

以瘤胃袋法評估生長期對 盤固草 (*Digitaria decumbens*) 及 'Survenola' (*Digitaria* × *umfolozi* Hall) 乾物質消化率之影響

廖成康⁽¹⁾ 施意敏⁽²⁾

摘要

牧草生產的主要目的是提供反芻動物消化利用，評估牧草在瘤胃的消化率，不僅可使乳牛營養日糧的調配更為精確，並且可藉由消化率的分析探討影響牧草消化率的因子，進一步達到改善牧草品質之目標。因此，本試驗主要以瘤胃袋法評估生長期對盤固草 'A254' (*Digitaria decumbens*, 3n=27) 及種間雜交品種 'Survenola' (*D.* × *umfolozi* Hall, 6n=54) 消化率的影響，並比較此兩種草消化率之差異與木質素含量間之關係。利用盤固草 A254 及 Survenola 已建立四年的牧草地，於春季及夏季收集 4 週齡及 8 週齡的草樣，分別放入孔隙大小為 $53 \pm 10 \mu\text{m}$ 的消化袋，然後將消化袋放入開窗牛的瘤胃裡，分別培養 0, 2, 4, 6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 72 h。利用 Orskov 發展的動力方程式，估算各草樣的乾物質在瘤胃裡的分解速率 (% / h) 及有效分解率 (%)。試驗結果顯示，除夏季 8 週齡草樣外，其餘生長期 Survenola 在瘤胃的分解速率、有效分解率及試管乾物質消化率皆較 A254 佳。試管乾物質消化率及乾物質在瘤胃的有效分解率與植體木質素含量有很高的負相關。雖然夏季 8 週齡的 Survenola 草樣，其木質素含量為 7.18 % 約為 A254 (3.61 %) 的二倍，且乾物質中不消化的比率為 33.15 % 明顯較 A254 (23.63 %) 高，但因 Survenola 在瘤胃的分解速率 (4.20 % / h) 約為 A254 (2.77 % / h) 的 1.5 倍，因此最後估算乾物質在瘤胃的有效分解率，Survenola 為 37.79 % 而 A254 為 39.73 % 差異並不明顯 ($\text{LSD}_{0.05} = 2.40$)。Survenola 在瘤胃裡有較高的有效分解率，肇因於其分解速率顯著高於 A254，而分解速率除受木質素含量的影響外，尚可能與細胞壁其他成分有關。

關鍵詞：盤固草、木質素、分解速率

⁽¹⁾ 國立嘉義技術學院農藝系副教授

⁽²⁾ 通訊作者，台灣省畜產試驗所新竹分所飼料系助理研究員

前言

植物組織的細胞壁是自然界中纖維的主要來源，除提供草食動物生長所需，更可加工利用成為造紙工業的原料。雖然反芻動物的瘤胃微生物可以分解細胞壁，但木質化的組織幾乎無法被分解⁽⁹⁾，不同的細胞壁結構與組成分往往影響瘤胃微生物的分解作用，進而影響牛隻的採食量與整體表現⁽¹⁹⁾。因此牧草品質的研究對提昇畜產產值有相當的助益。

本省牧草的栽培以狼尾草(*Pennisetum purpureum*)及盤固草(*Digitaria decumbens*)為主，盤固草A254的栽培面積為本省之冠，為本省乳牛芻料的主要來源。但由於A254為三倍體無法進行有性生殖，且為本省唯一的栽培品種。長久以來，A254一直以無性繁殖的方式繁殖，缺乏遺傳變異的結果，一旦遭受病媒源的侵入很可能危及本省乳牛芻料的供給，間接影響畜牧業的發展。因此替代品種的選育或混合品種的育成相形重要。畜產試驗所恆春分所遂由美國引進與A254同屬的指草(digitgrass)，品種名為‘Survenola’，於本省進行選育的工作。

Survenola (*Digitaria × umfolozi* Hall)為種間雜交(*D. setivalva* × *D. valida*)的F1後裔，染色體數54，為六倍體，葉寬10-13 mm較其他*Digitaria*屬的葉片寬大，具高產及抗Pangola stunt virus等特性⁽²⁵⁾。Survenola在嘉義地區試種的結果，當每年收穫三次，累計乾物產量可達28.4~ 31.8 t / ha⁽⁶⁾，而A254僅約20.4~ 21.0 t / ha⁽⁷⁾。Survenola的產量高主要因其氮素利用效率(kg dw / kg N applied)較A254高，其中以Survenola的氮素應用效率(kg dw / kg N of plant)較A254高為主要原因，雖然其氮素的吸收效率(kg N of plant / kg N applied)仍不及A254，但不致影響其氮素利用效率^(6,7)。Survenola具較高的氮素利用效率及葉寬、莖粗等高產的潛能，尤其Survenola在夏季特別能表現高產的特性。但相對地，為支持其莖桿強度，其細胞壁的內容物也可能增多，尤其木質素

含量上的變化是可預期的。有關不同生長季節及生長期收穫的A254與Survenola，其乾物質在瘤胃裡有效分解率及木質素含量與分解速率的關係，仍有待進一步的評估。

目前評估消化率的方法可分為(1)活體消化(*in vivo*)：較常用為全糞收集法。即直接將牧草餵飼動物，記錄牛隻採食量並收集全部的糞便，由採食草樣的各項營養成分總量(如乾物質或酸洗纖維等)，減去經牛糞排出的各項營養成分總量，其間的差值佔原採食總量的百分比，可用於表示活體消化率⁽²⁾。(2)原位法(*in situ*)或稱瘤胃袋法：先將樣品放入一定孔隙度的消化袋(nylon bag or polyester bag)，依培養時間的反序，直接將樣品放入開窗牛的瘤胃裡進行消化，經過不同時間的分解過程，分析消化袋內乾物質或其它養份減少的百分比⁽²²⁾，藉由消化動力方程式可估算各營養成分的分解速率及有效分解率⁽²³⁾。由於瘤胃袋法與活體消化率有很高的相關性⁽²²⁾，目前NRC⁽²¹⁾已接受以瘤胃袋法評估各養分在瘤胃的分解率。(3)試管消化(*in vitro*)：常用方法為二段式消化法⁽²⁸⁾。先將樣品放入試管中，加入由瘤胃取出的瘤胃液及人工配製的緩衝液，先進行微生物的分解作用，再以胃蛋白酶每消化 48 小時，然後過濾，其中乾物質減少的部分為試管乾物質消化率(*in vitro* dry matter digestibility, IVDMD)⁽²⁾。

此三種消化率的測定方式各有優缺點，以分析時間及人力物力的耗費而言，以 IVDMD 的分析最方便，只需取瘤胃液於試管消化，樣品數不限，適用於大量牧草樣品的初步篩選。其次為 *in situ* 的方式，樣品需在開窗牛瘤胃裡培養至少 72 小時，樣品數則受限於瘤胃的容積。而活體消化使用動物的時間至少 21 天，其中草料人力的消耗相當多，而待測草料一次約 4~6 種。一般而言，可以 IVDMD 作牧草品質的初步分析，重要的草料再以 *in situ* 的方式瞭解其在瘤胃的分解速率及有效分解率，最後經由營養配方的計算，進入動物的活體消化試驗、飼養試驗及泌乳試驗，依序可視為評估牧草消化率的初級、中級及高級試驗。

因此，本計畫主要以瘤胃袋法評估不同成熟期(4週齡、8週齡)及生長季節(春、夏季)對 A254 與 Survenola 乾物質分解率的影響。一方面提供新品種選育之參考，另一方面，藉由 Survenola 與 A254 消化率的比較，將來可進一步探討盤固草細胞壁成分與消化率之關係，期達到改善牧草品質之目標。

材料與方法

本次試驗的牧草包括盤固草A254(*Digitaria decumbens*)及Survenola (*D. × umfolozi* Hall)，主要取自畜產試驗所新竹分所已建立四年的牧草試驗區，草相均一旦穩定。試驗區於82年(1993)間將參試草種的扦插苗，依RCBD田間設計，小區面積5 x 6 m²，四重複的方式，種植於台灣省畜產試驗所新竹分所，依一般栽培管理方式青刈及施肥，以維持草地的完整性。每年磷及鉀肥用量分別為72 kg P₂O₅/ ha / year 及144 kg K₂O / ha / year⁽⁴⁾，於初春時一次施用。氮肥用量為100 kg N / ha / cut⁽⁶⁾，於每次收穫後一週施用，一年施用四次。肥料種類為尿素(全氮量N 46 %)、過磷酸鈣(有效性磷 P₂O₅ 18 %)及氯化鉀(有效性鉀 K₂O 60 %)。

本省北部地區的盤固草，第一期春季草大約在每年3月開始生長5月收穫，第二期夏季草的生長季為6至8月。因此於86年(1997)3月12日將試驗區二參試草種剪齊，原先預定於春季4週齡收穫的A254，因植株的高度(地面至葉尖)為 32.5 ± 3.4 cm，乾物產量僅 0.21 ± 0.05 kg / m²，不適於收穫⁽¹⁾，因此延遲至第5週(4月16日)收穫，此時A254株高已達 44.8 ± 2.9 cm，乾物產量 0.33 ± 0.05 kg / m²，而Survenola的株高為 55.0 ± 1.4 cm，乾物產量 0.26 ± 0.07 kg / m²。另於5月7日採樣為8週齡草樣，此時A254的株高及產量分別為 76.3 ± 3.8 cm及 0.77 ± 0.10 kg / m²，而8週齡的Survenola草樣，其株高及產量分別為 80.0 ± 2.9 cm及0.57 ± 0.07 kg / m²。另於同年5月22日再將試驗區二參試草種剪齊，分別於6月18日及7月16日採樣，收集的樣品為夏季草4週及8週齡草樣。夏季4週齡A254的株高及產量分別為 36.3 ± 1.5 cm 及0.21 ± 0.04 kg / m²，此時Survenola的株高及產量分別為 60.0 ± 5.5 cm 及 0.22 ± 0.04 kg / m²。8週齡A254的株高及產量分別為 99.5 ± 7.7 cm 及 0.72 ± 0.12 kg / m²，而Survenola 的株高及產量

分別為 149.5 ± 10.0 cm 及 0.89 ± 0.20 kg / m²。由株高推測，4至5週齡的草樣相當幼嫩接近適割期，而8週齡的草樣通常已成熟而接近老化期⁽³⁾。所有樣品採集後，以60 °C 烘乾48小時。烘乾後將樣品研磨通過2 mm的篩網，然後裝瓶密封，低溫冷藏，留待進一步分析。

牧草成分分析則依Goering and Van Soest⁽¹⁷⁾的方法，分析中洗纖維(NDF)、酸洗纖維(ADF)及酸洗木質素(ADL)。另依Kjeldahl⁽⁸⁾方法分析粗蛋白質。並以二段式72小時試管發酵法分析試管乾物質消化率(*in vitro* dry matter digestibility)⁽²⁾。

另以瘤胃袋法(*in situ* method)分析牧草在瘤胃裡的分解速率及有效分解率^(5,12,22)。主要利用兩頭開了瘤胃的荷蘭乳牛(體重約600 kg)，作為提供牧草在瘤胃裡發酵的環境。早上9:00餵飼以玉米-大豆粕為基礎的精料約2.5 kg，盤固草則以任食的方式，隨時補充。

用100 % polyester，孔隙大小為 53 ± 10 μm，10 × 20 cm 專門用於瘤胃消化的消化袋(ANKOM's Rumen Sampling Bag, Bar Diamond, Inc)。預先將消化袋以55 °C烘乾48小時後稱重，再將6 g樣品放入消化袋，樣品重與消化袋的表面積比為15 mg / cm²。因瘤胃的容積有限，因此先放春季不同生長期的草樣，待消化72小時取出後，再放入夏季草草樣。於樣品放入瘤胃之前，連同消化袋以39 °C熱水浸泡15分，先將水溶性氮溶出。依培養時間(0, 2, 4, 6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 72 h)的反序，將樣品分別放入四個大的尼龍網袋(30 × 40 cm²)。每頭牛的瘤胃分別放入二個尼龍網袋，作為分層取樣的重複數。

當培養時間結束，於上午9:00餵飼精料之前，一次將樣品全部取出，先用冷水大量沖洗，再放入洗衣機中以清水沖洗40 min，共計二次。再用少量的自來水，將消化袋的表面沖洗乾淨，並將消化後的剩餘物，沖洗至袋子底部，用手將消化袋擰乾，

隨後放入烘箱以55 °C烘48小時，烘乾後稱重。並計算不同的消化時間內，消化袋中乾物質減少的重量百分比D(t)。

$$D(t) \text{ of DM} = (W_i - W_t) / W_i \times 100 \%$$

W_i ：培養前(initial)，消化袋內的乾物重 (g of dry base)

W_t ：培養 t 時，消化袋內剩餘物的乾物重 (g of dry base)

乾物質在瘤胃消化袋中的消失曲線，符合Orskov and McDonald⁽²³⁾所提的一次動力方程式， $D(t) = a + b(1 - \exp^{-kd(t)})$ ，其假設各項成分在瘤胃裡的分解，可分為三部分，其中(a)表示可迅速分解的部分(% of initial component)，(b)則表示能依固定的分解速率緩慢分解的部分(% of initial component)，其分解速率以(kd)表示，第三部分為在瘤胃裡不可消化(indigestible, Ind)的物質，以 $100 - a - b$ 表示。

利用SigmaPlot軟體程式中的非線性模式⁽²⁶⁾，以Maquardt's方法⁽²⁴⁾，求出符合模式中，各介量(a、b、kd)的估值，使迴歸模式中的剩餘平方總和(residual sums of square)最小。另以SAS的一般線性模式(GLM)，探討在相同生長季節下，不同成熟期的A254及Survenola，其乾物質在瘤胃裡分解特性的差異，包括a、b、kd及Ind等介量。以相同生長季節下收集的草樣為主效應，各牛隻為區集，依RCBD設計並配合分段取樣法(subsampling)進行變方分析。各個變值的數學模式為 $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk}$ ， τ_i 為相同生長季節下所收集的四種草樣($i = 1, 2, 3, 4$)， β_j 為牛隻效應($j = 1, 2$)， ε_{ij} 為試驗機差(experimental error)， δ_{ijk} 為取樣機差(sampling error, $k = 1, 2$)⁽²⁷⁾。

結果與討論

原先預定於春季4週齡收穫的盤固草A254，因植株的高度(地面至葉尖)為 32.5 ± 3.4 cm，乾物產量僅 0.21 ± 0.05 kg / m² (data not show)，株高及產量尚未達適割期⁽¹⁾，因此延遲至第5週收穫，此時A254株高已達 44.8 ± 2.9 cm，乾物產量 0.33 ± 0.05 kg / m² (data not show)方進行收穫及樣品收集。於不同生長季節及生長期收集的A254及Survenola樣品，其化學成分如表1所示。A254於春季5週齡收穫，其粗蛋白質含量為 13.52 %，中洗纖維及酸洗纖維分別為 66.45 % 及 39.87 %，木質素含量為 3.26 %，試管乾物質消化率可達 68.84 %；同時收穫的Survenola，其粗蛋白質含量為17.22 % 顯著高於A254 ($LSD_{0.05} = 0.77$)，而中洗纖維與酸洗纖維的含量皆較A254低，而此時二種草的木質素含量差異不大，但Survenola的試管乾物質消化率則高達 71.09 % ($LSD_{0.05} = 2.05$)顯著高於A254。當生長期增加至第8週，A254的試管乾物質消化率則由 68.84 % 降低至 57.64 %，而木質素含量則由 3.26 % 增加至 5.19 %，Survenola的試管乾物質消化率則由 71.09 % 減低至 65.63 %，木質素含量由 3.39 % 增加至 4.56 %。此二種草在夏季第8週收穫，A254的木質素含量由4週齡的 3.99 % 增加至 5.77 % 為原來的1.5倍。Survenola的木質素含量則由 3.61 % 增加至 7.18 %，約為原來的2.0倍，Survenola在夏季生長期間，木質素增加的速率要比A254快。

為進一步瞭解生長期及木質素含量對A254與Survenola在瘤胃裡分解速率的影響，將A254與Survenola放置在孔隙度 53 ± 10 μm的消化袋裡，然後將消化袋放入開窗牛的瘤胃裡進行消化。由不同培養時間消化袋內乾物質消失的重量百分比表示乾物質在瘤胃的分解情形。由圖1的結果得知，A254與Survenola在不同生長期的影響下，形成四條分明的分解曲線。以春季5週齡的A254而言，在瘤胃培養18小時消化袋內乾

物質的重量為原先重量的 58.36 %，表示有 58.36 % 乾物質被分解成小於53 μ m的顆粒而由消化袋釋出，Survenola則有 63.83 % 的釋出量。同樣培養18小時，8週齡的A254則有 44.21 % 的釋出量，Survenola則有 53.09 % 的釋出量，分別較5週齡時減少 14.15 % 及 10.74 % 的釋出量。待培養至48小時各牧草在瘤胃的分解漸趨平緩，5週齡的A254有 81.15 % 的乾物質由消化袋釋出，Survenola則有 85.29 % 的釋出量；即使培養至72小時，A254與Survenola仍分別維持 81.40 % 與 86.07 % 的釋出量。但8週齡的A254與Survenola在瘤胃培養72小時後，則僅有 68.26 % 及 77.33 % 的乾物質被分解，分別較5週齡時減少 13.14 % 及 8.74 % 的分解量。在相同的生長期間，Survenola變化差距較A254小，推測可能與Survenola在春季生長時，木質素增加速率較A254慢有關（表1）。

雖然Survenola在春季品質的衰減較A254慢，但在夏季生長條件下，其反應是否相同仍不得而知，因此將夏季收穫4及8週齡的A254與Survenola放入瘤胃進行消化，由圖2的結果得知，4週齡的A254與Survenola，其在瘤胃裡的分解趨勢截然不同，但8週齡時A254與Survenola在瘤胃的分解趨勢則相當接近。以夏季4週齡的A254而言，在瘤胃培養18小時有 52.70 % 的乾物質釋出，Survenola則有 63.75 % 的釋出量；同樣培養18小時，8週齡的A254則有 42.34 % 的釋出量，Survenola 為 43.10 %，二者較4週齡時分別減少 10.36 % 及 20.65 %。一旦培養至72小時，4週齡的A254有 78.51 % 的釋出量，Survenola為 84.50 %，而8週齡的A254有 67.89 % 的釋出量，Survenola則為 63.60 %，A254減少 10.62 % 的釋出量而Survenola減少 20.90 % 的釋出量。Survenola在夏季生長時，其品質劣變的趨勢較A254明顯。另一方面可由表一的結果得知，夏季時Survenola的木質素含量由4週齡的 3.61 % 增加至 7.18 %，而A254木質素含量僅由 3.99 % 增加至 5.77 %，Survenola在夏季時木質化的速率較A254快，但春

季時木質化的速率不若A254。換言之，Survenola細胞壁木質化的過程對生長季節的變化可能要較A254敏感，也可能與Survenola在夏季較易表現高產的特性有關。

A254與Survenola的乾物質在瘤胃裡的分解曲線。理論上符合 $D(t)=a+b(1-e^{-kdt})$ 的動力方程式⁽²³⁾，其中(a)為乾物質中可迅速分解的比例，(b)為乾物質中依一定分解速率(kd)緩慢分解的部分， $100-a-b$ 則為乾物質中不可消化的部分，D(t)則表示單位時間內消化袋裡乾物質減少的重量百分。由不同時間的D(t)代入動力方程式中，分別解出a、b、kd及 $100-a-b$ 等參數，並由 $a+b(kd/(kd+kp))$ 方程式估算乾物質在瘤胃的有效分解率，其中假設乾物質通過瘤胃的速率(kp)為6%/h，由表2的結果得知，春季5週齡A254的分解速率為5.02%/h，瘤胃有效分解率為50.26%，5週齡Survenola的分解速率為5.88%/h，與同樣生長期A254的分解速率差異不大，但有效分解率則顯著高於A254。尤其春季至第8週收穫時，A254的分解速率明顯減低至3.57%/h，而Survenola仍維持在5.04%/h的分解速率，雖較5週齡時的分解速率(5.88%/h)為低，但仍未達顯著水準($LDS_{0.05}=1.44$)，Survenola在春季生長期間，其分解速率的衰減不若A254明顯。A254在夏季生長時，即使第4週收穫，其在瘤胃的分解速率僅3.70%/h，有效分解率為45.02%，相同生長4週的Survenola，其分解速率為5.50%/h顯著高於A254。生長至第8週，A254的分解速率已降低至2.77%/h，而Survenola仍維持在4.20%/h的分解速率，即使此時Survenola不消化的乾物質佔33.15%顯著高於A254中不消化的比例(23.63%)，最後估算乾物質在瘤胃裡的有效分解率，A254與Survenola的差異並不顯著。雖然夏季8週齡的Survenola木質素較A254高(表1)，乾物質中不消化的比例亦較A254高，但因Survenola的分解速率較A254高約1.5倍(表2)，改善了這方面的缺失，使最後有效分解率的估算與A254差異不大。另一方面，在相同生長季節及生長期，Survenola的分解速率皆較A254高，表示此

特性受環境因子影響較小，有可能為物種的特性之一。

物種的特質是影響牧草在瘤胃分解速率的重要因子。以豆科牧草而言，進口苜蓿(*Medicago sativa* L.)與本省栽植的苜蓿，其乾物質在瘤胃的分解速率分別為 7.24 % / h 與 6.31 % / h ($LSD_{0.05} = 1.93$)，在瘤胃的有效分解率分別為 62.30 % 及 61.32 % ($LSD_{0.05} = 2.38$) 差異並不顯著，但不論是分解速率或在瘤胃裡的有效利用率皆顯著高於不同氮肥用量的盤固草A254 (3.36 % / h 及 45.33 %)，表示物種間的差異遠大於氮肥施用等栽培管理⁽⁵⁾。其它的試驗結果也指出，苜蓿乾物質的分解速率較義大利黑麥草⁽¹⁰⁾、果園草或小麥稈為高⁽¹³⁾。由於禾本科牧草的中洗纖維含量一般較豆科牧草高約20%^(5,10)，中洗纖維除可用於估算細胞壁的總含量，另一方面與反芻動物的採食量有很高的相關性，因此Jung and Allen⁽¹⁹⁾認為降低細胞壁內容物的總含量或改變細胞壁的組成比例可能是改善牧草消化率的途徑之一。

除了物種特性之外，成熟期也是影響消化率的重要因子，其中以植體木質素的累積對消化率的影響最為顯著⁽¹⁴⁾。隨牧草成熟期增加，其木質素含量亦隨之增加(表1)。木質素含量與A254及Survenola消化率的關係如圖3所示。隨木質素含量增加(X)，A254與試管乾物質消化率 (IVDMD) 的關係呈直線遞減的趨勢， $IVDMD=91.41 - 6.89X$ ， $R^2=0.9685$ ，而木質素含量 (X) 與瘤胃有效分解率 (ED) 則呈二次曲線的變化， $ED=90.04 - 16.86X + 1.42X^2$ ， $R^2=0.9962$ 。Survenola亦有相同的變化趨勢。於相同木質素含量時，試管乾物質消化率的分析值通常較瘤胃有效分解率的估值高，尤其在木質素含量低時其差距更大。主要因本次試驗試管乾物質消化率的分析，是採用密閉式非連續性的發酵條件，並未估算物質通過瘤胃的速率，因此當木質素含量低時，乾物質較易消化為細小分子，實際上可能已快速通過瘤胃不再進行消化，但若以IVDMD分析消化率則乾物質仍留在試管內進行消化，因此以IVDMD表示消化率會較

瘤胃有效分解率來得高，尤其在木質素含量低時，此差距更大。但植體木質素含量與IVDMD及瘤胃有酵有效分解率的相對應關係仍是存在。一旦降低木質素含量1%，皆可提高A254與Survenola的試管乾物質消化率(6.89% vs 6.47%)與瘤胃的有效分解率(12.6% vs 11.96%)，木質素含量對牧草消化率的影響實不容忽視。

以同一物種而言，在其成熟過程中，木質素含量的增加往往降低其消化率⁽²⁹⁾，但在不同物種間僅以木質素總含量上的差異，尚不足以說明消化率的變化⁽¹³⁾。以本試驗的結果而言，即使在夏季 Survenola的木質素含量較A254高(表1)，但Survenola在各個生長期及生長季節的分解速率皆較A254高(表1)，可能與組成木質素的酚酸比例⁽²⁰⁾、組織形態上的差異⁽⁹⁾或與構造型碳水化合物之間的鍵結有關⁽¹³⁾，目前並未充分明瞭其機制。

近幾年來，隨著分子生物技術的進步，對木質素合成途徑有了更深入的了解⁽³⁰⁾且合成木質素酵素的基因相繼被純化⁽¹⁵⁾，目前已可利用分子生物技術轉殖反義(antisense)的DNA序列，讓木質素合成酵素的基因活性降低，達到降低木質含量或改變木質素結構的目的^(11,16)，尤其ferulic acid與xylans的交互結合(cross-linking)，使細胞壁結構中木質素與多醣類間形成複雜的鍵結，對細胞壁的分解性更具重要的影響力⁽¹⁸⁾。因此，我們將在陸續的試驗中，繼續探討造成Survenola乾物質分解速率較盤固草A254高的原因，一方面提供育種者選育品種之參考，另一方面也希望作為將來以分子生物技術改善盤固草品質之基礎研究。

謝誌

本試驗承蒙行政院國家科學委員會補助經費(NSC 87-2313-B-021-002)，及畜產試驗所新竹分所乳牛系李春芳博士提供開窗牛及瘤胃消化等相關設備，並給予技術協助，使本試驗得以順利完成，謹致上最誠摯的謝意。

表 1. 盤固草‘A254’與指草‘Survenola’的化學成分

Table 1. Chemical compositions of pangolagrass ‘A254’ and digitgrass ‘Survenola’.

牧草種類 Forage Species	生長季節 Growth season	生育日數 Growth days week	粗蛋白質 Crude Protein	中洗纖維 NDF ⁽¹⁾	酸洗纖維 ADF	酸洗 木質素 ADL	試管乾物 質消化率 IVDMD	
			% —————					
A254	Spring	5	13.52 b ⁽²⁾	66.45 b	39.87 b	3.26 c	68.84 b	
Survenola		5	17.22 a	63.18 c	36.44 c	3.39 c	71.09 a	
A254		8	6.94 d	71.99 a	42.56 a	5.19 a	57.64 d	
Survenola		8	9.08 c	73.11 a	41.64 ab	4.56 b	65.63 c	
		LSD (n=4)	0.77	1.55	2.11	0.50	2.05	
A254		Summer	4	12.75 b	71.74 b	37.87 c	3.99 c	63.48 b
Survenola		4	15.03 a	64.74 c	35.90 d	3.61 c	66.91 a	
A254		8	6.44 c	74.13 ab	46.77 b	5.77 b	50.31 c	
Survenola		8	5.87 c	76.05 a	51.77 a	7.18 a	45.47 d	
		LSD (n=4)	1.39	3.34	1.46	0.55	2.30	

(1) NDF: neutral detergent fiber. ADF: acid detergent fiber. ADL: acid detergent lignin. IVDMD: *in vitro* dry matter digestibility.

(2) Means with the same letter within each column are not significantly different at 5 % level by Least Significant Difference test.

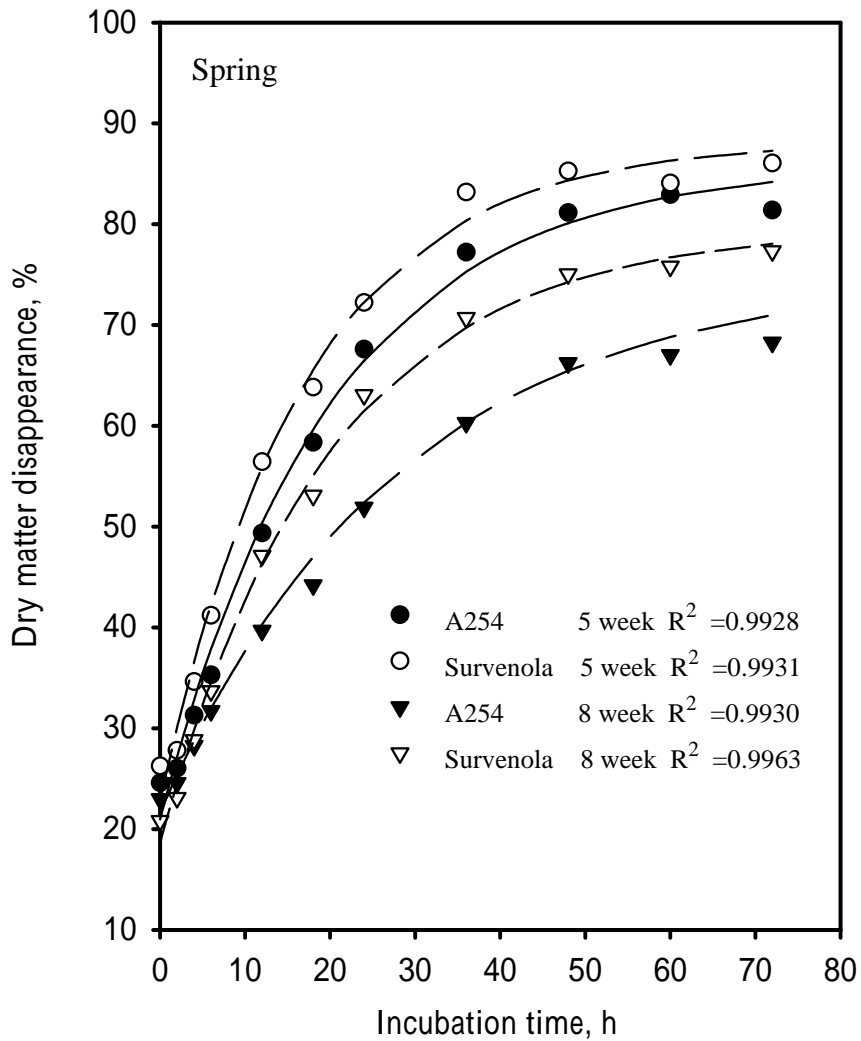


圖 1. 春季盤固草‘A254’與指草‘Survenola’的乾物質在瘤胃裡的消失情形
 Fig 1. *In situ* dry matter disappearance of pangolagrass ‘A254’ and digitgrass ‘Survenola’ harvested in spring. Each point represents mean of 4 determinations (duplicate samples in two cows). Smooth lines represent curves based on predicted data from the Orskov model for each forage. Parameter estimates as table 2.

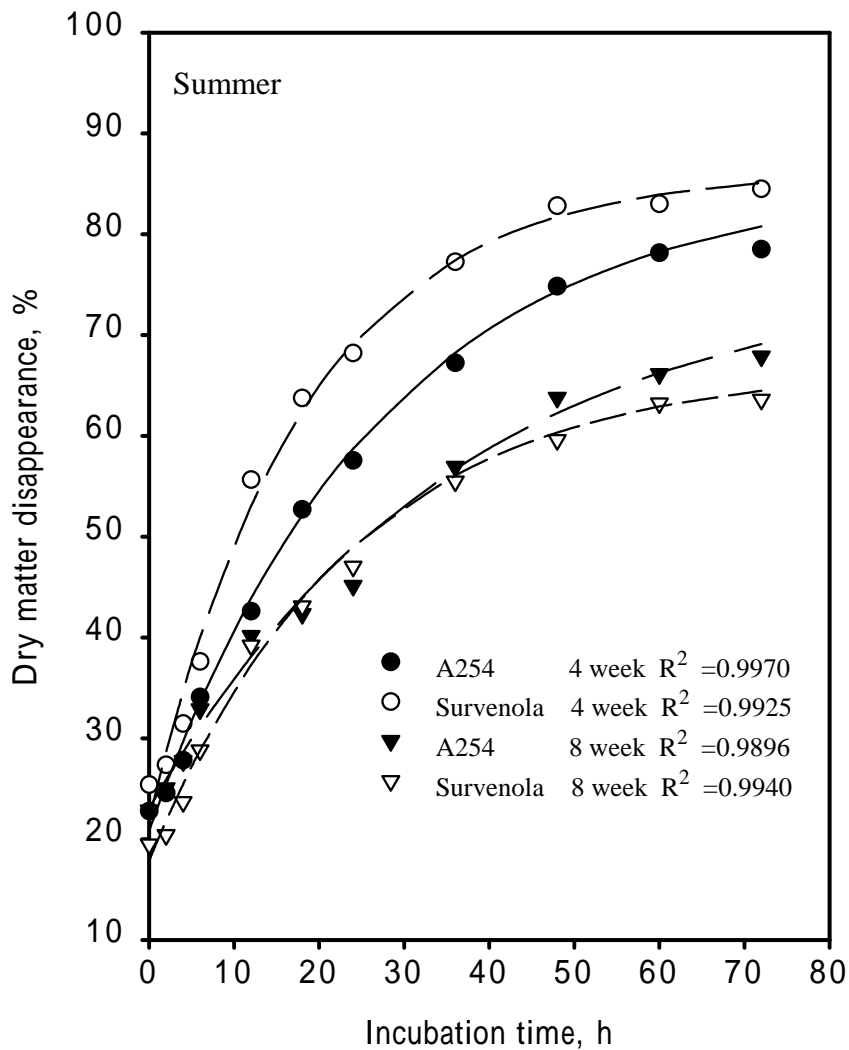


圖 2. 夏季盤固草‘A254’與指草‘Survenola’的乾物質在瘤胃裡的消失情形
 Fig 2. *In situ* dry matter disappearance of pangolagrass ‘A254’ and digitgrass ‘Survenola’ harvested in summer. Each point represents mean of 4 determinations (duplicate samples in two cows). Smooth lines represent curves based on predicated data from the Orskov model for each forage. Parameter estimates as table 2.

表 2. 盤固草‘A254’與指草 ‘Survenola’ 的乾物質在瘤胃裡的分解特性

Table 2. *In situ* degradation kinetics of dry matter in pangolagrass ‘A254’ and digitgrass ‘Survenola’.

牧草種類 Forage Species	生長季節 Growth season	生育日數 Growth days	介量的估值 Estimates of parameter			不消化 Indigestible fraction	有效 分解率 ⁽¹⁾ Effective degradability
			迅速分解 Rapidly degradable fraction (a)	緩慢分解 Slowly degradable fraction (b)	分解速率 Rate of degradation (kd)		
		week	———— %	————	%/h	———— %	————
A254	Spring	5	20.96 a ⁽²⁾	64.98 a	5.02 a	14.06 b	50.26 b
Survenola		5	22.74 a	65.49 a	5.88 a	11.78 b	54.94 a
A254		8	21.65 a	53.43 b	3.57 b	24.92 a	41.03 d
Survenola		8	18.61 b	61.07 a	5.04 a	20.33 a	46.48 c
		LSD(n=4)	2.31	7.17	1.44	5.69	3.30
A254	Summer	4	20.83 b	64.49 a	3.70 bc	14.69 c	45.02 b
Survenola		4	21.86 ab	64.46 a	5.50 a	13.68 c	52.65 a
A254		8	23.00 a	53.38 b	2.77 c	23.63 b	39.73 c
Survenola		8	17.85 c	49.01 b	4.20 ab	33.15 a	37.79 c
		LSD(n=4)	1.80	4.47	1.39	5.39	2.40

(1) Effective degradability in the rumen= $a+b(kd/(kd+kp))$, kp is the feed particle passage rate out of the rumen fixed at 6%/h.

(2) Means with the same letter within each column are not significantly different at 5% level by Least Significant Difference test

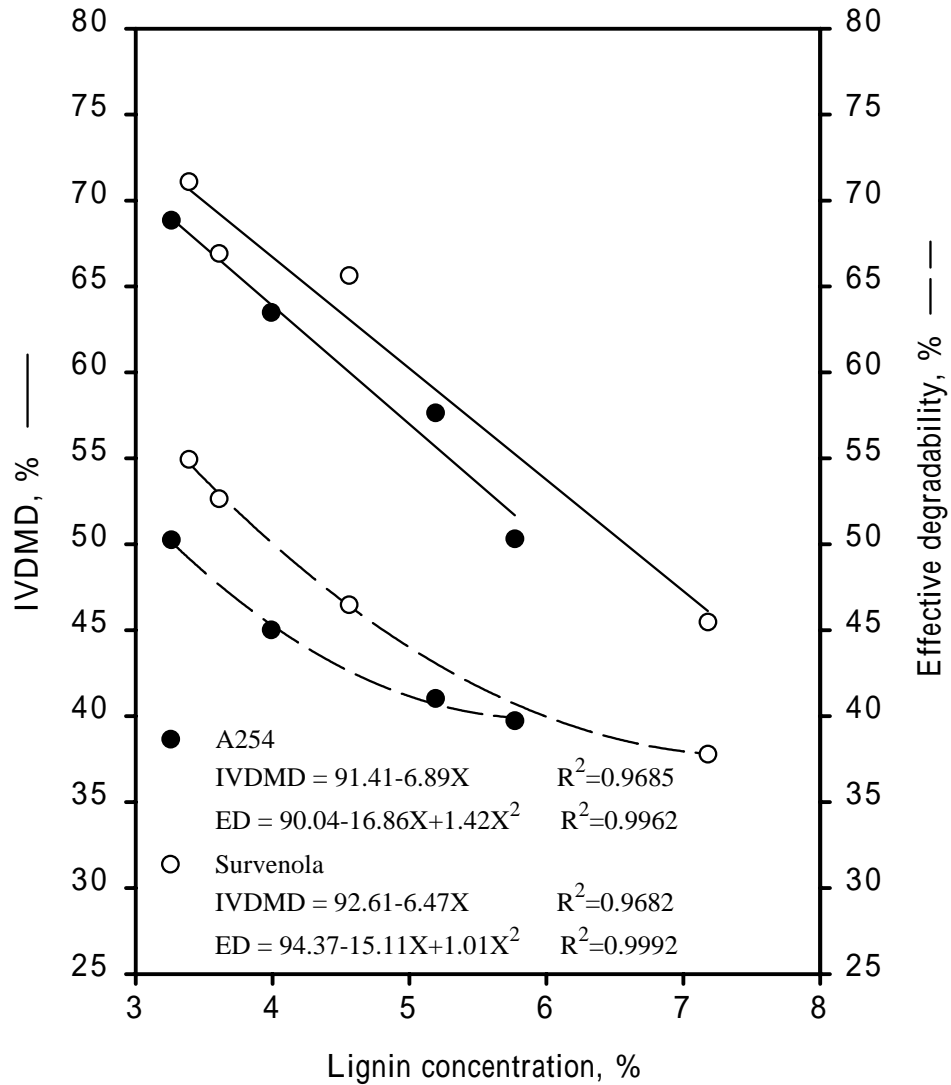


圖 3. 盤固草‘A254’與指草‘Survenola’的木質素含量與試管乾物質消化率及瘤胃有效分解率之關係

Fig 3. The relationships among lignin concentration, *in vitro* dry matter digestibility and effective degradability of pangolagrass ‘A254’ and digitgrass ‘Survenola’. Each point represents mean of 4 determinations.

參考文獻

1. 卜瑞雄、施意敏、陳吉斌、陳茂墻。1993。不同割期對盤固草產量、化學成分與營養價值之影響。中國畜牧學會會誌 22:373-386。
2. 李春芳、沈添富、陳茂墻。1984。利用不同方法評估農作副產物之營養價值。中國畜牧學會會誌 13:35-51。
3. 李春芳、卜瑞雄、施意敏、陳茂墻。1991。盤固草 A254 (*Digitaria decumbens*, A254) 不同生長期之營養價值。畜產研究 24:59-65.
4. 施意敏、卜瑞雄、廖成康。1995。磷及鉀肥對盤固草產量、品質及礦物元素之影響。中華農學會報 新 171:57-70.
5. 施意敏、廖成康、李春芳。1997。以瘤胃袋法評估氮肥用量對盤固草分解率之影響。中華農學會報 新 179:30-43.
6. 廖成康、施意敏、金文蔚、卜瑞雄、成游貴。1996。氮肥用量對 'Survenola' (*Digitaria × umfolozi* Hall) 產量及氮素利用效率之影響。中華農學會報 新 176:46-66
7. 廖成康、施意敏。1997。氮肥用量對盤固草 A254 氮素利用效率之影響。中華農藝 7:267-278.
8. A. O. A. C. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th ed. Washington, DC.
9. Akin, D. E. 1989. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. Agron. J. 81:17-25.
10. Andrighetto, I., L. Bailoni, G. Cozzi, and H. F. Tolosa. 1993. Observation on *in situ* degradation of forage cell components in alfalfa and italian ryegrass. J. Dairy Sci. 76:2624-2631.
11. Atanassova, R., N. Favet, F. Martz, B. Chabbert, M. T. Tollier, B. Monties, B. Fritig, and M. Legrand. 1995. Altered lignin composition in transgenic tobacco expressing *o*-methyltransferase sequences in sense and antisense orientation. Plant J. 8:465-477.

12. Aumont, G., G. Saminadin, P. Cernead, and A. Xande. 1994. Effects of sample preparation on nitrogen degradability of pangola grass (*Digitaria decumbens*) and tropical tree legumes. *J. Agric. Sci., Camb.* 123:47-54.
13. Bourquin, L. D., and G. C. Fahey, Jr. 1994. Ruminant digestion and glycosyl linkage patterns of cell wall components from leaf and stem fractions of alfalfa, orchardgrass, and wheat straw. *J. Anim. Sci.* 72:1362-1374.
14. Buxton, D. R. 1989. *In vitro* digestion kinetics of temperate perennial forage legume and grass stem. *Crop Sci.* 29:213-219.
15. Campbell, M. M., and R. R. Sederoff. 1996. Variation in lignin content and composition. ¹Mechanisms of control and implications for the genetic improvement of plants. *Plant Physiol.* 110:3-13.
16. Dwivedi, U. N., W. H. Campbell, J. Yu., R. S. S. Datla, R. C. Bugos, V. L. Chiang, and G. K. Podila. 1994. Modification of lignin biosynthesis in transgenic *Nicotiana* through expression of an antisense *o*-methyltransferase gene from *Populus*. *Plant Mol. Biology* 26:61-71.
17. Goering, H. K., and P. L. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagent, procedures, and some application.) *Agric. Handb. No. 379*, USDA, Washington, DC.
18. Hatfield, R. D., J. Ralph, and J. H. Grabber. 1999. Cell wall structural foundations: molecular basis for improving forage digestibilities. *Crop Sci.* 39:27-37.
19. Jung, H. G., and M. S. Allen. 1995. Characteristics of plant cell wall affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* 73:2774-2790.
20. Jung, H. G. 1989. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. *Agron. J.* 81:33-38
21. National Research Council. 1989. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

22. Nocek, J. E. 1985. Evaluation of specific variables affecting *in situ* estimates of ruminal dry matter and protein digestion. *J. Anim. Sci.* 60:1347-1358.
23. Orskov, E. R., and I. McDonald. 1970. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci., Camb.* 92:499-503.
24. SAS Institute. 1985. *SAS/STAT Guide for Personal Computers*. 6th ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.
25. Schank, S. C., O. C. Ruelke, W. R. Ocumpaugh, J. E. Moore, and D. W. Hall. 1990. Registration of 'Survenola' digitgrass. *Crop Sci.* 30:1369-1370.
26. SigmaPlot.® 1997. *Sigmaplot 4.0 for Windows® 95, NT & 3.1 User's Manual*. SPSS Inc., USA.
27. Steel, R. G. D., and J. H. Torrie. 1985. *Principles and Procedures of Statistics*. 2th ed. McGraw Hill Inc., USA.
28. Tilley, J. M. A., and R. A. Terry. 1963. A two-stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.* 18:104-111.
29. Twidwell, E. K., K. D. Johnson, J. H. Cherney, and J. J. Volenec. 1988. Forage quality and digestion kinetics of switchgrass herbage and morphological components. *Crop Sci.* 28:778-782.
30. Whetten, R., and R. Sederoff. 1995. Lignin biosynthesis. *Plant Cell* 7:1001-1013.

Effects of growth stage on *in situ* dry matter degradability of pangolagrass (*Digitaria decumbens*) and 'Survenola' (*Digitaria xumfolozi* Hall)

Cherng-Kang Liao⁽¹⁾ Yih-Min Shy⁽²⁾

Summary

The goal of forage production must consider the digestibility of ruminant. To estimate of forage digestibility will enable nutritionists to formulate diets for lactating cows more accurately. On the other way, to examine the limiting factor of cell wall is very important for improve forage digestibility. The objective of this study was to evaluate the effects of growth stage and lignin concentration on *in situ* dry matter degradability of the two forage species, pangolagrass 'A254' (*Digitaria decumbens*) and digitgrass 'Survenola' (*Digitaria × umfolozi* Hall). Samples of A254 and Survenola were harvest at 4 weeks and 8 weeks in well established pasture during spring and summer seasons. Dry matter degradability was determined by placing samples in polyester bags with $53 \pm 10 \mu\text{m}$ pore sizes which were then put into the rumen of two cows for 0, 2, 4, 6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 72h. The kinetics of dry matter degradation was examined using Orskov's model. The rate of degradation, effective degradability and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) of Survenola was significantly higher than A254 except the 8-week old forage harvested at summer. The effective degradability and *in vitro* dry matter digestibility had negative relations to lignin concentration. The effective degradability was not significantly different between Survenola (37.79 %) and A254 (39.73 %) grown 8 weeks during summer season, although the indigestible fraction of Survenola was 33.15 % that more than A254 (23.63 %) and the lignin concentration of Survenola (7.18 %) was significantly higher than A254 (3.61 %). It is reasonable for those results because the degradation rate of Survenola (4.20 % / h) was almost one and half of A254 (2.77 % / h). Those results indicate the degradation rate is an important factor for improve effective degradability of Survenola and the degradation rate may be relationship to the other components of cell wall not only lignin concentration.

Keywords: pangolagrass, lignin, degradation rate

⁽¹⁾ Associate professor, Department of Agronomy, National Chia-Yi Institute of Technology, Chia-Yi, Taiwan, ROC.

⁽²⁾ Corresponding author, Hsin-Chu Branch Station, TLRI, Hsin-Chu, Taiwan, ROC.