

完全混合日糧 (TMR) 的製作要點

美國達農威公司技術服務經理
鍾懿華

前言：

要有健康的乳牛先要有健康的瘤胃，而健康的瘤胃是建立在牛隻能夠每日採食營養均衡的日糧。乳牛飼餵完全混合日糧 (total mixed ration; 簡稱 TMR) 在歐美已行之有年。所謂的 TMR 就是將飼料原料預先秤重，然後把所有的飼料原料一起混合均勻後飼餵乳牛。使用 TMR 的目的：在於希望牛隻每一口的採食，都能吃到營養均衡的日糧 (例如精、芻料比例合理)，所以必須要確保每車次的 TMR 都能夠混合均勻。飼餵 TMR 的好處之一，在於能讓牛隻于飼料槽可自由採食日糧，如此既能保障牛隻採食量最大化、又能保護牛隻不會因短時間內攝入過量的精飼料，而導致瘤胃酸中毒 (rumen acidosis)。TMR 的製作，一般使用機械式的攪拌機 (TMR mixer)，按攪拌機內攪拌器的擺放位置，可分為垂直式攪拌機 (vertical TMR，或稱直立式攪拌機；其攪拌器與攪拌機艙底部

垂直；圖一) 以及水平式 (horizontal type，或稱臥式；攪拌棒與混合機底部呈水平，圖二) 兩種。



(圖一)、垂直式單攪拌器攪拌機【(右下、左下、以及左上艙壁各有一個突起物即為助切刀 (forage restrictor))】



(圖二)、水平式攪拌機 (主攪拌器在中間，右上、左上為副攪拌器)

光泉廠農通訊(84)

<http://www.kuangchuan.com/09Life/Life05.aspx>

機械 TMR 攪拌機的驅動方式包括：曳引機牽引式 (tractor pulled type; 圖三)、自走式 (self propelled type; 圖四)、或是固定式 (stationary type; 以電動馬達來驅動; 圖五)。TMR 攪拌機機艙底部有電子秤重的功能，搭配一台小型到中型的鏟裝機，來負責鏟取飼料原料以及將原料投入 TMR 攪拌機中的工作。



(圖三)、曳引機牽引式攪拌機 (鏟裝機正在投放玉米青貯)



(圖四)、自走式攪拌機 (帶取料臂)



(圖五)、固定式鏟裝機 (電動馬達在右手邊)

TMR 的製作要點：

TMR 的製作要點在於：減少鏟裝機的投料誤差、確保鏟裝機能正確投料于 TMR 攪拌機內、減少乳牛挑食 (sorting)、以及減少飼料浪費。美國達農威公司自 2008 年開始為牧場客戶提供 TMR 混和均勻度與製作過程評估的現場技術服務，在每年高達數百個的評估結果裡，總結出 TMR 製作過程中，造成混合不均勻的最常見的八個因素。

1、攪拌機內的螺旋形 (渦形) 攪拌器 (mixing auger) 配件磨損：

垂直式 TMR 攪拌機裡螺旋形攪拌器上最主要的配件，包括攪拌器葉片上的切割刀片以及攪拌器底部的起腳板 (kicker plate; 或稱刮底板)。起腳板的功能有兩個：

一個是在混合 TMR 時能將 TMR 由下往中間向上舉起，另一個是在出料艙門打開時將 TMR 往外推出。水平式 TMR 攪拌機裡的渦形攪拌器上也有切割刀片，但一般不會有起腳板這個配件。水平式 TMR 攪拌機靠其渦形攪拌器的轉動，將 TMR 往出料艙門傳送。攪拌器上的刀片磨損會導致乾草無法被有效地切短，乳牛 TMR 裡的乾草顆粒度太長會造成乳牛挑食。垂直式攪拌機其攪拌器底部的起腳板若是磨損將無法均勻混合 TMR (圖六)。



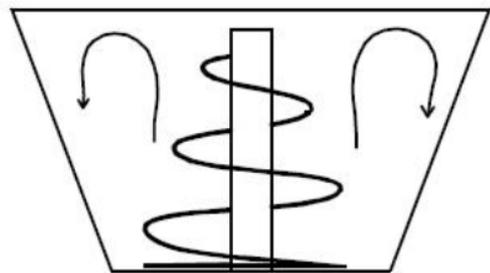
(圖六)、垂直式攪拌機其攪拌器底部的起腳板 (kicker plate)

一般垂直式攪拌機裡 TMR 的正確流動方式應為：攪拌器透過旋轉的方式將 TMR 從攪拌器中間移動到攪拌器頂端，到達攪拌器頂端的 TMR 被舉起然後從攪拌機艙壁落

下，形成類似噴泉或是火山的效應 (圖七)。水平式 TMR 攪拌機裡 TMR 的正確流動方式，會依攪拌器的設計、數量、與擺放方式而有所不同，請參考原廠的使用手冊。

2、品質較差的乾草沒有做預先切割處理：

攪拌器上切割刀片的磨損速度與乾草的品質以及乾草是否有做預先切割處理有密切關係。低品質的乾草若無做預先切割處理，單以攪拌器上的刀片難以有效切短乾草，也會導致 TMR 混合不均勻、造成 TMR 于飼料槽放料後營養分佈不一致。處理低品質乾草最有效率的辦法是將其以專業的切碎機 (chopper) 做預先切碎的處理。



Vertical Screw

(圖七)、垂直式攪拌機裡 TMR 的正確流動方式是類似噴泉或是火山的效應 (圖片來源：

<http://www.extension.org>)

3、攪拌機加完最後一個飼料原料後的混合時間不足：

TMR 製作過程中最容易被忽略的製作要點之一是攪拌機加完，最後一個飼料原料後的攪拌時間不足。一般情況之下攪拌機加完最後一個原料（通常是水或是青貯芻料）之後的攪拌時間最少應有 3~5 分鐘。隨著 TMR 混合的總量、攪拌機的種類、攪拌器配件磨損的情形、以及 TMR 中含高水份飼料原料與液態飼料的多寡，攪拌機加完最後一個飼料原料之後的攪拌時間也要跟著做調整。例如攪拌器上刀片的磨損度較大，那麼攪拌機加完最後一個飼料原料之後的攪拌時間就要跟著拉長。

4、攪拌機超載或是混合量不足：

攪拌機超載會造成飼料原料無法均勻攪拌成一致的 TMR。可參考下列指標來決定適當的混合量：以大部份泌乳乳牛日糧密度而言，攪拌機每一立方容積可混合 320 公斤；乾奶牛與女牛日糧，每一立方可攪 160~240 公斤。按照攪拌機的容積可計算出該攪拌機

可攪拌的最大噸數為多少。維護良好的垂直式攪拌機（例如切割刀片鋒利），每車次可攪拌的最大噸數可達其容積的 95~100%。水平式的攪拌機可攪拌的最大噸數只能達其容積的 50~75%，尤其是水份較高的 TMR，如此才能確保 TMR 的混合均勻度。水平式攪拌機可攪拌的最大噸數，以放滿達其上攪拌棒（或稱副攪拌器）為標準（圖二）。

攪拌機攪拌量不足的情形，通常發生在較小的牧場使用垂直式攪拌機製作乾奶牛、女牛、或是初分娩牛（fresh cow）TMR 時。垂直式攪拌機的最佳混合量為達到其攪拌器頂端的混合量，此混合量可獲得最佳的 TMR 混合均勻度。對於混合量較少的 TMR，需使用具有垂直艙壁以及帶寬大鋒利刀片矮型攪拌器的混合機，才能將量少的 TMR 做均勻的混合。選購攪拌機時，可要求業務人員到牧場做現場展示，從量最小的 TMR 拌到量最大的 TMR，並觀察攪拌均勻度，如此根據結果才能挑選出最合適的 TMR 攪拌機。

攪拌機沒有停放于水平地面：TMR

光泉廠農通訊(84)

<http://www.kuangchuan.com/09Life/Life05.aspx>

攪拌過程中攪拌機沒有放置在水平地面，會導致密度較高的精飼料在混合過程中，流到水平較低的那一邊，其結果通常是精飼料堆積在攪拌機底部，造成攪拌機于飼料槽放料後，精飼料會不均勻地分散於飼料槽中。乳牛為地域性動物習慣在固定地方採食，TMR 混合不均勻會造成部分乳牛于飼料槽採食過多的精飼料或是芻料。

5、液態飼料原料于攪機的投放位置不正確：

液態飼料原料包括水以及液態的乳清、糖蜜等。液態飼料要均勻噴灑于攪拌機中的 TMR 上，可以使用長型管子鑿出多孔，來均勻噴灑液態飼料（噴灑幅度要以能覆蓋攪拌機的 2/3 長度為佳；圖八）。



(圖八)、前方管子的為加水管子，後方管子為加液態糖蜜的管子

液態飼料的投放順序需安排

在含高水份的飼料原料之後，例如青貯芻料，而不是安排在含低水份的精飼料之後，例如穀物飼料，否則會造成穀物飼料結塊。

液態飼料的正確投放方式為：

- (1). 單攪拌器的垂直式 TMR 攪拌機，液態飼料要下到攪拌器上。
- (2). 雙攪拌器的垂直式攪拌機，液態飼料要下到兩個攪拌器的中間。
- (3). 水平式的攪拌機，液態飼料要均勻噴灑于攪拌器上（噴灑幅度要以能覆蓋攪拌器的 2/3 長度為佳）。液態飼料下料不當，會導致 TMR 混合不均勻。

6、飼料原料于攪拌機的投放順序：

攪拌機飼料原料的投料順序會影響 TMR 的混合均勻度，而飼料原料的投料順序，也是 TMR 混合程序中最難以管理的因素之一。飼料原料的投放順序要依據乾草的品質、青貯芻料含團塊的多寡、是否使用含高水份的農副產物、以及攪拌機的種類來做調整。高品質的乾

草，例如進口苜蓿草，因為質脆，所以投料順序會安排在後面一些避免過度攪拌。而低品質的乾草，例如長莖類乾草，因為質韌，則必須提早投料來增加混合切割時間。對於團塊多的飼料原料，例如苜蓿青貯以及含高水分、有很多團塊的農副產物等，也必須提早投料來增加攪拌破碎時間。垂直式攪拌機的第一個投放原料通常是長莖類乾草，相反的，水平式攪拌機則建議長莖類乾草不能第一個投放。

7、飼料原料于攪拌機的投料位置：

鏟裝機能正確投料於攪拌機內能夠確保 TMR 混合均勻。垂直式單攪拌器的 TMR 攪拌機沒有投料位置的限制，但大型圓型乾草捆必須謹慎放在攪拌器上，避免攪拌器葉片被草捆攪彎（建議先把乾草捆弄鬆後再投料），同時也必須將乾草捆放置在助切刀之前（圖一攪拌機艙壁上的突起物即為助切刀），如此可讓乾草捆被切割得更有效率（助切刀可以阻擋乾草捆放慢其旋轉速度）。對於垂直式雙攪拌器的 TMR 攪拌機而言，鏟裝機投料則

必須投在兩個攪拌器的中間，如此才能讓 TMR 混合最有效率，同時可避免飼料原料掉落在攪拌器頂端，導致乾草切割不當或是飼料原料攪拌不佳。

如何確認 TMR 是否混和均勻？

TMR 是否混合均勻最簡單的方法是做飼料槽觀察。TMR 新料放料後從飼料槽的一端觀察到另一端、或是根據 TMR 攪拌機放料的順序來做觀察。TMR 若是混合均勻，那飼料槽中的新料就不應該看到沒有攪勻的團塊（包括芻料、精飼料團塊等；圖九）、TMR 顆粒度太大或太小、或是飼料槽中的 TMR 有顏色或是質地上的改變。



（圖九）、飼料槽中觀察到 TMR 新料裡有明顯沒攪勻的苜蓿乾草團塊

TMR 是否混合均勻以及 TMR 顆

粒度的大小，也可以使用美國賓州州立大學研發出的芻料和 TMR 顆粒分離篩 (Forage and TMR particle size separator；後簡稱賓州篩，圖十) 來做評估。



圖十、美國賓州州立大學芻料和 TMR 顆粒分離篩（四層篩）

TMR 新料放料後在飼料槽做多點採樣（例如在前段、中段以及後段各採至少一個樣本），然後用賓州篩來篩（操作程序見後述）。如果每個 TMR 樣本的顆粒度分佈相近表示 TMR 混合均勻、也可以評估 TMR 是否有達到預期中的顆粒度分佈。混合均勻的 TMR 是充分發揮 TMR 優點的先決條件之一。牧場對 TMR 製作程序的執行力，包括對造成 TMR 混合不均勻的上述八個因素的關注，是影響 TMR 混和均勻度最主要的原因。

賓州篩操作程序：

步驟 1：

採樣新鮮 TMR 約 500 克 (± 50 克)，並以塑膠 (PE) 密封袋密封儲存 TMR 樣本防止水份流失。

步驟 2：

正確組合賓州篩：底盤 (無孔) 放在最底部、然後是下層篩 (不鏽鋼篩網，4 毫米；四層篩加上這一層)、中層篩 (8 毫米)、最後是上層篩 (19 毫米)。可以在上層篩邊緣做一明顯記號來記住轉了幾圈。

步驟 3：

將 TMR 樣本放在上層篩、並以手輕輕撥開樣本使其均勻分散在篩上。

步驟 4：

以 1.1 的頻率 (即每 60 秒篩 66 下) 手篩賓州篩，每邊篩 5 下。手臂篩動幅度約 17 公分。

步驟 5：

賓州篩轉 1/4 圈，然後繼續篩。

步驟 6：

重覆步驟 4 與步驟 5，共計轉兩圈 (篩 8 次)，共計篩 40 下。

步驟 7：

以電子天平秤重並紀錄每一層樣本重量 (克)，計算樣本總重。

步驟 8：

計算：將每一層的樣本重量除以樣本總重，然後乘以 100，如此可計算出每層的顆粒度分佈百分比。

例如：

樣本總重=500 克

上層=(75 克/500 克) x 100=15%

中層=(200 克/500 克) x 100=40%

下層=(150 克/500 克) x 100= 30%

底盤=(75 克/500 克) x 100=15%

翻譯與參考資料：

1. T. Oelberg. TMR Audits™ Improves TMR Consistency. 2011. Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop, page 81-86.
2. J. H. Mikus. Diet Consistency: Using TMR Audits™ to Deliver More from Your Feed, Equipment, and People to the Bottom Line. 2012. High Plains Dairy Conference, page 27-36.
3. <http://www.extension.org/pages/62757/design-selection-and-use-of-tmr-mixers#.U6KYrxbcFcM>