

不同處理對盤固草半乾青貯草中型膠膜包青貯 品質之影響⁽¹⁾

王紓愍⁽²⁾⁽³⁾ 游翠凰⁽²⁾ 陳嘉昇⁽²⁾

收件日期：111 年 6 月 13 日；接受日期：111 年 11 月 7 日

摘 要

本研究以盤固草為材料，調查不同乾物率、接種及貯放時間對中型膠膜捆包的發酵品質影響。處理包括低乾物率（上午調製—乾物率 40% 以下）及高乾物率（下午調製—乾物率 40% 以上）；對照（不接種）及接種（商業菌劑，*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, 2×10^8 cfu/kg），每種處理 4 個膠膜包，經短時間貯放（2 個月）及長時間貯放（6 個月）後比較其發酵表現。試驗結果顯示，各調查特性在接菌種與否、乾物量高低及貯存時間均存在顯著主效應。除乙酸含量外其餘各特性大多無顯著各別交感效應。接種可提高盤固草半乾青貯之乳酸 / 乙酸比及降低丁酸的發生，在低乾物率與高乾物率條件下，接種處理可以分別將乳酸 / 乙酸比平均值由 2.8 提高至 7.3 及由 5.2 提高至 9.2；丁酸占總酸當量百分比則分別由 6.4% 降至 0.7% 及由 1.4% 降至 0.5%，顯示接種處理可以獲得較佳的保存效果。由貯存時間的比較發現，貯放時間拉長至 6 個月，低乾物率下，對照處理（不接種）之乳酸 / 乙酸比由 4.3 降低至 1.3，丁酸占總酸當量百分比由 3.4% 提高至 9.3%，顯示貯放時間拉長，品質降低，但接種處理可降低不良發酵的程度。由本試驗結果，盤固草刈割後，經短時間萎凋將材料乾物率調整至 35 – 65% 間的發酵品質佳，如考量現場天氣的變動與田間作業彈性也可以直接進行膠膜包調製，但最好能接種乳酸菌，並儘早利用。中型膠膜包的直徑為 90 cm，膠膜包重量為 160 – 200 kg，乾物質量為原本直徑 120 cm 乾草包的 3 – 4 成，對羊、鹿等小型草食動物的利用上更為方便，也減少因採食太少造成的品質劣變與乾物損失。

關鍵詞：盤固草、半乾青貯、青貯品質。

緒 言

青貯發酵與乾燥是保存牧草營養的二大方法，一般而言，乾草調製的乾物損失主要發生在收穫後至乾燥期間，特別是因為淋雨造成的養份流失與反覆乾燥後的品質劣變，影響尤其顯著。相對而言，青貯調製的田間損失較低，可以避免牧草為了等待合適收穫乾燥時期而過度生長（老化），或減少田間作業時間，降低氣候不穩定之風險 (Rotz and Muck, 1994; Ohmomo *et al.*, 2002)，對穩定牧草產業的發展是不可或缺的重要技術。Costa *et al.* (2018) 由母馬的比較試驗表示，發酵 28 天以上的百慕達草品系 Tifton-85 半乾青貯可做為其乾草之替代。

青貯是藉微生物發酵產酸，降低材料的 pH 值以抑制不良微生物的活動，而達到保存的目的。半乾青貯 (haylage) 又名草包青貯 (baled silage, baleage) 是一種介於乾草與青貯之間的調製方法，主要是將氣候條件無法乾燥至乾物率 80% 或以上的牧草打包後包膜或裝袋青貯的保存方式。半乾青貯調製的前半段作業方式與乾草調製相同，之後，等待牧草萎凋至適合的乾物率即打包、封膜、貯存，封膜後的反應變化則與青貯類似，因此調製時需要注意的原則與品質影響因子大致與青貯相似，但半乾青貯的乾物率一般介於 40 – 60% 間，較通常青貯的 25 – 40% 間為高，造成其發酵速度較慢、有氧時期較長、微生物相的反應也不盡相同 (Muck, 2013; Schenck and Müller, 2014)。Müller *et al.* (2007) 表示乾物率 30% 的青貯發酵產酸量顯著高於乾物率 50 – 70% 的半乾青貯，同時菌相表現在不同處理間也有不同。Müller (2009) 的研究發現不同時期收穫的牧草表面菌相具顯著的差異，但未必與青貯發酵品質及開封後穩定性間具有直接關係。Nath *et al.* (2018) 表示，包覆 4 層與 6 層膠膜，對百慕達草品系 Tifton-85 半乾青貯在 30、60、90 天開封時的發酵與菌相表現差異不顯著。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2721 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: smwang@mail.tlri.gov.tw。

盤固草是熱帶多年生禾本科牧草，可以適應相對粗放的管理，長年維持生產，其調製以乾草為主，是重要的國產芻料來源，但由於氣候因子的影響，夏季經常無法適期收穫，或因收穫遇雨而品質降低，以致應用潛力受限。因此，本研究探討不同乾物率、接種及貯放時間對盤固草半乾青貯的發酵影響，並評估所引入之中型膠膜機 (Agronic Midi, Finland) 的應用效能。畜產試驗所恆春分所 (以下簡稱恆春分所) 引入的中型膠膜機，為打包、覆膜一貫作業，牧草打包進料時可同時進行噴菌，本試驗中以寬幅 85 cm、直徑 90 cm 的草包大小進行測試，依牧草乾物率不同，膠膜包重量介於 160 – 220 kg 之間，乾物重量約為原本直徑 120 cm 乾草包 (約 280 – 300 kg) 的 3 – 4 成，對於山羊與鹿等小草食動物而言，可減少因採食太少造成的品質劣變與乾物損失，而且草包重量較輕，對羊、鹿等小型草食動物的利用上更為方便。

材料與方法

I. 材料

恆春分所自產盤固草 (品系 A254) 及自行開發菌種 (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*)。

II. 試驗設計

A. 低乾物質接種乳酸菌、B. 低乾物質對照組、C. 高乾物質接種乳酸菌、D. 高乾物質對照組，計 4 種處理，各處理四個草包。

III. 方法

- (i) 半乾青貯調製：試驗進行於 105 年 10 月 18 日，調製作業時間為 1 天。依中央氣象局畜產試驗所測站資料：當日的平均氣溫為 27.5°C，最高氣溫 32.6°C 出現於上午 11 時，相對濕度 87%。牧草刈割完成後，以中型膠膜機於上午 10:00 – 11:00 間進行低乾物質組的打包及覆膜作業，草包直徑為 90 cm，前 4 顆草包只噴水為對照 (約 20 mL/kg forage，與接種組噴菌的水量相同)，後 4 顆草包則噴菌 (2×10^8 cfu/kg)，其餘材料放置田間，於下午 3:00 – 4:00 間再開始高乾物質組的打包覆膜作業，同樣是 4 顆對照及 4 顆接種，依序進行。盤固草打包前的初始乾物率依作業先後遞增，介於 28 – 67% 間，其平均粗蛋白質、中洗纖維、酸洗纖維含量分別為 $7.6 \pm 0.8\%$ 、 $79.1 \pm 2.1\%$ 、 $45.7 \pm 2.1\%$ 。所有草包貯放於草庫，分別於 60 及 180 天開封取樣，各處理各 2 顆，每顆取二個樣品，測定青貯乾物質及相關脂肪酸含量等。
- (ii) 青貯發酵品質：乾物率為 70°C 下烘乾 48 小時之乾鮮重比。酸鹼值為 10 g 青貯料加水 190 mL，打碎過濾後以酸鹼度計 (Toa pH meter model HM-20S, Japan) 測定之值。乳酸、丁酸及乙酸之測定以氣體層析儀 (Shimadzu GC-2014, Japan) 依 Jones and Kay (1976) 的方法進行。青貯評分 (Flieg's score) 為依青貯料中乳酸、乙酸與丁酸占總酸之當量百分比各自計分後總加，以評估青貯料之發酵品質，評分 40 以下青貯失敗、40 – 60 分為可接受、60 – 80 分為好的青貯、80 分以上為發酵優良的青貯。

IV. 統計分析

試驗結果以 SAS 軟體 (2002) 之 GLM procedure 進行變方分析，採複因子 CRD 模式分析，主效應為乾物率 (上午調製者為低乾物率，下午調製者為高乾物率)、接種及貯存時間 (2 月開封為短時間貯存，6 個月開封為長時間貯存)，各主效應均為固定型，各處理平均值再以最小顯著差異 (least significance difference, LSD) 進行檢定，比較各處理平均值之間是否達差異顯著。

結果與討論

I. 變方分析

本試驗草包的乾物率介於 26 – 65% 間，pH 值介於 3.9 – 5.0 間；發酵產酸以乳酸為主，含量介於 0.79 – 5.54% (DM) 間、其次為乙酸，含量介於 0.15 – 1.97% (DM) 間、丁酸含量介於 0.01 – 0.82% (DM) 間、丙酸含量介於 0 – 0.28% (DM) 間。青貯評分除 180 天開封的低乾物質對照處理 (B) 草包為可接受，其餘都在好至優良之間，大部分屬於優良等級。變方分析結果 (表 1) 顯示，除 pH 值外，乾物率因子對各種發酵產酸及青貯評分均達顯著 ($P < 0.05$) 或極顯著水準 ($P < 0.01$) 差異；乳酸菌接種除總酸含量外，其他表現均為顯著 ($P < 0.05$) 或極顯著水準 ($P < 0.01$)；貯存時間則在乙酸含量上具極顯著差異 ($P < 0.01$)，在丙酸含量、總酸含量及乳酸 / 乙酸比上具顯著差異 ($P < 0.05$)。同時，乾物率與接種、乾物率與貯存時間及接種與貯存時間等因子間在多項青貯發酵指標上

有顯著的交感效應 (表 1)。而所有指標的乾物率、接種與貯存時間三因子交感效應均不顯著。

表 1. 不同處理盤固草半乾青貯發酵品質變方分析之 F 值顯著性測驗

Table 1. F-test of analysis of variance for haylage fermentation quality of pangolagrass ensiled in different treatment

Source of variance	Dry matter content	pH	A	P	B	L	Score	Total VFA	L/A
Dry matter (D)	145.73**	0.94	56.23**	11.16**	4.64*	6.24*	10.36*	18.20**	14.19**
Inoculation (I)	2.97	19.08**	16.66**	12.04	4.95*	7.88*	17.49**	2.65	55.87**
Storage pe-riod (S)	4.84	0.65	34.06**	7.99*	3.39	0.96	4.31	5.72*	9.20*
D × I	0.29	1.63	9.51*	7.28*	3.27	1.57	7.49*	0.11	0.20
I × S	0.03	0.45	10.08*	3.72	2.45	0.06	1.83	1.22	1.61
S × D	0.80	0.05	16.42**	4.23	2.03	0.57	3.37	0.06	6.35*

^A acetic acid, P: propionic acid, B: butyric acid, L: lactic acid, Total VFA: total volatile fatty acids L/A: lactic acid/acetic acid.
*,** The F-test are significant at 5% and 1%, respectively.

II. 盤固草中型膠膜包貯存 60 天的青貯品質

膠膜包貯存 60 天的青貯品質分析結果如表 2。乾物質含量方面，低乾物質組 (A vs. B) 間無顯著差異，高乾物質組 (C vs. D) 間亦無顯著差異，兩組間則有顯著差異。pH 方面，以 A 處理 3.9 最低，接種乳酸菌處理 (A、C) 皆比對照 (B、D) 低，然各處理間皆無顯著差異。乳酸含量方面，A 處理 4.17% DM 最高，A、B 與 C 處理間無顯著差異，D 處理 1.17% DM 最低，與其餘處理間有顯著差異。乙酸含量方面，以 B 處理 0.62% DM 最高，與 A 處理無顯著差異，與 C 及 D 處理則有顯著差異，C 與 D 處理間則無顯著差異。丙酸含量方面，B 處理 0.06% DM 最高，與 A 及 C 處理有顯著差異。丁酸含量方面，B 處理 0.11% DM 最高，與其餘處理間有顯著差異，然其餘處理間無顯著差異，接種乳酸菌處理 (A、C) 皆比對照低 (B、D)。青貯評分方面，B 處理 80.5 分最低，其餘處理間皆在 90 分以上，然各處理間皆無顯著差異。總和以上結果，乳酸菌添加對於低乾物質處理有明顯效果，而高乾物處理則無明顯效果。

表 2. 不同處理對盤固草中型膠膜包經 60 天貯存後的青貯品質之影響

Table 2. Effects of different treatments on the quality of pangolagrass haylage in medium-size bales covered with plastic membranes after 60 days of storage

Treatment*	Dry matter content	pH	Score	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid	Lactic acid
	%			%DM			
A	37.1 ^b	3.9	96.5	0.47 ^{ab}	0.00 ^b	0.02 ^b	4.17 ^a
B	32.0 ^b	4.6	80.5	0.62 ^a	0.06 ^a	0.11 ^a	2.74 ^{ab}
C	62.4 ^a	4.2	98.0	0.26 ^b	0.00 ^b	0.01 ^b	2.63 ^{ab}
D	60.7 ^a	4.6	90.5	0.26 ^b	0.01 ^{ab}	0.02 ^b	1.17 ^b
LSD	9.4	0.9	18.9	0.22	0.05	0.05	2.61

* A: low dry matter inoculated, B: low dry matter control, C: high dry matter inoculated, D: high dry matter control.

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

III. 盤固草中型膠膜包貯存 180 天的青貯品質

膠膜包貯存 180 天的青貯品質分析結果如表 3。乾物質含量方面，低乾物質組 (A vs. B) 與高乾物質組 (C vs. D) 組內無顯著差異，兩組間則有顯著差異。pH 方面，以 A 處理 3.9 最低，與其餘處理間有顯著差異，其次為 C 處理 4.2，與 B 及 D 處理有顯著差異，添加乳酸菌組皆比對照低組，且有顯著差異。乳酸含量方面，A 處理 4.77% DM 最高，B 處理 2.34% DM 最低，添加乳酸菌組 (A vs. C) 皆比對照組 (B vs. D) 低，然各處理間皆無顯著差異。乙酸含量方面，B 處理最高 1.88% DM 且與其餘處理間有顯著差異，C 處理 0.33% DM 最低，然 C 與 D 間無顯著差異，添加乳酸菌組皆比對照低。丙酸含量方面，B 處理 0.22% DM 最高，與其餘處理間有顯著差異，C 處理 0.01% DM 最低，與 A 及 D 處理間無顯著差異，添加乳酸菌組皆比對照組低。丁酸含量方面，以 B 處理 0.55% DM 最高，C 處理 0.02% DM 最低，添加乳酸菌組皆比對照組低，然各處理間皆無顯著差異。青貯評分方面，

B 處理 51.5 分最低，與其餘處理有顯著差異，其餘處理評分點皆在 90 分以上，處理間無顯著差異。總和以上結果，經 180 天貯存，乳酸菌添加對於低乾物質處理有明顯效果，而高乾物處理則並不明顯。

表 3. 不同處理對盤固草中型膠膜包經 180 天貯存後的青貯品質之影響

Table 3. Effects of different treatments on the quality of pangolagrass haylage in medium-size bales covered with plastic membranes after 180 days of storage

Treatment*	Dry matter content %	pH	Score	Acetic acid Propionic acid Butyric acid Lactic acid			
				%DM			
A	34.0 ^b	3.9 ^c	93.0 ^a	0.84 ^b	0.03 ^b	0.06	4.77
B	29.6 ^b	4.5 ^a	51.5 ^b	1.88 ^a	0.22 ^a	0.55	2.34
C	57.1 ^a	4.2 ^b	95.5 ^a	0.33 ^c	0.01 ^b	0.02	2.73
D	53.4 ^a	4.4 ^a	91.0 ^a	0.49 ^{bc}	0.03 ^b	0.07	2.72
LSD	14.6	0.16	21.9	0.42	0.13	0.54	2.44

* As shown in table 2.

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

IV. 貯存期間總酸、乳酸 / 乙酸比及丁酸含量占總酸當量百分比變化

貯存期間總酸、乳酸 / 乙酸比及丁酸含量占總酸當量百分比變化如圖 1。總酸方面，於貯存 60 天後，皆以乳酸菌接種處理高於對照，於貯存 180 天後，低乾物質乳酸菌處理組 (A) 比對照 (B) 高，然高乾物質乳酸菌組 (C) 比對照組 (D) 略低。乳酸 / 乙酸比方面，低乾物質 (A) 與高乾物質乳酸菌處理組 (C) 於貯存期間 (60 天與 180 天) 皆比對照組 (B、D) 高，且有顯著差異。丁酸含量占總酸當量方面，低乾物質 (A) 與高乾物質乳酸菌處理組 (C) 於貯存期間 (60 天與 180 天) 皆比對照 (B、D) 低。以上結果顯示，乳酸菌處理，可以提升青貯品質穩定，尤其是低乾物率時更為明顯。

V. 討論

本研究目的為了解乾物率 (影響微生物的水活性)、乳酸菌接種 (提高有益菌相) 與貯存時間 (微生物發酵以及與其他微生物的交互作用的時間長短) 三種重要青貯影響因子對盤固草半乾青貯中型膠膜包發酵品質的影響。表 1 結果，乾物率、接種與貯存時間三主效因子對多數青貯品質指標的影響顯著，同時於不同指標上具顯著因子交感，其中乙酸在所有主效因子及二因子交感上均有顯著差異。王等 (2017; 2020) 分析盤固草 / 苜蓿混植草、燕麥、燕麥 / 苜蓿混植草等不同材料的實驗室規模青貯，同樣發現乾物率及接種兩因子除主效應顯著外，在多項發酵表現上有顯著的交感效應。Rotz and Muck (1994)、Kung (2010) 及 Muck (2011) 均表示青貯是個複雜的發酵過程，發酵品質決定於多項因子的交互作用，牧草狀態、調製條件與菌相的變化是主要的影響因子。

由表 2、表 3 的發酵比較，貯放 60 天開封時，乙酸、丙酸、丁酸及乳酸含量在各處理組間有顯著差異，低乾物質對照處理 (B) 的乙酸、丙酸及丁酸含量分別為 0.62、0.06 及 0.11% (DM)，為各組之冠，乳酸則以低乾物接種處理的 4.17% (DM) 最高，高乾物質對照處理 (D) 的 1.17% (DM) 最低。此結果表示低乾物率處理的微生物活動性高於高乾物率處理者，而接種乳酸菌確實有助於促進乳酸發酵，提高乳酸含量，但 pH 值及青貯評分在各處理間未達顯著差異，應是受對照處理的變異較大影響 (表 2)。貯放時間延長至 180 天開封，低乾物質對照處理 (B) 的乙酸、丙酸、丁酸含量分別提高為 1.88、0.22 及 0.55% (DM)，相對於其他處理，增幅明顯較高，同時，其青貯評分顯著低於其他處理，表示沒有接種的低乾物率盤固草中膠膜包不宜貯放太長時間，可能會發生較高比例的異質乳酸發酵或因 pH 值較高而不容易降低丁酸菌 (*Clostridium butyricum*) 活動，而接種可以顯著提高盤固草中膠膜貯放的品質穩定度 (表 3)。

接種對盤固草半乾青貯的發酵品質具明顯的好處，可提高乳酸 / 乙酸比及降低丁酸發生，在低乾物率與高乾物率條件下，接種可以分別將乳酸 / 乙酸比平均值由 2.8 提高至 7.3 及由 5.2 提高至 9.2；丁酸含量占總酸當量百分比平均值由 6.4% 降至 0.7% 及由 1.4% 降至 0.5% (圖 1)。此結果顯示接種處理異質乳酸發酵的比例可能較低，同時由於接種處理具有高的乳酸含量，可以維持較低的 pH 值，對丁酸菌活動的抑制能力較強，可以獲得較佳的保存效果。由貯存時間的比較發現，貯放時間由 60 天拉長至 180 天，低乾物率下對照處理的乳酸 / 乙酸比由 4.3 降低至 1.3，丁酸含量占總酸當量百分比由 3.4% 提高至 9.3%，顯示貯放時間拉長，可能產生二次發酵，品質降低，但接種處理可降低不良發酵的程度，尤以在低乾物率下的改善更為明顯 (圖 1)。

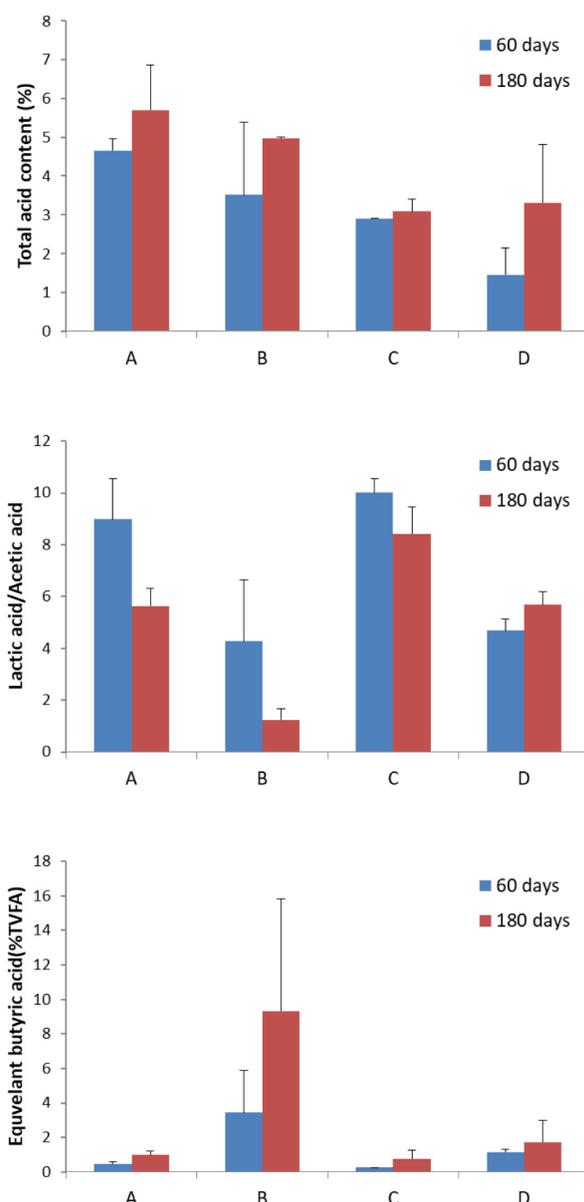


圖 1. 短時間 (60 天) 與長時間 (180 天) 貯存下, 不同處理對盤固草中型膠膜半乾青貯草的總酸、乳酸 / 乙酸比及丁酸含量占總酸當量百分比變化。

Fig. 1. Changes of total volatile fatty acid (VFA) content, lactic acid/ acetic acid ratios and percentages of equivalent butyric acid in the total VFA of pangolagrass haylage in medium-size bales covered with plastic membranes stored after short-term (60 days) and long-term (180 days) with different treatments. A: low dry matter inoculated, B: low dry matter control, C: high dry matter inoculated, D: high dry matter control.

Müller *et al.* (2007) 比較不同乾物率的混合禾草青貯料在 2 個月與 14 個月的貯存後, 發現 pH、乳酸、乙酸在低乾物率青貯有顯著差異, 且乳酸、乙酸含量隨貯存時間拉長而提高, 但對乾物率 50%、70% 之半乾青貯僅乙酸含量有增加趨勢但未達顯著水準。王等 (1999) 以生長 40、55 及 70 天刈割的盤固草進行實驗規模青貯試驗時, 同樣發現低乾物率下, 盤固草青貯的 pH 值偏高, 且丁酸含量顯著提升, 青貯品值不佳。此可能與盤固草水溶性碳水化合物含量不高, 低乾物率下難以產生足量有機酸以抑制丁酸菌活動有關。另, 丁酸含量隨貯存時間 (或發酵時間) 延長而增加的現象並不少見, 王等 (2012a; 2012b; 2017; 2020) 在高水分玉米 (籽粒)、盤固草 / 苜蓿、燕麥 / 苜蓿及燕麥等的青貯試驗研究中都曾發現, 而接種有助於降低發生程度。Soundharrajan *et al.* (2017) 的研究則發現, 接種乳酸菌有助於高乾物率意大利黑麥草 (Italian ryegrass) 半乾青貯的保存, 效益包含確保乳酸菌數提高成為優勢菌種, 增加乳酸含量及降低乙酸及丁酸含量。

Jr. Kung *et al.* (2010) 的研究結果, 苜蓿刈割攤曬寬度 2.4 – 2.7 m 較 1.2 – 1.5 m 可以減少達到目標乾物率 (44%) 所需時間, 同時具較高的水溶性碳水化合物含量, 且經 65 天青貯的 pH 值顯著較低, 顯示利用調整作業方式加速乾燥對半乾青貯的調製是有利的。

結 論

由本試驗結果，盤固草刈割後以經短時間萎凋將材料乾物率調整至 35 – 65% 間進行半乾青貯調製的發酵品質佳。實際作業時考量機具的作業能力、現場天氣的變動與田間作業彈性，也可以刈割後直接進行膠膜包調製，但在低乾物率的情況下，最好能接種乳酸菌以降低丁酸菌活動的風險，或利用調製型機械作業加快水分散失。在適當的乾物率下，盤固草半乾青貯的發酵品質為中上，然而由於膠膜容易受損，貯存時間愈長受損的可能性提高，因此應儘早利用，特別是在低乾物率的情況下。

參考文獻

- 王紓愨、陳嘉昇、成游貴。1999。盤固草品系 *Survenola* 與 A254 的青貯品質比較。畜產研究 32：305-312。
- 王紓愨、游翠鳳、劉信宏、陳嘉昇。2012a。成熟度、接種及材料加工對高水分玉米青貯發酵的影響。畜產研究 45：197-208。
- 王紓愨、游翠鳳、陳嘉昇。2012b。不同材料高水分玉米的青貯發酵。畜產研究 45：355-368。
- 王紓愨、游翠鳳、劉信宏、陳嘉昇。2017。接種與萎凋對盤固草 / 苜蓿混植草青貯發酵的影響。畜產研究 50：134-139。
- 王紓愨、游翠鳳、陳嘉昇。2020。乾物率及不同接種處理對燕麥與燕麥 / 苜蓿混植長期青貯品質的影響。畜產研究 53：99-106。
- 陳嘉昇、王紓愨、游翠鳳、李璟妤。2018。牧草適口性探討：II. 草種、乾燥度與調製法對山羊適口性的影響。中國畜牧學會會誌 47：197-207。
- 陳嘉昇、王紓愨、游翠鳳。2020。盤固草半乾青貯捆包前淋雨及乾物率對山羊適口性的影響。畜產研究 53(3)：141-148。
- Costa, M. L. L., A. S. C. de Rezende, M. G. Fonseca, J. Lage, P. G. Pimentel, I. Y. Mizubuti, G. P. de Freitas, G. R. Moreira, Â. M. Q. Lana, and E. de O. S. Saliba. 2018. Fermentation pattern of tropical grass haylage and digestibility compared to hay in equine diet. *Semin Cienc Agrar*. 39: 2125-2132.
- Jones, D. W. and J. J. Kay. 1976. Determination of volatile fatty acid C1-C6 and lactic acid in silage juice. *J. Sci. Food Agric*. 27：1005-1014.
- Jr. Kung, L., 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.
- Muck, R. E. 2011. The art and science of making silage. In: *Proceedings, 2011 Western alfalfa & forage conference, Las Vegas, NV, USA, 11-13 December, 2011*.
- Muck, R. E. 2013. Recent advances in silage microbiology. *Agr. Food Sci*. 22: 3-15.
- Müller, C. E., T. M. Pauly, and P. Udén. 2007. Storage of small bale silage and haylage – influence of storage period on fermentation variables and microbial composition. *Grass Forage Sci*. 62: 274-283.
- Müller, C. E. 2009. Influence of harvest date of primary growth on microbial flora of grass herbages and haylage, and on fermentation and aerobic stability of haylage conserved in laboratory silos. *Grass Forage Sci*. 64: 328-338.
- Nath, C. D., M. A. Neres, K. C. Scheidt, L. dos S. Bersot, S. M. M. Sunahara, J. R. W. Sarto, J. R. Stangarlin, S. D. Gomes, M. J. Sereno, and A. P. Perin. 2018. Characterization of Tifton 85 bermudagrass haylage with different layers of polyethylene film and storage time. *Asian-Australas J. Anim. Sci*. 31: 1197-1204.
- Ohmomo, S., O. Tanaka, H. K. Kitamoto, and Y. Cai. 2002. Silage and microbial performance, old story but new problems. *JARQ* 36: 59-71.
- Rotz, C. A. and R. E. Muck. 1994. Changes in forage quality during harvest and storage. In: *Forage quality, evaluation, and utilization*. Eds. Fahey, Jr. G. C., M. Collins, D. R. Mertens and L. E. Moser. American Society of Agronomy, Inc. Madison, p828-868.
- SAS. 2002. SAS version 9.00. Statistical Analysis Institute, Inc., Cary, N.C. USA.
- Schenck, J. and C. E. Müller. 2014. Microbial composition before and after conservation of grass-dominated haylage harvested early, middle, and late in the season. *J. Equine Vet. Sci*. 34: 593-601.
- Soundharrajan, I., D. H. Kim, S. Srisesharam, P. Kuppasamy, H. S. Park, Y. H. Yoon, W. H. Kim, Y. G. Song, and K. C. Choi. 2017. Application of customised bacterial inoculants for grass haylage production and its effectiveness on nutrient composition and fermentation quality of haylage. *3 Biotech*. 7: 321.

Effects of different treatments on the quality of pangolagrass haylage in medium-size bales covered with plastic membranes ⁽¹⁾

Shu-Min Wang ⁽²⁾⁽³⁾ Tsui-Huang Yu ⁽²⁾ and Chia-Sheng Chen ⁽²⁾

Received: Jun. 13, 2022; Accepted: Nov. 7, 2022

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of dry matter content, inoculation and storage period on the quality of pangolagrass haylage in medium-size baled covered with plastic membranes. Each factor had two levels as follows: low dry matter content (below 40%, haylage processing in the morning) vs. high dry matter content (above 40%, haylage processing in the afternoon); control (no inoculation) vs. inoculation (commercial inoculum, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, 2×10^8 cfu/kg), and short-term storage (within 2 months) vs. long-term storage (6 months and above), for the comparison of fermentation performance. Each treatment processes 4 plastic membranes. The results showed that there was major significant effect regardless of the inoculation, the level of dry matter content, and storage time. There was no significantly individual interaction effect other than the acetic acid content. The inoculation treatment could increase the ratios of lactic acid/acetic acid and reduce the butyric acid contents of pangolagrass haylage. The lactic acid/acetic acid ratios of inoculation treatment increased from 2.8 to 7.3 and from 5.2 to 9.2, and the percentages of equivalent butyric acid in the total volatile fatty acid (VFA) decreased from 6.4% to 0.7% and from 1.4% to 0.5% under low dry matter and high dry matter rates, respectively. The inoculation treatment could achieve better preservation effect. From the comparison of storage period, the results showed that the lactic acid/acetic acid ratios of the control treatment (without inoculation) decreased from 4.3 to 1.3, and the percentages of equivalent butyric acid in the total VFA increased from 3.4% to 9.3% at low dry matter content 6 months after storage, respectively. The results indicated that the fermentation quality was reduced, while the inoculation treatment could reduce the degree of poor fermentation. According to the results, the fermentation quality of pangolagrass haylage in medium-size bale covered with plastic membrane was better when the dry matter content was adjusted to 35 - 65% after a short period of wilting. However, considering the changes of weather and the flexibility of hay processing, the grass could be wrapped directly after cutting. The lactic acid bacteria inoculation was recommended and used as soon as possible. The diameter of the medium-size haylage bale was 90 cm, and the weight of the whole bale was 160 - 200 kg, which was 30 - 40% of the original hay bales with diameter 120 cm. Haylage bales with such size were easier to be operated on small herbivore such as goat or deer farm for less loss on less feeding.

Key words: Pangolagrass, Haylage, Fermentation quality.

(1) Contribution No. 2721 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: smwang@mail.tlri.gov.tw.