

盤固草乾草倉儲期間品質 變化之研究⁽¹⁾

張定偉⁽²⁾

收件日期：89年08月30日；接受日期：89年11月13日

摘 要

本研究為探討盤固草 (*Digitaria decumbens*, Pangolagrass) 圓形乾草包在不同割期、打包時不同含水率及儲存期間之品質變化，以瞭解最適當儲存條件期能保持乾草品質。試驗方法為盤固草於第一期及第二期乾草調製時分別以低含水率 (15~20%)、中含水率 (21~25%) 及高含水率 (26~30%) 等三種不同處理，予以打包運回倉庫儲存。儲存期間每隔一、二、四及六個月取樣分析乾物率、CP、ADF、NDF、Ca、P、K、Mg 及試管乾物消化率，並評鑑外觀色澤、香味及有無長黴等。試驗結果，第一期乾草儲存六個月後低、中及高含水率處理，其含水率分別減少 7.4%、9.6% 及 14.3%；第二期乾草分別減少 4.1%、10.8% 及 18.9%，顯示乾草打包時含水率愈低其儲存期間草包重量損失相對減少。第一期乾草儲存期間之 CP 含量高低起伏變動不一，低、中及高含水率等處理自儲存開始至六個月期間分別為 6.9~5.2%、4.9~7.3% 及 5.3~7.9% 之間變動，有顯著差異 ($P < 0.05$)。第二期乾草儲存期間 CP 含量變化比較一致，低、中及高含水率等處理自儲存開始至六個月期間分別為 8.2~9.3%、7.8~9.0% 及 7.4~10.1% 之間，各處理在儲存期間無顯著差異 ($P > 0.05$)。第一、二期乾草之 ADF 含量變化大致具相同趨勢，即低含水率乾草變化最少。第一期及第二期草之中含水率乾草中之 ADF 增加含量分別為 8.8% 及 4.3%，高含水率乾草之 ADF 增加量分別為 12.1% 及 3.7%。中洗纖維含量變化與酸洗纖維含量變化相似，隨著儲存時間之增長而含量升高。

儲存期間植株中礦物元素 Ca 及 P 有變化，K 及 Mg 變化不明顯。乾物消化率方面，由第一、二期草所分析 IVDMD 結果發現，含水率 15% 以下的低含水率乾草之消化率變化最小，且最穩定。外觀色澤、香味以低含水率組最佳，其次為中含水率組，而高含水率組其色澤呈黑褐色、嚴重白黴，品質不佳。綜合本試驗結果，在台灣夏季高溫多濕季節，以大型圓形乾草打包，其乾草含水率須低於 15% 以下，才能保持乾草儲存品質。

關鍵詞：盤固草乾草、含水率、牧草品質。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1020 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

緒 言

盤固草 A254 (*Digitaria decumbens*, Pangolagrass) 為國內調製乾草用的主要牧草品種，據台灣農業年報(1999)調查全省種植面積有 6,127 公頃，其中桃園縣 1,399 公頃(22.84%)、屏東縣 1,293 公頃(21.11%)、台東縣 765 公頃 (12.00%)、苗栗縣 689 公頃(11.25%)及彰化縣 643 公頃(10.50%)，其生產期大多集中在 6 ~ 10 月間夏天雨季，在此高溫多濕環境期間為維持乾草調製品質，必須注意適期收穫、氣候因素、打包時含水率、機械作業及倉儲等問題。本省盤固草、狼尾草及青割玉米等主要飼料全年乾物產量約 12 ~ 15 萬公噸之間，而全年家畜飼料需要量高達 28 ~ 35 萬公噸之間，需求量比生產量多出一倍以上，其中不足的部分主要靠進口乾草及利用農工副產物方式解決。因此，本省飼料生產尚有很大的需求空間。目前一般酪農大多採用 TMR 餵飼，調配用飼料以青割玉米青貯料或狼尾草青貯料為主，為補充飼糧中乾物含量之不足，則另補充乾草。酪農對高品質乾草需要量相當高，惟每年 6 ~ 11 月盤固草盛產期，適逢高溫多濕氣候，收穫期無法適時掌握，含水率偏高，倉儲不易，影響品質。因此，在 6 ~ 8 月收穫之第一期草，有部分品質不被酪農所接受，但可以較低價銷售肉牛場使用。酪農戶為穩定產乳量及品質，往往寧願採用高價位的進口乾草如苜蓿或百慕達乾草等。所以，如何改善乾草調製品質，以提高產品競爭力，仍為草農應面對解決的課題。劉等(1986)研究乾草打包時含水率對粗蛋白質、鈣及磷含量不受影響，與 Miller *et al.*(1967) 研究所得結果相同；但據渠等實際進行氮平衡試驗時，得到粗蛋白質消化率自打包時含水率 19.2% 時的 39.7% 降到打包時含水率 50.8% 時的 6.6%，可消化蛋白質含量亦自 3.3% 降至 0.6%，該高水分產生高發酵及高溫的連鎖反應，為影響乾草品質的主要原因。保持乾草品質最主要關鍵為含水率，乾草含水率維持在 15% 以下時、可使品質穩定及減少乾物損失，乾草含水率 15% 及 30% 時乾物損失分別為 1.0% 及 8.0% (Nelson, 1966; Rotz *et al.*, 1991)。劉等 (1986) 試驗小方包乾草含水率在 31.2% 以上貯存 10 天左右出現發黴現象，又乾草貯存時間在第一個月品質變化最大，建議小方包適當貯存含水率應設在 20% 以下。又據加拿大 Manitoba 飼料委員會 (Manitoba Forage Council, 1992) 建議，乾草打包時安全含水率分別為小型方包 17 ~ 20%，大型圓包 15 ~ 18%。本研究為瞭解乾草不同割期、打包時不同含水率及儲存期間圓型包乾草品質之變化，並探討最適當儲存條件期保乾草存放品質。

材料與方法

I. 試驗材料

- (i) 盤固草 A254 以正常乾草調製作業做成圓形草包(直徑 1.2 m)。
- (ii) 貯存倉庫為利用本分所鋼筋混凝土結構防雨設施良好乾草倉庫。
- (iii) 含水率快速測定用微波爐，草包溫度以探針式溫度計測量。

II. 試驗方法

- (i) 採收期分 6 - 8 月收穫為第一期草及 9 - 10 月收穫為第二期草二種，含水率分 15 ~ 20% (低)、21 ~ 25% (中) 及 26 ~ 30% (高) 等三種，貯存時間分一個月、二個月、四個月及六個月等四種，即 $2 \times 3 \times 4$ 之單向設計，每處理重複三次(三粒草包)，總共 72 個草包。
- (ii) 剪草後每隔一小時取樣，應用微波爐快速測定含水率，以適時控制打包時間。其測定方法田間採樣，剪短 2 cm 左右長度，微波爐設定 480W、5 min，稱重至穩定，時間視實際乾度予以調整。

(iii) 乾草貯存前在打包同時採樣測定其含水率及粗蛋白質、中、酸洗纖維、磷、鉀、鈣及鎂等化學成分。

(iv) 貯存期間第一個月每日測定草包溫度 (50 cm 深) 及草包外層 (40 cm 深) 含水率。貯存後每隔一、二、四及六個月, 使用青貯草切塊機 (Silage slicer) 將整粒圓形草包中間剖開, 分別在外層、中層及內層等部位, 取樣測定其含水率, 並分析一般營養成分及試管乾物消化率 (*In vitro* dry matter digestibility, IVDMD)、調查色澤、風味及長黴情形。

III. 分析方法

(i) 植體成份分析法

1. 乾物質: 取新鮮材料 1 kg 左右、烘乾箱 80°C、48h。

2. 粗蛋白質: Kjeldahl method (AOAC, 1984)。

3. 中、酸洗纖維: 依照 van Soest (1967) 方法, 每一樣品重複二次。

4. 磷、鉀、鈣及鎂: 原子吸光儀火燄法。

(ii) 試管乾物質消化率測定方法: 採用試管乾物消化器 (ANKOM Daisy II -200 型), 採 48 小時一段式發酵法。

結果與討論

I. 乾草儲存第一個月氣候變化

台灣南部乾草調製季節集中在 7~11 月間, 無灌溉牧草地大多數一年收割二次, 第一次在 6~8 月間、第二次在 9~11 月間。第一次收割期正為颱風雨季, 乾草調製作業相當困難, 品質也不易掌控, 第二次收割期雨季漸趨結束、氣候轉涼, 調製作業比較順暢及儲存條件轉佳。本試驗在恆春地區調製第一、二期乾草時之氣候條件如圖 1; 圖 1 (a) 為第一期乾草儲存第一個月之氣溫與相對濕度, 其日均溫介於 26~30°C 之間、平均 28°C; 相對濕度 76~89%、平均約 83%。圖 1 (b) 為第二期乾草儲存第一個月之氣溫與相對濕度, 其日均溫介於 20~27°C、平均 24°C 左右; 相對濕度 60~85%、平均 70% 左右。兩個收割期之氣候條件明顯不同, 第二期乾草收割時之氣溫與相對濕度均比第一期乾草收割時為低, 儲存條件較佳。

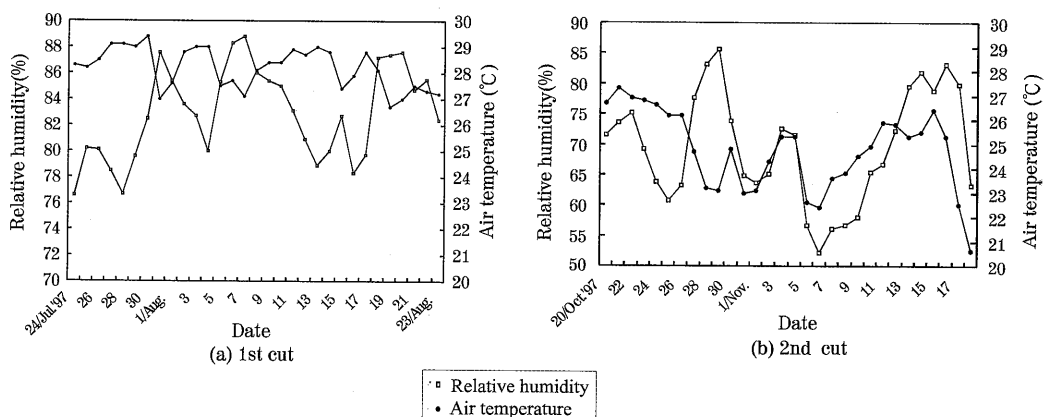


圖 1. 盤固草乾草儲存第一個月之氣溫及相對濕度變化。(a)第一期及(b)第二期

Fig.1. The changes of air temperature and relative humidity for the first month during storing of pangolagrass hay. (a) 1st cut (b) 2nd cut

II. 乾草儲存第一個月草包溫度及含水率之變化

第一期草調製期間在6~8月之間，平均氣溫28℃左右、平均濕度為83%左右；而第二期草調製期間為9~11月之間，平均氣溫為24℃左右、平均濕度約為70%，氣候條件與草包溫度之變化如圖2，第一期乾草打包時高含水率處理的草包實際含水率為21.9%，其草包溫度由打包後第一天的48℃，一直升高到63℃左右，約一週後才逐漸下降到50℃左右。中含水率處理的草包實際含水率為17.2%，其草包溫度由打包後第一天的35℃，升高到44℃左右，第三天後才下降而維持在35~40℃左右。低含水率處理的草包實際含水率為14.5%，其草包溫度由打包後第一天的39℃左右，然後下降維持在31℃左右與氣溫相近；第二期乾草打包時高含水率處理的草包實際含水率為30.0%，其草包溫度由打包後第一天的46℃，逐漸降低至32~35℃左右。中含水率處理的草包實際含水率23.0%，其打包後第一天草包溫度約39℃，逐漸降低到30℃左右。低含水率處理實際含水率為14.4%，其打包後第一天草包溫度約32℃，然後逐漸下降與氣溫相近。本研究發現第一、二期乾草低含水率處理之草包(實際含水率分別為14.5%與14.4%)，其草包溫度並不受外界氣候影響，始終維持與氣溫同溫。第一期乾草之高含水率與中含水率兩處理草包(實際含水率分別為21.9%與17.2%)，而第二期乾草之高含水率與中含水率兩處理草包實際含水率分別為30.0%與23.0%。顯然第一期乾草含水率比第二期乾草含水率為低，但草包溫度反而偏高。證實倉儲期間氣候條件如氣溫及濕度與草包溫度有密切關係。據Sullivan (1973) 指出呼吸作用為植物之生命跡象，當作物被收割後其活細胞內水解或呼吸酵素仍繼續作用。Wolf and Carson (1973) 指出牧草收割後植株呼吸或酵素活動，可使草包溫度上升，但隨植物含水率之降低而下降或停止。據Mcgechan (1989) 指出低含水率可減少損失。Rotz *et al.* (1991) 指出乾草損失大約集中在收割後的第一個月。為瞭解圓形大草包儲存第一個月期間之草包含水率變化，每日檢測草包外層40cm深處的含水率，其結果如圖3，圖3(a)為第一期乾草之變化，由於氣溫、濕度偏高影響到含水率之變動，高含水率處理打包時的草包實際含水率為21.9%，儲存開始逐漸升高到32.0%，一直維持15天左右，然後逐漸下降到25.0%。中含水率處理打包時的草包實際含水率為17.2%，儲存開始逐漸升高到24.0%，15天之後微幅下降至22.0%。低含水率處理打包時的草包實際含水率為14.5%，儲存開始隨即升高到22.0%左右，然後維持在20.0%，此氣候因素的回潮現象，造成高

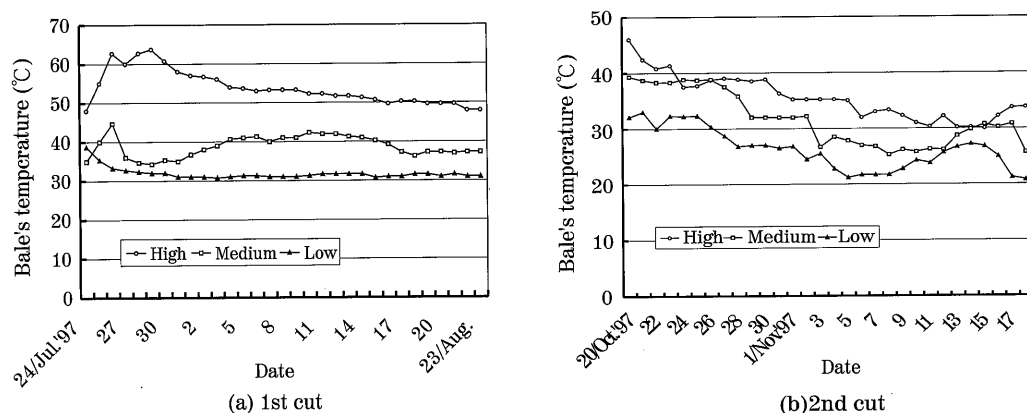


圖 2. 盤固草乾草儲存第一個月之草包溫度變化。(a)第一期及(b)第二期

Fig.2. The changes of bale's temperature for the first month during storing of pangolagrass hay. (a) 1st cut (b) 2nd cut

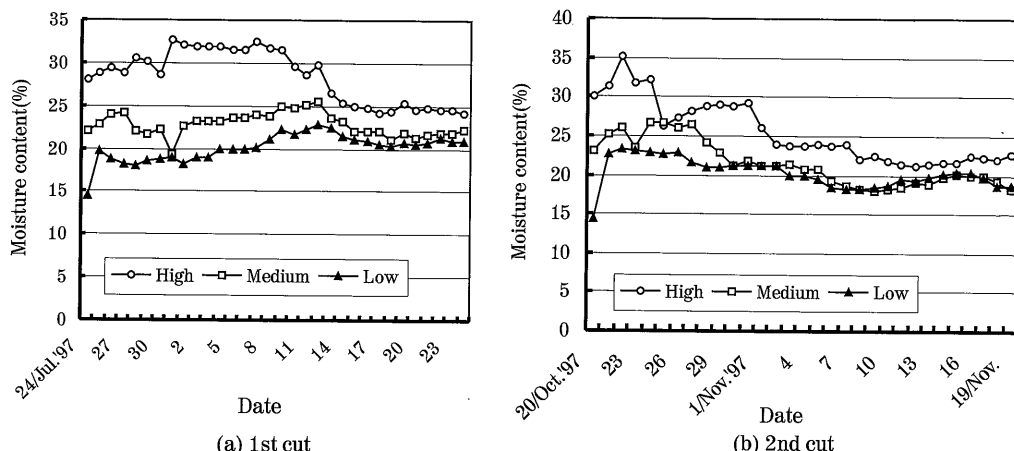


圖 3. 盤固草乾草儲存第一個月之草包含水率變化。(a)第一期及(b)第二期
Fig.3. The changes of moisture content for the first month during storing of pangolagrass hay.
(a) 1st cut (b) 2nd cut

含水率處理草包外層30~40 cm有嚴重發黴，中含水率處理草包外層有輕度發黴，但低含水率處理草包完全沒有發黴現象。第二期乾草之變化，因氣溫下降、雨量減少，儲存環境轉佳，各處理含水率變化如圖3(b)、高含水率處理打包時的草包實際含水率為30.0%，剛開始三天內有微幅升高，然後逐漸下降到23.0%。中含水率處理打包時的草包實際含水率為23.0%，儲存開始5~6天內升高到26.0%、然後下降至20.0%以下。低含水率處理打包時的草包實際含水率為14.4%，儲存14天內維持20.0%以上，然後下降維持在17.0~18.0%。由此結果發現第二期乾草之高、中兩處理打包時的草包實際含水率都比第一期乾草為高，但回潮程度降低，發黴現象也比第一期乾草輕。再證實倉儲期間良好氣候條件可減少發黴，提高品質。

III. 乾草儲存期間植體成分變化

(i) 含水率之變化

乾草倉儲期間第一個月之發熱有助於植體之乾燥 (Rotz *et al.*, 1991)，但大部分的損失為可消化乾物中之非結構性碳水化合物，轉變為二氧化碳及水份 (Greenhill *et al.*, 1961)，乾物損失率打包時草包含水率15%時、其損失率約1.0%，打包時草包含水率30%時、其損失率提高到8.0% (Nelson, 1966, 1968; Rotz *et al.*, 1991)。本試驗盤固草乾草在儲存期間含水率之變化如表1、第一期收割之低、中及高含水率等三種處理乾草，經二個月儲存其含水率趨於一致分別為10.3%、10.7%及11.5%，與儲存開始比較分別減少4.2%、7.1%及10.4%，但仍繼續減輕，至儲存六個月時其含水率分別為7.1%、8.2%及7.6%，與儲存開始比較分別減少7.4%、9.6%及14.3%，儲存開始、儲存二個月及儲存六個月各階段間之含水率，均有顯著差異 ($P < 0.05$)。第二期收割之低、中及高含水率等三種處理乾草，經二個月儲存其含水率分別為9.6%、11.7%及11.5%，與儲存開始比較分別減少5.5%、10.4%及18.2%，但乃繼續減輕，至儲存六個月時其含水率分別為11.0%、11.1%及10.8%，與儲存開始比較分別減少4.1%、10.8%及18.9%，儲存開始、儲存二個月間之含水率有顯著差異 ($P < 0.05$)。但儲存二個月與儲存六個月間之含水率，則無顯著差異 ($P > 0.05$)。由第一、二期盤固草乾草在儲存期間含水率之變化，顯示，乾草打包時含水率愈低其儲存期間草包重量損失相對減少。

表 1. 盤固草乾草不同含水率在儲存期間含水率之變化

Table 1. The changes in moisture content during the storage of pangolagrass hay at different levels of moisture content

| Month of storage | First cut | | | Second cut | | |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | LM * | MM * | HM * | LM * | MM * | HM * |
| | % | | | % | | |
| Beginning | 14.5 ^a | 17.8 ^a | 21.9 ^a | 15.1 ^a | 21.9 ^a | 29.7 ^a |
| 1 st month | 11.6 ^b | 13.6 ^b | 17.7 ^b | 10.1 ^{bc} | 14.2 ^b | 17.7 ^b |
| 2 nd month | 10.3 ^c | 10.7 ^c | 11.5 ^c | 9.6 ^{bc} | 11.7 ^c | 11.5 ^c |
| 4 th month | 9.3 ^c | 11.2 ^c | 10.8 ^c | 8.8 ^c | 9.9 ^c | 10.8 ^c |
| 6 th month | 7.1 ^d | 8.2 ^d | 7.6 ^d | 11.0 ^b | 11.1 ^c | 10.8 ^c |

^{a,b,c} Means in the same column with the different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

* LM : Low-level of moisture content ; MM : Medium-level of moisture content ;
HM : High-level of moisture content.

(ii) 粗蛋白質含量變化

許多研究報告指出乾草儲存期間粗蛋白質 (CP) 含量變化很不一致, 有學者認為有中度損失 (Davies and Warboys, 1978; Collins *et al.*, 1987), 少量增加 (Rotz and Abrams, 1988) 及沒有變化 (Nelson, 1966, 1968, 1972)。本試驗盤固草乾草在儲存期間 CP 含量之變化如表 2, 第一期收割之低、中及高含水率等三種乾草, 儲存期間 CP 含量高低起伏變動不一, 低、中及高含水率等自儲存開始至六個月期間分別為 6.9~5.2%、4.9~7.3% 及 5.3~7.9% 之間變動, 有顯著差異存在 ($P < 0.05$)。第二期收割之低、中及高含水率等三種乾草, 儲存期間 CP 含量變化比較一致, 低、中及高含水率等自儲存開始至六個月期間分別為 8.2~9.3%、7.8~9.0% 及 7.4~10.1% 之間, 各處理在儲存期間無顯著差異 ($P > 0.05$)。割期別 CP 含量以第二期秋季收割比第一期夏季收割為高。又高含水率乾草之 CP 含量比中及低含水率等二種乾草之 CP 含量微高, 此與 Rotz and Abrams (1968) 及 Rotz *et al.* (1991) 乾草儲存第一個月期間 CP 含量, 經常因高含水率乾草有較多的碳水化合物損失, 而有不明顯至微量增加等結果類同。另因高含水率乾草產生高溫, 藉焦化反應 (Maillard reactions) 形成酸洗不溶解性氮 (ADIN), 以及可溶性氮的損失, 導致不溶解性氮及 ADIN 的增加, 而有 CP 含量升高的現象 (Rotz and Abrams, 1988; Buckmaster *et al.*, 1989)。

表 2. 盤固草乾草不同含水率在儲存期間粗蛋白質含量之變化

Table 2. The changes in crude protein content during the storage of pangolagrass hay at different levels of moisture content

| Month of storage | First cut | | | Second cut | | |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| | LM * | MM * | HM * | LM * | MM * | HM * |
| | % | | | % | | |
| Beginning | 6.9 ^a | 4.9 ^c | 5.3 ^c | 8.2 ^a | 7.8 ^a | 7.4 ^a |
| 1 st month | 5.1 ^b | 7.0 ^{ab} | 7.0 ^{ab} | 8.3 ^a | 8.3 ^a | 8.2 ^a |
| 2 nd month | 6.1 ^{ab} | 7.3 ^a | 7.9 ^a | 7.9 ^a | 8.2 ^a | 8.4 ^a |
| 4 th month | 5.9 ^{ab} | 6.7 ^a | 7.5 ^a | 8.5 ^a | 8.3 ^a | 8.2 ^a |
| 6 th month | 5.2 ^b | 6.0 ^b | 6.3 ^b | 9.3 ^a | 9.0 ^a | 10.1 ^a |

^{a,b,c} Means in the same column with the different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

* As shown in Table 1.

(iii) 酸洗纖維含量之變化

由表 3，第一期收割之低含水率處理乾草，儲存期間酸洗纖維（ADF）含量為 42.8%~44.4%之間，變動不顯著。中含水率處理乾草自儲存開始的 42.5%至儲存六個月的 51.3%增加 8.8%，其含量隨儲存期間增長而升高（ $P < 0.05$ ）。高含水率處理乾草自儲存開始的 41.6%至儲存六個月的 53.7%增加 12.1%，其含量隨儲存期間增長而升高（ $P < 0.05$ ）。第二期收割之低含水率處理乾草，儲存期間 ADF 含量為 42.6%~42.9%之間，變動不顯著。中含水率處理乾草自儲存開始的 44.2%至儲存六個月的 48.5%增加 4.3%，其含量隨儲存期間增長而升高（ $P < 0.05$ ）。高含水率處理乾草自儲存開始的 39.6%至儲存六個月的 43.3%，增加 3.7%，其含量隨儲存期間增長而升高（ $P < 0.05$ ），此與前人研究結果認為乾草儲存期間，由於纖維中之非纖維組成部分耗損，而原有之 ADF、NDF（中洗纖維）、粗纖維、木質素及灰分等仍然存在，導致纖維含量之增加（Greenhill *et al.*, 1961; Collins *et al.*, 1987; Rotz and Abrams, 1988; Buckmaster *et al.*, 1989）相符。綜由第一、二期乾草 ADF 含量變化具大致相同趨勢，即低含水率乾草變化最少。第一期及第二期中含水率乾草中之 ADF 增加含量分別為 8.8%及 4.3%，高含水率乾草之 ADF 增加量分別為 12.1%及 3.7%。兩個收割期乾草儲存期間 ADF 之含量，秋季收割之第二期草比夏季收割之第一期草低。

表 3. 盤固草乾草不同含水率在儲存期間酸洗纖維含量之變化

Table 3. The changes in acid detergent fiber content during the storage of pangolagrass hay at different levels of moisture content

| Month of storage | First cut | | | Second cut | | |
|-----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | LM * | MM * | HM * | LM * | MM * | HM * |
| | % | | | % | | |
| Beginning | 42.8 ^b | 42.5 ^b | 41.6 ^c | 42.6 ^a | 44.2 ^b | 39.6 ^c |
| 1 st month | 42.7 ^b | 45.6 ^b | 48.4 ^b | 44.4 ^a | 50.5 ^a | 47.2 ^a |
| 2 nd month | 43.4 ^b | 45.0 ^b | 48.6 ^b | 38.2 ^b | 39.8 ^c | 49.6 ^a |
| 4 th month | 45.9 ^a | 49.9 ^a | 52.3 ^{ab} | 42.1 ^a | 48.8 ^a | 47.1 ^a |
| 6 th month | 44.4 ^{ab} | 51.3 ^a | 53.7 ^a | 42.9 ^a | 48.5 ^a | 43.3 ^b |

^{a,b} Means in the same column with the different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

* As shown in Table 1.

(iv) 中洗纖維含量之變化

如表 4，中洗纖維（NDF）含量變化與酸洗纖維含量變化相似，隨著儲存時間之增長而含量升高。第一期及第二期草之低含水率乾草儲存開始與儲存六個月間 NDF 之增加量分別為 4.9%及 4.4%、其中第一期草有顯著差異（ $P < 0.05$ ）。中含水率乾草儲存開始與儲存六個月間 NDF 之增加量分別為 7.5%及 2.5%、其中第一期草有顯著差異（ $P < 0.05$ ）。高含水率乾草儲存開始與儲存六個月間 NDF 之增加量分別為 11.5%及 7.1%、兩期均有顯著差異（ $P < 0.05$ ），秋季收割之第二期草比夏季收割之第一期草，在儲存時間的 NDF 增加量少。

表 4. 盤固草乾草不同含水率在儲存期間中洗纖維含量之變化

Table 4. The changes in neutral detergent fiber during the storage of pangolagrass hay at different levels of moisture content

| Month of storage | First cut | | | Second cut | | |
|-----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | LM * | MM * | HM * | LM * | MM * | HM * |
| | % | | | % | | |
| Beginning | 70.7 ^c | 73.3 ^b | 71.7 ^c | 71.8 ^{ab} | 74.8 ^b | 69.0 ^b |
| 1 st month | 73.7 ^b | 77.2 ^{ab} | 78.9 ^b | 75.1 ^a | 81.7 ^a | 77.7 ^a |
| 2 nd month | 73.4 ^b | 75.7 ^{ab} | 77.9 ^b | 67.8 ^b | 65.8 ^c | 78.9 ^a |
| 4 th month | 77.4 ^a | 82.0 ^a | 83.3 ^a | 74.3 ^a | 80.0 ^a | 78.8 ^a |
| 6 th month | 75.6 ^{ab} | 80.8 ^a | 83.2 ^a | 76.2 ^a | 77.3 ^{ab} | 76.1 ^a |

^{a,b,c} Means in the same column with the different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

* As shown in Table 1.

(v) 礦物元素含量之變化

表 5-1. 盤固草第一期乾草不同含水率在儲存期間礦物元素含量之變化

Table 5-1. The changes in mineral contents during the storage of pangolagrass hay at different levels of moisture content for the 1st cut

| Month of storage | Low-level moisture | | | | Medium-level moisture | | | | High-level moisture | | | |
|-----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Ca | P | K | Mg | Ca | P | K | Mg | Ca | P | K | Mg |
| | % | | | | | | | | | | | |
| 1 st month | 0.08 ^d | 0.20 ^a | 1.38 ^a | 0.06 ^b | 0.10 ^b | 0.19 ^a | 1.38 ^a | 0.09 ^a | 0.12 ^b | 0.16 ^a | 1.39 ^a | 0.08 ^a |
| 2 nd month | 0.13 ^c | 0.13 ^b | 1.47 ^a | 0.07 ^b | 0.12 ^b | 0.14 ^b | 1.57 ^a | 0.16 ^a | 0.11 ^b | 0.10 ^b | 1.43 ^a | 0.12 ^a |
| 4 th month | 0.43 ^a | 0.15 ^b | 1.35 ^a | 0.08 ^b | 0.41 ^a | 0.12 ^b | 1.39 ^a | 0.09 ^a | 0.50 ^a | 0.13 ^b | 1.36 ^a | 0.10 ^a |
| 6 th month | 0.38 ^b | 0.19 ^a | 1.55 ^a | 0.10 ^a | 0.39 ^a | 0.14 ^b | 1.38 ^a | 0.10 ^a | 0.40 ^a | 0.17 ^a | 1.50 ^a | 0.16 ^a |

^{a,b} Means in the same column with the different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

表 5-2. 盤固草第二期乾草不同含水率在儲存期間礦物元素含量之變化

Table 5-2. The changes in mineral contents during the storage of pangolagrass hay at different levels of moisture content for the 2nd cut

| Month of storage | Low-level moisture | | | | Medium-level moisture | | | | High-level moisture | | | |
|-----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | Ca | P | K | Mg | Ca | P | K | Mg | Ca | P | K | Mg |
| | % | | | | | | | | | | | |
| 1 st month | 0.43 ^a | 0.27 ^a | 1.39 ^c | 0.18 ^a | 0.57 ^a | 0.16 ^a | 1.09 ^{ab} | 0.29 ^a | 0.56 ^a | 0.25 ^a | 1.17 ^{ab} | 0.17 ^a |
| 2 nd month | 0.45 ^a | 0.14 ^c | 1.56 ^b | 0.22 ^a | 0.48 ^a | 0.18 ^a | 1.03 ^b | 0.18 ^a | 0.47 ^{ab} | 0.12 ^b | 1.11 ^b | 0.19 ^a |
| 4 th month | 0.40 ^a | 0.18 ^b | 1.31 ^a | 0.18 ^a | 0.50 ^a | 0.17 ^a | 1.02 ^a | 0.22 ^a | 0.40 ^b | 0.14 ^b | 1.19 ^{ab} | 0.15 ^a |
| 6 th month | 0.24 ^b | 0.13 ^c | 1.75 ^a | 0.23 ^a | 0.25 ^b | 0.12 ^b | 1.29 ^a | 0.26 ^a | 0.26 ^c | 0.09 ^b | 1.33 ^a | 0.17 ^a |

^{a,b} Means in the same column with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

盤固草乾草儲存期間植株中Ca、P、K及Mg之變化如表5-1（第一期草）及表5-2（第二期草）、其中除Ca及P有變化外，其餘K及Mg變化不明顯。雖然Ca有顯著變化但呈兩極化，即第一期草Ca之含量隨儲存期間之增長而增加，第二期草Ca之含量隨儲存期間之增長而減少。P含量有隨儲存期間之增長而減少，尤其在第二期草呈明顯表現。

（vi）乾物消化率變化

本試驗第一期草低含水率、中含水率及高含水率乾草，以及第二期草低含水率及中含水率乾草，取樣做試管乾物消化率（IVDMD）測定，其結果如圖4，第一期草低含水率乾草由儲存開始的65.1%降到儲存六個月的63.6%，儲存期間無顯著變化（ $P > 0.05$ ）；中含水率乾草由儲存開始的66.8%降到儲存六個月的60.6%，中間起伏變動，有顯著變化（ $P < 0.05$ ）；高含水率乾草由儲存開始的64.1%降到儲存六個月的53.7%，有明顯隨著儲存期間

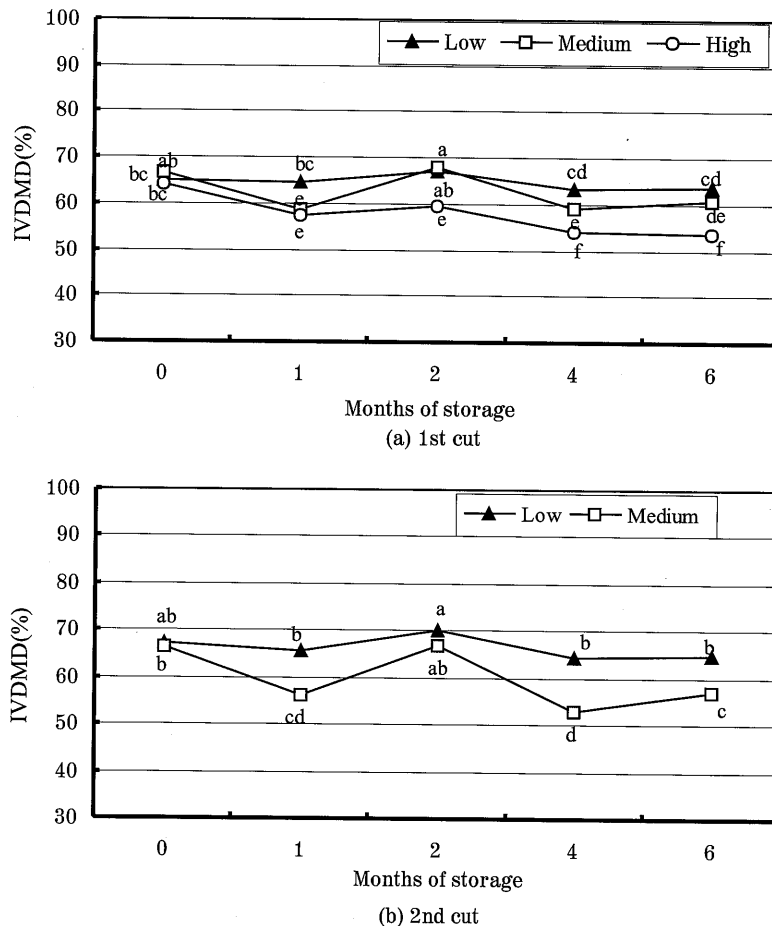


圖4. 盤固草乾草不同含水率儲存期間試管乾物消化率變化 (a)第一期及(b)第二期

Fig.4. The changes of in vitro dry matter digestibility during the storage of pangolagrass hay at different levels of moisture content. (a) 1st cut (b) 2nd cut

的增長，使乾物消化率降低的變化 ($P < 0.05$)。第二期草乾物消化率低含水率乾草由儲存開始的 67.3%，降到儲存六個月的 64.9%，緩和降低而無顯著變化 ($P > 0.05$)；中含水率乾草之消化率由儲存開始的 66.6%，逐漸降到儲存六個月的 57.0%，有顯著變化 ($P < 0.05$)。綜合第一、二期乾草所分析 IVDMD 結果發現，大型圓型乾草包儲存期間會使乾物消化率降低，其中低含水率乾草之乾物消化率變化最小且最穩定；而中含水率及高含水率乾草之乾物消化率變化較大，此結果與 Davies and Warboys (1978)，Collins *et al.* (1987) 及 Rotz and Abrams (1988) 等所指出乾草儲存期間會降低乾物消化率之結果相符。另 Thomas *et al.* (1982) 發現高含水率乾草儲存期間發熱造成 CP 轉變為 ADIN 而降低 CP 消化率。

(vii) 乾草外觀感觀評鑑

圓形大乾草包在各個儲存階段使用草包切割機，由中央剖成兩半觀查其顏色、香味及長霉狀況，結果如表 6，在色澤方面；低含水率處理(14.5~15.0%)第一期或第二期乾草儲存六個月期間均保持最佳深綠色，中含水率處理(18.0~22.0%)第一期或第二期乾草儲存六個月期間均保持次級淡綠褐色，而高含水率處理(27.0~30.0%)第一期乾草在儲存第一、二個月為黃褐色到深褐色長滿白黴，第四~六個月白黴變乾粉狀、乾草呈暗褐色，第二期乾草呈褐色。在香味方面；低含水率處理第一期或第二期乾草儲存六個月期間均保持新鮮乾草香，中

表 6. 盤固草圓形乾草包不同含水率儲存期間感觀評鑑

Table 6. Quality evaluation by sensing on pagolagrass round bale hay at different levels of moisture content

| Month of storage | Moisture content | First cut hay | | | Second cut hay | | | Grade | |
|-----------------------|------------------|---------------|--------|-----------------|----------------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| | | Color* | Odor** | Visible mold*** | Color* | Odor** | Visible mold*** | 1st-cut hay | 2nd-cut hay |
| 1 st month | Low | +++ | +++ | — | +++ | +++ | — | Good | Good |
| | Medium | ++ | ++ | + | ++ | ++ | + | Fair | Fair |
| | High | — | — | +++ | + | — | ++ | Very Poor | Poor |
| 2 nd month | Low | +++ | +++ | — | +++ | +++ | — | Good | Good |
| | Medium | ++ | ++ | + | ++ | ++ | — | Fair | Fair |
| | High | — | — | +++ | + | + | ++ | Very Poor | Poor |
| 4 th month | Low | +++ | +++ | — | +++ | +++ | — | Good | Good |
| | Medium | ++ | ++ | — | ++ | ++ | — | Fair | Fair |
| | High | + | + | ++ | + | + | ++ | Poor | Poor |
| 6 th month | Low | +++ | +++ | — | +++ | +++ | — | Good | Good |
| | Medium | ++ | ++ | + | ++ | ++ | — | Fair | Fair |
| | High | + | + | ++ | + | ++ | ++ | Poor | Poor |

* Color : +++ Dark green ++ Light green + Mute green — Brown with white mold.

** Odor : +++ Fresh ++ Dull + Musty — Heat damage

*** Visible mold : — None + Slightly dusty ++ Dusty +++ White mold

含水率處理第一期或第二期乾草儲存六個月期間仍有淡薄乾草香，但微帶發霉味，而高含水率處理第一期乾草在儲存第一、二個月有燒焦及發酵酒精味，第四～六個月以後變為濃厚發霉味，第二期乾草在儲存第一、二個月無燒焦味，但有濃厚發霉味，第四～六個月以後發霉味漸淡，而有淡薄草香。在長霉程度方面；低含水率處理第一期或第二期乾草儲存期間均不發霉，中含水率處理第一期草輕度發霉，第二期草在第一個月有輕度發霉，第二個月以後不再繼續發霉，而高含水率處理第一期草儲存第一、二個月嚴重長滿白黴，第四個月以後白黴呈乾燥白黴粉，第二期乾草儲存期間長白黴程度中等，比第一期乾草緩和。由本研究外觀與感觀評鑑結果，低含水率處理無論第一期或第二期乾草之儲存品質均佳；中含水率處理儲存品質比低含水率處理差，又中含水率處理之第二期乾草儲存品質比第一期乾草為佳，高含水率處理第一期或第二期乾草，色澤均為褐色到深褐色、濃厚發霉味，發霉程度第一期比第二期草嚴重，第一期草包表層 30~40 cm 深處，片塊長黴，牛羊不吃，形同廢草。

結論與建議

- I. 乾草打包時含水率愈低其儲存期間草包重量損失相對減少。CP 含量之變化，第一期乾草儲存期間 CP 含量高低起伏變動不一，第二期乾草儲存期間 CP 含量變化比較一致。中洗纖維含量變化與酸洗纖維含量變化相似，其含量隨著儲存時間之增長而升高。儲存期間植株中礦物元素，除 Ca 及 P 有變化外，其餘 K 及 Mg 變化不明顯。乾物消化率以含水率 15% 以下的低含水率之乾草變化最小且最穩定。外觀色澤、香味以低含水率組最佳，其次為中含水率組，而高含水率組其色澤呈黑褐色、嚴重長霉，品質極差，如同廢草。
- II. 在台灣南部夏季高溫多濕季節，以大型圓形乾草打包，其乾草含水率應低於 15% 以下，才能保持乾草儲存品質。
- III. 本省由於氣候環境，夏季不易調製及儲存乾草，建議加強選拔適應中、南部冬天可生長之飼料作物品種，配合水旱田利用調整計畫灌溉生產高品質乾草。

參考文獻

- 劉明宗、李春芳、陳茂墻。1986。打包時含水量及貯存時間對盤固草品質的影響。畜產研究 18 (2):43-54
- A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 14th ed. Washington DC. pp.125~142.
- Bonnefoy, G. 1992. Canadian hay and straw certification program inspector's manual. Manitoba Forage Council.
- Buckmaster, D.R., C.A. Rotz and D.R. Mertens. 1989. A model of alfalfa losses on storage. Trans. ASAE 32:30-36.
- Collins, M., W. H. Paulson, M. F. Finner, N. A. Jorgensen and C. R. Keuler. 1987. Moisture and storage effects on dry matter and quality losses of alfalfa in round bales. Trans. ASAE 30:913-917.
- Davies, M. H. and I. B. Warboys. 1978. The effect of propionic acid on the storage losses of hay. J. Br. Grassl. Soc. 33:153-165.
- Greenhill, W. L., J. F. Couchman and J. De Freitas. 1961. Storage of hay III. Effect of temperature and moisture on loss of dry matter and changes in composition. J. Sci. Food Agric.

12:293~297.

- Megechan, M. B. 1989. A review of losses arising during conservation of grass forage: Part 1, Field losses. *J. Agric. Eng. Res.* 44:1~21.
- Miller, L. G., D. C. Clenton, L. F. Nelson and D. E. Hoehne. 1967. Nutritive value of hay baled at various moisture contents. *J. Anim. Sci.* 26(6):1369 ~ 1373
- Nelson, L. F. 1966. Spontaneous heating and nutrient retention of the baled alfalfa hay during storage. *Trans. ASAE* 9:509~512.
- Nelson, L. F. 1968. Spontaneous heating, gross energy retention and nutrient retention of high-density alfalfa hay bales. *Trans. ASAE* 11:595~600.
- Nelson, L. F. 1972. Storage characteristics and nutrient value of high-density native hay bales. *Trans. ASAE* 15:201~205.
- Rotz, C. A., R. J. Davis, D. R. Buckmaster and J. W. Thomas. 1988. Bacterial inoculants for preservation of alfalfa hay. *J. Prod. Agric.* 1:362-367.
- Rotz, C. A. and S. M. Abrams. 1998. Losses and quality changes during alfalfa hay harvest and storage. *Trans. ASAE* 31:350~355.
- Rotz, C. A., R. J. Davis, D. R. Buckmaster and M.S. Allen. 1991. Preservation of alfalfa hay with propionic acid. *Appl. Eng. Agric.* 7:33~40.
- Sullivan, J. T. 1973. Drying and storing herbage as hay. In G. W. Butler and R. W. Bailey (ed.) *Chemistry and biochemistry of herbage*. Vol. 3. Academic Press, London, England. pp. 1~31.
- Thomas, J. W., Y. Yu, T. Middleton and C. Stallings. 1982. Estimation of protein damage. In F. N. Owens(ed.) *Protein requirements for cattle: Symposium*. 19-21 Nov. 1980, MP 109, Division of Agric., Oklahoma State Univ., Stillwater. pp. 81~98.
- van Soest, P. J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *J. Animal Sci.* 26: 119~128.
- Wolf, D. D. and E. W. Carson. 1973. Respiration during drying of alfalfa herbage. *Crop Sci.* 13: 660~662.

Changes in Forage Quality of Pangolagrass Round Bale Hay during Storage Period⁽¹⁾

Ting-Woei Chang⁽²⁾

Received Aug. 30, 2000; Accepted Nov. 13, 2000

Abstract

The objective of this study was to determine the optimal moisture content of pangolagrass (*Digitaria decumbens*) round bale hay stored for a longer period. Pangolagrass was harvested to make hay at the 1st and the 2nd cuts and baled with 3 levels of moisture, namely, low (15-20 %), medium (21-25 %) and high (26-30 %). The percentage of dry mater (DM), the content of crude protein (CP), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), Ca, P, K, and Mg and *In vitro* dry matter digestibility (IVDMD), visual color, odor and molding of hay were determined in 1, 2, 4 and 6 months after storing, respectively. The results showed that the contents of the crude protein were 5.2~6.9%, 4.9~7.3% and 5.3~7.9% at low, medium and high levels of moisture between beginning and 6 months after storing for the 1st cut, respectively, and those were 8.2~9.3%, 7.8~9.0% and 7.4~10.1% for the 2nd cut respectively. Significant differences ($p < 0.05$) were observed among different storing periods for the 1st cut, while no significant difference was found for the 2nd cut ($p > 0.05$). The changes in both contents of ADF and NDF for the 1st and the 2nd cut hays were similar during 6 months of storage. It showed that both ADF and NDF contents were increased with storage period and the hay with less moisture content at the beginning of storage had less change in ADF and NDF content during storing. The concentrations of Ca and P were significantly changed for both 1st and 2nd cuts during storing, however, the changes were not similar. The *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) of the hay with low level moisture changed little and was more stable than those with higher levels of moisture during storing. In addition, less changes were observed in color, odor and visible mold in the hay with low level moisture during storage. These results indicated that pangolagrass round bale hay with moisture content of less than 15% could be stored and in good forage quality 6 months after storing.

Key words : Pangolagrass (*Digitaria decumbens*), Moisture contents, Forage quality.

(1) Contribution No.1020 from Taiwan Livestock Research Institute, Council of Agriculture.

(2) Hengchun Branch Institute, COA-TLRI, Hengchun, Pingtung, Taiwan, R.O.C.