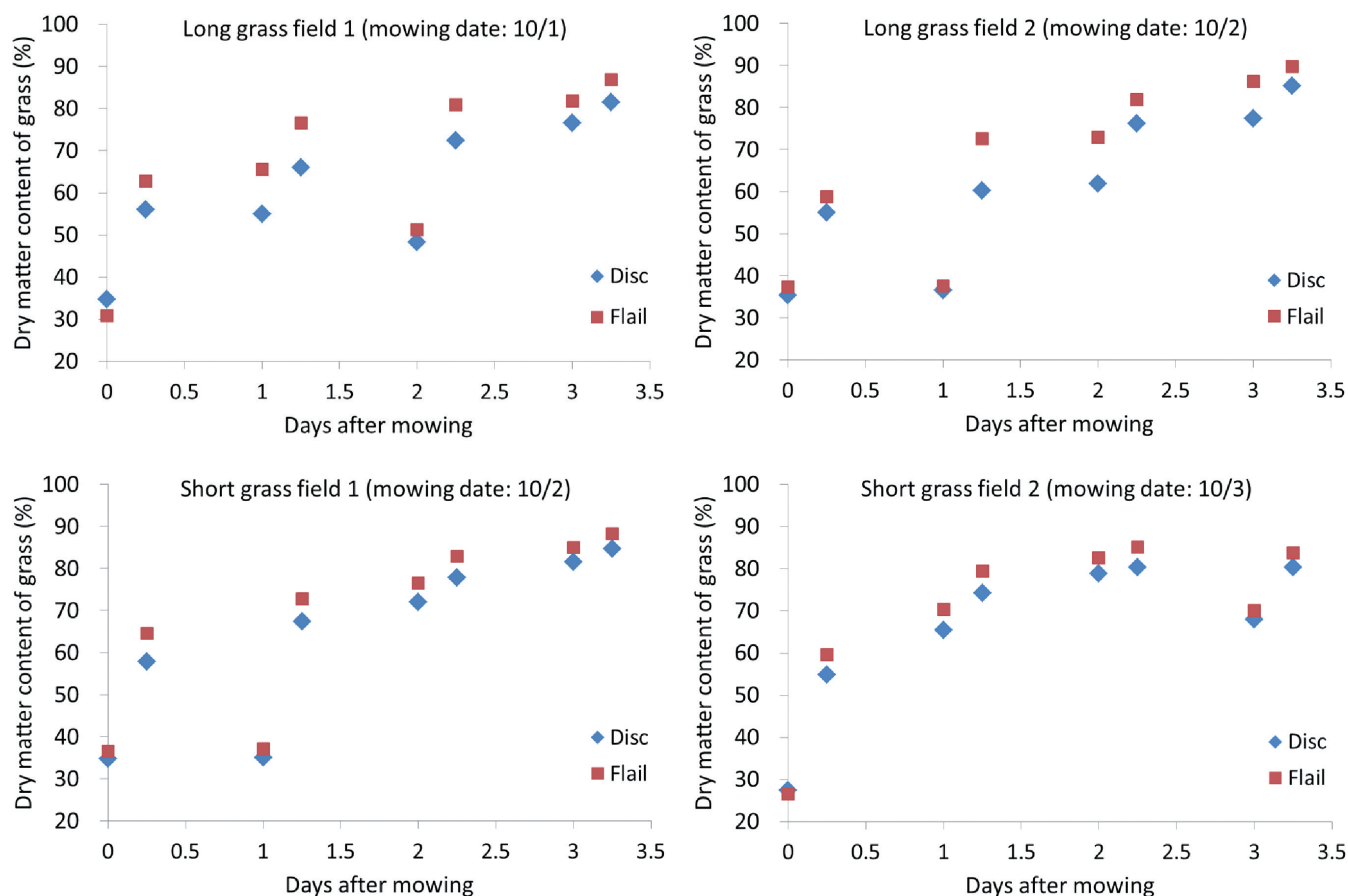


圖 2. 盤固草經圓盤型及耙式調製型割草機刈割後乾物率之變動情形。

Fig. 2. Variation of the dry matter content of Pangola grass mowed by disc mower and flail type mower conditioner.

表 2. 圓盤型與耙式調製型割草機刈割及生產盤固草之油耗比較

Table 2. Comparison of fuel consumption of Pangola grass mowed and yielded by disc mower and flail type mower conditioner

Mower type	Mowing area (L/ha)		Dry matter yield (L/ton)	
	Long grass field	Short grass field	Long grass field	Short grass field
Disc†	11.4 <sup>bA</sup>	13.9 <sup>bA</sup>	1.4 <sup>bB</sup>	3.3 <sup>bA</sup>
Flail	24.1 <sup>aA</sup>	14.4 <sup>aB</sup>	3.7 <sup>aA</sup>	3.6 <sup>aA</sup>

† Disc: disc mower; Flail: Flail type mower conditioner.

a, b, A, B Means within a column (in small letter) and within a row (in capital letter) followed by the different letters are significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

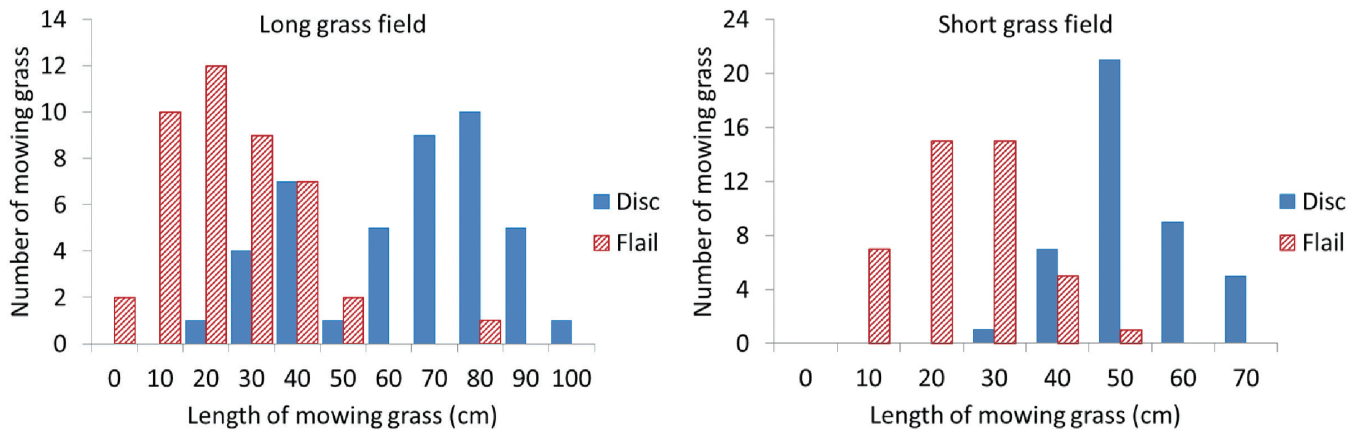


圖 3. 盤固草經圓盤型及耙式調製型割草機刈割後草梗長度之分佈。

Fig. 3. Distribution of the stem length of Pangola grass mowed by disc mower and flail type mower conditioner.

以每小時能刈割之面積及能生產之乾草重量作為效能評估數據，比較調製型與圓盤型在長草及短草區刈割與生產乾草之差異。由於長草區盤固草的匍匐特性影響調製型刈割速度，因此在長草區作業時，調製型每小時較圓盤型之刈割面積減少 20%，每小時生產之乾草重量亦較圓盤型減少 37% (表 3)。此外，由於圓盤型不受長草區的匍匐特性影響，因此圓盤型在長草與短草區每小時之刈割面積無顯著差異，但調製型刈割速度因受匍匐特性限制，在長草區每小時之刈割面積較短草區減少 39% (表 3)。在不影響調製型刈割速度之短草區，由於調製型之刀盤較圓盤型多兩組，使其刈割範圍較寬，故調製型每小時之刈割面積及生產之乾草重量分別較圓盤型高 38% 及 30% (表 3)。因長草區單位面積的盤固草產量較短草區高，而圓盤型在長草與短草區之每小時刈割面積相近，故圓盤型在長草區每小時生產之乾草重量顯著高於短草區。然而，因調製型在長草區每小時之刈割面積顯著低於短草區 (表 3)，造成調製型在盤固草單位面積產量較高的長草區其每小時生產之乾草重量與短草區無顯著差異。

表 3. 圓盤型與耙式調製型割草機刈割及生產盤固草之效率比較

Table 3. Comparison of mowing and yielding efficiency of Pangola grass mowed and yielded by disc mower and flail type mower conditioner

Mower type	Mowing area (ha/hr)		Dry matter yield (ton/hr)	
	Long grass field	Short grass field	Long grass field	Short grass field
Disc†	0.75 <sup>aA</sup>	0.72 <sup>bA</sup>	6.20 <sup>aA</sup>	3.01 <sup>bB</sup>
Flail	0.60 <sup>bB</sup>	0.99 <sup>aA</sup>	3.89 <sup>bA</sup>	3.91 <sup>aA</sup>

† Disc: disc mower; Flail: Flail type mower conditioner.

a, b, A, B Means within a column (in small letter) and within a row (in capital letter) followed by the different letters are significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

調製型刈割之盤固草乾燥速度較圓盤型快 (表 1)，而牧草在田間乾燥時間的長短會影響製成乾草之芻料品質 (Rotz and Muck, 1994; Rotz, 2003; Undersander, 2003)，比較兩種割草機對生產盤固乾草之品質影響，發現不論在長草區或短草區，兩種割草機刈割後不同乾燥天數之芻料品質沒有顯著差異 (表 4)。耙式調製型割草機適合於生產

禾本科乾草，但隨著葉 / 莖的比例提高，耙式裝置會影響其刈割之芻料營養成分 (Castagnara *et al.*, 2012)。對於葉 / 莖比例高的豆科牧草而言，耙式裝置易造成葉片脫落，顯著降低豆科乾草收穫之產量及芻料品質 (Rotz and Muck, 1994; Greenless *et al.*, 2000; Digman *et al.*, 2011)。盤固草之葉 / 莖比例不高，以調製型進行乾草生產不易造成葉片脫落而影響芻料品質。然而，調製型雖可加快盤固草的乾燥速度，減少呼吸作用在乾燥過程對芻料產量及品質的影響，但兩種割草機刈割之盤固草均能在短時間內乾燥至約 40% 含水率 (圖 2)，抑制呼吸作用對乾草生產之影響，又乾燥過程中受到些微降雨淋洗，使兩種割草機刈割後之芻料營養成分不具差異。雖然調製型的油耗較圓盤型高，在長草區之刈割速度亦受到限制，但不論在長草或短草區，均能折斷草莖、加快乾燥速度而使乾草達收穫標準之時間提前，對於優質盤固乾草之生產有所助益。

表 4. 盤固草經圓盤型及耙式調製型割草機刈割 1、2、3 天後芻料營養成分之比較

Table 4. Comparison of forage nutrient content of Pangola grass mowed by disc mower and flail type mower conditioner after 1, 2 and 3 days

Days after mowing	Mower type	Long grass field				Short grass field			
		CP†	ADF	NDF	WSC	CP	ADF	NDF	WSC
1	Disc‡	9.7	36.5	69.2	12.6	8.6	36.3	67.5	11.5
	Flail	8.9	36.9	70.5	11.2	9.8	35.9	67.6	11.0
2	Disc	9.9	42.6	76.6	9.1	7.9	34.5	67.9	13.3
	Flail	9.3	38.8	74.0	8.4	8.5	34.4	68.7	13.2
3	Disc	8.4	39.4	74.3	9.4	9.9	35.7	72.9	6.5
	Flail	8.6	39.9	75.7	8.5	10.0	36.4	74.9	6.2

## 結 論

為了減少氣候因素對乾草生產的限制，加快牧草在田間的乾燥速度是優質乾草生產的重要環節。由試驗結果得知，以耙式調製型割草機刈割盤固草，能夠折斷草莖而加快牧草的乾燥速度，但其油耗較圓盤型割草機高。此外，雖然調製型刈割匍匐性長草的速度受限，但其刈割直立型短草的效率較圓盤型高，亦不會造成盤固乾草品質的降低，更可使乾草的收穫提前。田間乾燥時間愈長，降雨淋洗之風險愈高，為了避免乾草之產量及品質降低，耙式調製型割草機是有助於優質盤固乾草生產的機械。

## 參考文獻

- A. O. A. C. 1990. Official methods of analysis. Vol. 1. 15th ed. AOAC, Arlington, VA.
- Castagnara, D. D., M. A. Neres, P. S. R. Oliveira, C. C. Jobim, T. T. Tres, E. E. Mesquita and M. A. Zambom. 2012. Use of a conditioning unit at the haymaking of Tifton 85 overseeded with *Avena sativa* or *Lolium multiflorum*. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41: 1353-1359.
- Digman, M., D. Undersander, K. Shinnors and C. Saxe. 2011. Best practices to hasten field drying of grasses and alfalfa. University of Wisconsin - Extension: Madison, WI. Cooperative Extension Service A3927.
- Fairbanks, G. E. and G. E. Thierstein. 1966. Performance of hay-conditioning machines. *Trans. ASAE* 9: 182-184.
- Greenlees, W. J., H. M. Hanna, K. J. Shinnors, S. J. Marley and T. B. Bailey. 2000. A comparison of four mower conditioners on drying rate and leaf loss in alfalfa and grass. *Appl. Eng. Agric.* 16: 15-21.
- Kepner, R. A., J. R. Goss, J. H. Meyer and L. G. Jones. 1960. Evaluation of hay conditioning effects. *Agric. Eng.* 41: 299-304.
- Kung, L. Jr., E. C. Stough, E. E. McDonell, R. J. Schmidt, M. W. Hofherr, L. J. Reich and C. M. Klingerman. 2010. The effect of wide swathing on wilting times and nutritive value of alfalfa haylage. *J. Dairy Sci.* 93: 1770-1773.
- Morris, D. L. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with dry-wood's anthrone reagent. *Science* 107: 254-255.
- Rees, D. V. 1982. A discussion of sources of dry matter loss during the process of hay making. *J. Agric. Eng. Res.* 27: 469-479.

- Rotz, C. A. 1995. Field curing of forages. In: post-harvest physiology and prevention of forages. CSSA special publication no. 22 Crop Sci. Soc. Agron. and Am. Soc. Agron., Madison, WI. pp. 39-65.
- Rotz, C. A. 2003. How to maintain forage quality during harvest and storage. *Adv. Dairy Technol.* 15: 227-239.
- Rotz, C. A. 2005. Postharvest changes in alfalfa quality. In proceedings of the California Alfalfa and Forage Symposium. Visalia, CA. pp. 253-262.
- Rotz, C. A. and D. J. Sprott. 1984. Drying rates, losses and fuel energy requirements for mowing and conditioning alfalfa. *Trans. ASAE* 21: 715-720.
- Rotz, C. A. and R. E. Muck. 1994. Changes in forage quality during harvest and storage. In: Forage quality, evaluation and utilization, Eds. G. C. Fahey, Jr. *et al.* Am. Soc. Agron., Madison, WI. pp. 828-868.
- Savoie, P. 2001. Intensive mechanical conditioning of forages: A review. *Can. Biosyst. Eng.* 43: 2.1-2.12.
- Savoie, P., R. Chabot and D. Tremblay. 1993. Loss of drying characteristics of forage mats after rainfall. *Trans. ASAE* 36: 1533-1539.
- Savoie, P., Y. Tremblay, S. Dubreuil and M. Khelifi. 2002. Effect of mechanical conditioning, windrow handling and maturity on the drying rate of timothy hay in a wind tunnel. *Can. Biosyst. Eng.* 44: 2.1-2.8.
- Scarborough, D. A., W. K. Coblenz, J. B. Humphry, K. P. Coffey, T. C. Daniel, T. J. Sauer, J. A. Jennings, J. E. Turner and D. W. Kellogg. 2005. Evaluation of dry matter loss, nutritive value and in situ dry matter disappearance for wilting orchardgrass and bermudagrass forages damaged by simulated rainfall. *Agron. J.* 97: 604-614.
- Scarborough, D. A., W. K. Coblenz, R. K. Ogden, J. E. Turner, J. B. Humphry, K. P. Coffey, T. C. Daniel, T. J. Sauer, J. A. Jennings and D. W. Kellogg. 2006. Nitrogen partitioning and estimates of degradable intake protein in wilting orchardgrass and bermudagrass hays damaged by simulated rainfall. *Agron. J.* 98: 85-93.
- Smith, D. M. and D. M. Brown. 1994. Rainfall-induced leaching and leaf losses from drying alfalfa forage. *Agron. J.* 86: 503-510.
- Turner, J. E., W. K. Coblenz, D. A. Scarborough, R. T. Rhein, K. P. Coffey, C. F. Rosenkrans, Jr., D. W. Kellogg and J. V. Skinner, Jr. 2003. Changes in nutritive value of tall fescue hay as affected by natural rainfall and moisture concentration at baling. *Anim. Feed Sci. Technol.* 109: 47-63.
- Undersander, D. 2003. Physiology of hay drying. Manitoba Forage Symposium April 2003, Winnipeg Manitoba 7.4A.
- Undersander, D. and C. Saxe. 2010. Field drying forage for hay and haylage. *Focus on forage* 12: No.5.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Willcock, J. and Magan, N. 2001. Impact of environmental factors on fungal respiration and dry matter losses in wheat straw. *J. Stored Prod. Res.* 37: 35-45.
- Wolf, D. D. and E. W. Carson. 1973. Respiration during drying of alfalfa herbage. *Crop Sci.* 13: 660-662.

# Evaluation of flail type mower conditioner to use on Pangola grass hay production <sup>(1)</sup>

Ming-Hung Chu <sup>(2)(3)</sup> Min-Lang Chang <sup>(2)</sup> Hsin-Hung Liu <sup>(2)</sup>  
Tsui-Huang Yu <sup>(2)</sup> and Chia-Sheng Chen <sup>(2)</sup>

Received: Aug. 4, 2016; Accepted: Nov. 10, 2016

## Abstract

Climate is the key factor affects hay production, the longer the time needs for field curing, the higher the risk of rain damage and the greater impact on yield and quality of hay. For speeding forage curing, mower conditioner is used for hay production frequently. To evaluate the effect on speed drying and the efficiency of hay production, this study was conducted to use flail type mower conditioner to mow different growth stage of pangola grass. The result showed that the mower conditioner could break the stem to make grass drying faster than it mowed by disc mower, so it would reach the harvest standard half to one day ahead of time. Flail type mower conditioner was the disc mower combined flail type conditioner, it needed more engine power to operate than disc mower, so its fuel consumption was higher than disc mower when mowed the same area or yielded the same weight of hay. The prostrate grass stem limited the speed of mower conditioner in long grass field, so its mowing area and hay yield per hour were 20% and 37% less than disc mower, respectively. However, the speed of mower conditioner was not decelerate in short grass field, its wider mowing range could make the mowing area and hay yield per hour were 38% and 30% higher than disc mower, respectively. Mower conditioner could break stem to accelerate the drying speed of pangola grass, but this additional conditioning process would not affect the hay quality. The flail type mower conditioner could speed field curing to reach the harvest standard ahead of time, it is beneficial for yielding high quality pangola grass hay.

Key words: Mower conditioner, Pangola grass, Hay.

---

(1) Contribution No. 2534 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Hengchun Branch, COA-LRI, Pingtung 94644, Taiwan, R.O.C.

(3) Corresponding author, E-mail: mmchu@mail.tlri.gov.tw.