

# 成熟度、接種處理與青貯保存時間對全株水稻青貯品質的影響<sup>(1)</sup>

王紓愍<sup>(2)(3)</sup> 陳嘉昇<sup>(2)</sup> 謝文彰<sup>(2)</sup> 游翠凰<sup>(2)</sup> 劉信宏<sup>(2)</sup>

收件日期：96年12月5日；接受日期：97年2月19日

## 摘要

本研究目的在探討全株水稻青貯之品質變化與影響因子。試驗材料來自恆春地區有機栽培之水稻高雄 145 號，分三個時期收穫，分別為乳熟期（完熟期前二週）、糊熟晚期（完熟期前一週）與完熟期，處理分別為：接種乳酸菌 *Lactobacillus plantarum* ( $1 \times 10^6$  cfu/kg forage)、乳酸菌 *L. buchneri* ( $1 \times 10^6$  cfu/kg forage)、玉米青貯料 (100 g/kg forage) 及對照組（不接種）等四個處理，青貯保存時間分別為調製後 40 天與 180 天。全株水稻青貯的發酵狀況隨收穫時期、接種處理與青貯保存時間而異。對收穫時期而言，糊熟期之青貯發酵產酸以乳酸為主，丁酸含量低，表現最佳，乳熟期的情形反之，青貯發酵品質最差。接種處理在不同收穫期與青貯保存時間下的反應不一致，顯示添加菌種之活性與調製環境條件間有明顯的交互影響，整體而言，以接種 *L. plantarum* 的表現較好，但其他接種處理亦有增加全株水稻青貯乳酸含量與降低 pH 的效果。對青貯保存時間而言，總產酸量有隨青貯時間延長而增加的趨勢，同時，青貯 180 天之乾物回收率較青貯 40 天時低。營養成分變化方面，全株水稻青貯料之乾物率隨成熟度增加，粗蛋白質、中洗纖維、酸洗纖維則隨成熟度降低。青貯保存時間延長，乾物率略為下降 1%，中、酸洗纖維含量明顯增加 2-3%。接種處理對營養成分無影響。由本試驗結果，收穫期顯著影響水稻青貯品質，糊熟晚期是較適收穫時期，乳酸菌添加有助於增進青貯品質，但由於水溶性碳水化合物含量不足，若能於青貯同時混合高糖分之農副產物將更能提高全株水稻之青貯品質。

關鍵詞：水稻、全株青貯、青貯品質、營養價值。

---

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第1427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。

## 緒言

水稻是台灣重要的糧食作物，除了穀粒供食用之外，稻桿傳統上也常當做牛、羊的芻料利用，在 1997 年口蹄疫發生之前並曾大規模外銷日本。水稻也是日本的傳統作物，因全球化衝擊，以及加入世界貿易組織（WTO）等因素，日本亦面臨水稻生產過剩的問題，而部份地區稻農轉作意願低，於是日本開始進行全株水稻青貯的研究，希望將過剩的水稻生產轉為反芻動物利用（Cai *et al.*, 2001；Cai *et al.*, 2003）。台灣的水稻生產目前也面臨類似的情況，政府為解決稻米生產過剩，訂定了水田休耕、轉作等辦法。目前我國畜牧業的牧草自給率只有約 50% 左右，必須大量仰賴進口牧草，近年來因為國際原物料與石油價格飛漲，使得飼養成本也急速上升。國產牧草的發展空間固然因而增大，但是因為高齡的因素與休耕補助政策的影響，農民轉作牧草的意願並不高，因此水稻芻料化利用應是可以考慮的發展方向，除一方面可補芻料之不足，另一方面也提供無轉作意願的稻農以慣用的耕作模式進行芻料生產。除此之外，對環境友善、更安全健康的有機畜牧正逐步發展中，水旱田輪作是有機飼料生產過程中，控制雜草與病蟲害的重要手段，所栽培之水稻除供食用外，亦可青貯後供動物利用，將可增加農民經營之彈性。

穀類作物全株青貯的作法，在歐美等國行之有年，如玉米、高粱、大麥、小麥及燕麥等均可在環境合適時進行穀物生產，在環境不佳時轉作青貯料利用，全株青割玉米則直接以青貯目的而栽植（Clayton *et al.*, 2003；de Ruiter, 2004；Filya, 2003；Filya, 2004；Mills and Kung, 2002；Nadeau, 2007）。全株穀物青貯時必須考慮物種特性、青貯時之水分含量、水溶性碳水化合物含量等條件，以確保青貯發酵良好（Ellinbank and Hill, 2006）。由於以往並無國產水稻進行青貯的相關研究，本研究初步以恆春地區有機栽培的水稻進行試驗，探討在不同收穫期、添加物以及貯藏時間對水稻青貯的影響，以供後續研究的參考。

## 材料與方法

- I. 材料：利用 2006 第一期恆春地區有機栽培的水稻為材料，品種為高雄 145 號。分別於完熟期前二週（2006/6/14）、前一週（2006/6/21）與完熟期（2006/6/27）收穫，留樁 10 公分，刈割全株水稻，進行青貯試驗與營養成分分析。
- II. 青貯試驗：材料收穫後經機械細切為 2-5 公分左右，分為四組處理，分別為對照：不接種；LP：接種 *Lactobacillus plantarum* ( $1 \times 10^6$  CFU/kg forage, Ecosyl公司提供)；LB：接種 *L. buchneri* ( $1 \times 10^6$  CFU/kg forage, Biotal公司提供)；CS：接種發酵完成之玉米青貯料（100 g/kg forage，恆春分所調製，pH = 4，乙酸、丙酸、丁酸及乳酸含量分別為 27 g/kg DM、3 g/kg DM、0 g/kg DM、55 g/kg DM）。材料混合均勻後密封於真空塑膠袋內，每袋裝填材料 1 kg，於室溫下保存 40 天與 180 天（貯藏期間的室溫範圍分別為 22-36℃、16-36℃），每一處理二重複。開封後，測定青貯品質與營養成份。
- III. 營養成分測定：青貯前及青貯開封後進行取樣。取樣之植體先以 80℃ 烘 48 小時，測定乾物量。烘乾磨粉後置 4℃ 冰箱保存以供成分測定。水溶性碳水化合物測定（water soluble carbohydrate, WSC）：植體乾粉經 80% 酒精萃取三次，合併萃取液並除去酒精後定量，依 anthron 呈色法測定（Morris, 1948）。澱粉的測定：先以 80% 的酒精於 80℃ 下萃取除去 WSC，棄去萃取液，樣品烘乾後加入過氯酸加熱水解，定量後同樣以 anthron 呈色法測定含量。粗蛋白質（crude protein, CP）含量以 Kjeldahl 法測定（AOAC, 1984）；酸洗纖維（acid-detergent fiber, ADF）及中洗纖維（neutral-detergent fiber, NDF）的測定以 ANKOM<sup>200</sup> 纖維分

析儀進行 (Komarek *et al.*, 1996; Vogel *et al.*, 1999)，NDF分析採添加  $\alpha$ -amylase 方法 (van Soest *et al.*, 1991)。

- IV. 青貯品質分析：酸鹼值為 20 克新鮮青貯料加蒸餾水 180 ml，打碎過濾後以酸鹼度計測定之值。乳酸、丁酸、丙酸及乙酸之測定以氣相層析儀依 Jones and Kay (1976) 的方法進行，將前述青貯萃取液經過陽離子管柱，洗出液以 0.05N tetrabutyl ammonium hydroxide (TBAH) 滴定至 pH 為 8，70°C 下烘乾，加入定量丙酮溶解並依 TBAH 滴定量加入適量 benzyl bromide 與揮發性脂肪酸反應，樣品製備完成，再以氣相層析儀分析含量。依青貯料中乳酸、丁酸及乙酸占測定乙酸、丙酸、丁酸與乳酸四者總量之當量百分比進行評分，再將三項總加所得即為青貯品質評分 (Fleig's score)，評分 40 以下表示青貯失敗、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 (許等, 1995)。因本試驗系統密閉，沒有滲漏，因此以青貯後之乾物率除以青貯前之乾物率計算乾物回收率。

## 結果

三個收穫時期之材料差異主要為穗之成熟度，完熟期前二週之水稻穀粒已開始充實，多數為乳漿狀，完熟期前一週之穀粒充實完成，部份穀粒仍為糊狀，完熟時收穫之稻穗則穀粒堅硬。青貯前之乾物率與營養組成如表 1，三個收穫期之乾物率隨成熟度由 27.9% 增加至 40.7%，各收穫期間差異顯著，粗蛋白質、中洗纖維、酸洗纖維與水溶性碳水化合物含量均隨成熟度而降低，澱粉含量則隨成熟度而增加。

表 1. 水稻全株青貯前之化學組成

Table 1. Chemical composition of rice materials before ensilage

Harvest date	Dry matter	Crude protein	Neutral detergent fiber	Acid detergent fiber	Water soluble carbohydrate	Starch
	%					
6/14	27.9 <sup>c</sup>	7.0 <sup>a</sup>	64.4 <sup>a</sup>	40.4 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	10.3 <sup>c</sup>
6/21	37.5 <sup>b</sup>	5.7 <sup>b</sup>	62.5 <sup>ab</sup>	38.2 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>b</sup>	22.0 <sup>b</sup>
6/27	40.7 <sup>a</sup>	5.1 <sup>b</sup>	52.4 <sup>b</sup>	34.0 <sup>b</sup>	4.9 <sup>b</sup>	24.6 <sup>a</sup>

<sup>a, b, c</sup> Means in the same column with different superscripts are different significantly (P<0.05).

本試驗水稻青貯料之乙酸、丙酸、丁酸與乳酸含量因不同收穫時期與接種處理而異 (表 2)。乙酸、丙酸、丁酸與乳酸含量的變動範圍分別為：1.9~34.1 g/kg DM、0~5.9 g/kg DM、2.2~34.9 g/kg DM 及 1.0~36.1 g/kg DM。相較於多數狼尾草與青割玉米青貯料的發酵狀況 (王等, 2000; 王等, 2002; 王等, 2007)，水稻青貯料發酵的乳酸與發酵總產酸量較低，而且所有處理均有丁酸產生。本試驗之青貯品質差異大，依據 Fleig's score 標準，多數僅達可接受之青貯等級，但仍有少部份處理之發酵品質可達好甚至優良的程度 (表 3)。

以收穫時期的平均表現而言，完熟期前一週 (6/21) 調製之青貯品質最佳，其 pH 值較低 (表 3)，且發酵產物以乳酸為主 (表 2)；表現最差為完熟期前二週青貯者 (6/14)，在此收穫期，除 40 天開封之 CS 處理外，其他處理之發酵產酸都以丁酸為主，乳酸含量不足，pH 值亦高；完熟

期（6/27）收穫調製者，多數處理以乳酸發酵為主，但其乳酸／乙酸比例較 6/21 收穫青貯者低；40 天開封之整體發酵量較低（表 2）。

表 2. 不同收穫時期與接種處理對水稻全株青貯揮發性脂肪酸含量之影響

Table 2. Effect of harvest dates and inoculation treatments on volatile fatty acids of whole-crop rice silage

Duration of storage	Treatment*	Acetic acid			Propionic acid			Butyric acid			Lactic acid		
		6/14	6/21	6/27	6/14	6/21	6/27	6/14	6/21	6/27	6/14	6/21	6/27
----- g/kg DM-----													
40 days	Control	8.4 <sup>Bb</sup>	24.8 <sup>Aa</sup>	28.0 <sup>Aa</sup>	2.6 <sup>Aab</sup>	0.0 <sup>Bb</sup>	0.0 <sup>Bb</sup>	26.0 <sup>Aab</sup>	9.8 <sup>Bab</sup>	12.3 <sup>Ba</sup>	9.1 <sup>Bb</sup>	27.2 <sup>Ab</sup>	5.2 <sup>Bb</sup>
	LP	8.8 <sup>Ab</sup>	4.4 <sup>Ab</sup>	2.2 <sup>Ab</sup>	1.9 <sup>Ab</sup>	0.0 <sup>Bb</sup>	0.0 <sup>Bb</sup>	27.3 <sup>Ab</sup>	3.6 <sup>Bc</sup>	2.6 <sup>Bbc</sup>	12.2 <sup>Bb</sup>	47.4 <sup>Aa</sup>	16.2 <sup>Ba</sup>
	LB	13.3 <sup>Ab</sup>	4.1 <sup>Bb</sup>	5.2 <sup>Bb</sup>	3.8 <sup>Aa</sup>	0.0 <sup>Bb</sup>	0.0 <sup>Bb</sup>	34.1 <sup>Aa</sup>	12.3 <sup>Ba</sup>	5.7 <sup>Cab</sup>	1.4 <sup>Cc</sup>	23.3 <sup>Ab</sup>	10.5 <sup>Bab</sup>
	CS	27.7 <sup>Aa</sup>	16.9 <sup>Ba</sup>	18.4 <sup>Ba</sup>	2.3 <sup>Aab</sup>	2.1 <sup>Aa</sup>	2.4 <sup>Ba</sup>	9.9 <sup>Ac</sup>	5.6 <sup>Abc</sup>	0.4 <sup>Bc</sup>	38.8 <sup>Aa</sup>	19.8 <sup>Bb</sup>	10.1 <sup>Cab</sup>
180 days	Control	11.4 <sup>Ab</sup>	3.6 <sup>Bb</sup>	5.3 <sup>Bb</sup>	2.0 <sup>Ab</sup>	0.0 <sup>Bc</sup>	0.0 <sup>Bc</sup>	11.8 <sup>Ab</sup>	12.4 <sup>Aa</sup>	11.9 <sup>Aa</sup>	8.5 <sup>Bb</sup>	34.1 <sup>Aa</sup>	14.4 <sup>Bb</sup>
	LP	21.1 <sup>Aa</sup>	9.6 <sup>Bb</sup>	6.0 <sup>Bb</sup>	2.6 <sup>Ab</sup>	0.8 <sup>Bb</sup>	0.0 <sup>Bc</sup>	28.9 <sup>Aa</sup>	9.4 <sup>Ba</sup>	5.5 <sup>Bab</sup>	15.8 <sup>Ba</sup>	32.6 <sup>Aa</sup>	20.6 <sup>Bb</sup>
	LB	11.9 <sup>Ab</sup>	5.5 <sup>Bb</sup>	14.0 <sup>Ab</sup>	4.0 <sup>Aa</sup>	2.7 <sup>Ab</sup>	3.1 <sup>Ab</sup>	32.7 <sup>Aa</sup>	9.3 <sup>Ba</sup>	7.6 <sup>Bab</sup>	14.2 <sup>Ba</sup>	26.7 <sup>Aa</sup>	22.3 <sup>Ab</sup>
	CS	22.0 <sup>Ba</sup>	33.1 <sup>Aa</sup>	27.2 <sup>ABa</sup>	3.4 <sup>Bab</sup>	5.6 <sup>Aa</sup>	5.7 <sup>Aa</sup>	27.5 <sup>Aa</sup>	8.5 <sup>Ba</sup>	3.4 <sup>Bb</sup>	18.0 <sup>Ba</sup>	32.4 <sup>Aa</sup>	35.6 <sup>Aa</sup>

A, B, C Means in the same row with different superscripts are different significantly ( $P < 0.05$ ).

a, b, c Means in the same section and the same column with different superscripts are different significantly ( $P < 0.05$ ).

\* : Control, without inoculation; LP, inoculated with *L. plantarum* ( $1 \times 10^6$  cfu/kg forage) ; LB, inoculated with *L. buchneri* ( $1 \times 10^6$  cfu/kg forage) ; CS inoculated with corn silage (100 g/kg grass).

表 3. 不同收穫時期與接種處理對水稻全株青貯pH值與Fleig's評分之影響

Table 3. Effect of harvest dates and inoculation treatments on pH value and Fleig's score of whole-crop rice silage

Storage	Treatment*	pH			Score		
		6/14	6/21	6/27	6/14	6/21	6/27
40 days	Control	4.6 <sup>Aab</sup>	4.3 <sup>Ba</sup>	4.8 <sup>Aa</sup>	21 <sup>Bb</sup>	63 <sup>Aab</sup>	23 <sup>Ac</sup>
	LP	4.7 <sup>Aa</sup>	3.9 <sup>Bb</sup>	4.1 <sup>Bb</sup>	23 <sup>Bb</sup>	83 <sup>Aa</sup>	76 <sup>Aa</sup>
	LB	4.8 <sup>Aa</sup>	4.3 <sup>Ba</sup>	4.6 <sup>Aab</sup>	14 <sup>Cbc</sup>	53 <sup>Aab</sup>	44 <sup>Bb</sup>
	CS	4.1 <sup>Ab</sup>	4.3 <sup>Aa</sup>	4.4 <sup>Ab</sup>	51 <sup>Aa</sup>	48 <sup>Ab</sup>	47 <sup>Ab</sup>
180 days	Control	4.4 <sup>Aa</sup>	4.0 <sup>Ba</sup>	4.5 <sup>Aa</sup>	23 <sup>Ca</sup>	63 <sup>Aa</sup>	42 <sup>Bb</sup>
	LP	4.4 <sup>Aa</sup>	4.0 <sup>Ba</sup>	4.2 <sup>ABab</sup>	21 <sup>Ba</sup>	64 <sup>Aa</sup>	64 <sup>Aa</sup>
	LB	4.4 <sup>Aa</sup>	4.0 <sup>Ba</sup>	4.2 <sup>ABab</sup>	24 <sup>Ba</sup>	64 <sup>Aa</sup>	52 <sup>ABab</sup>
	CS	4.3 <sup>Aa</sup>	4.0 <sup>Ba</sup>	4.0 <sup>Bb</sup>	24 <sup>Ba</sup>	46 <sup>Ab</sup>	58 <sup>Aa</sup>

A, B, C Means in the same row with different superscripts are different significantly ( $P < 0.05$ ).

a, b, c Means in the same section and the same column with different superscripts are different significantly ( $P < 0.05$ ).

\* : Control, without inoculation; LP, inoculated with *L. plantarum* ( $1 \times 10^6$  cfu/kg forage) ; LB, inoculated with *L. buchneri* ( $1 \times 10^6$  cfu/kg forage) ; CS inoculated with corn silage (100 g/kg grass).

接種處理方面，接種處理之平均表現較對照佳，整體而言，接種 LP、CS 處理者之乳酸含量較高，但 LP 處理之乳酸／乙酸比值較高，青貯評分較佳。不同接種處理在不同收穫期與青貯保存時間下的表現不一致，在 6/14 收穫青貯，青貯 40 天開封時，僅 CS 處理之發酵狀況稍佳，但因乳酸／乙酸比值偏低，僅達可接受的評分等級，但青貯至 180 天才開封時，CS 處理之青貯品質顯著降低（乳酸含量由 38.8 g/kg DM 降至 18.0 g/kg DM，丁酸含量由 9.9 g/kg DM 升高至 27.5 g/kg DM）。6/21 收穫青貯 40 天時，青貯品質最佳的處理為 LP，品質可達優良的等級，但青貯 180 天後，各接種處理之乳酸含量與丁酸含量無顯著差異，僅 CS 處理之乙酸含量顯著偏高，致青貯品質略低於其他處理。6/27 收穫青貯 40 天時，同樣以 LP 的處理表現最好，表現最差者為對照；青貯 180 天後，對照組的青貯品質仍然最差，其他接種處理之發酵產酸情形有差異，但青貯評分相近。

對青貯保存時間而言，各種處理在保存 40 天與保存 180 天的發酵情況明顯不同，總產酸量有隨青貯時間延長而增加的趨勢，其中尤以 CS 處理的總產酸增加量最高，但各個有機酸的變化不一（表 2）。乾物回收率方面，青貯 180 天之乾物回收率較青貯 40 天時低，6/27 收穫青貯之乾物回收率較其他兩個收穫期高，而 CS 處理之乾物回收率較低（表 4）。

表 4. 不同收穫時期與接種處理對水稻全株青貯乾物回收之影響

Table 4. Effect of harvest dates and inoculation treatments on dry matter recovery of whole-crop rice silage

Duration of storage	Treatment*	Dry matter recovery		
		6/14	6/21	6/27
40 days	Control	0.92 <sup>Aa</sup>	0.93 <sup>Aa</sup>	0.95 <sup>Aa</sup>
	LP	0.88 <sup>Ba</sup>	0.90 <sup>Ba</sup>	0.99 <sup>Aa</sup>
	LB	0.90 <sup>Ba</sup>	0.87 <sup>Ba</sup>	0.98 <sup>Aa</sup>
	CS	0.92 <sup>ABa</sup>	0.87 <sup>Ba</sup>	0.97 <sup>Aa</sup>
180 days	Control	0.86 <sup>Ba</sup>	0.87 <sup>Ba</sup>	0.92 <sup>Aa</sup>
	LP	0.87 <sup>Ba</sup>	0.88 <sup>Ba</sup>	0.98 <sup>Aa</sup>
	LB	0.88 <sup>Ba</sup>	0.87 <sup>Ba</sup>	0.97 <sup>Aa</sup>
	CS	0.87 <sup>Aa</sup>	0.80 <sup>Bb</sup>	0.84 <sup>ABb</sup>

<sup>A, B, C</sup> Means in the same row with different superscripts are different significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>a, b, c</sup> Means in the same section and the same column with different superscripts are different significantly ( $P < 0.05$ ).

\* : Control, without inoculation; LP, inoculated with *L. plantarum* ( $1 \times 10^6$  cfu/kg forage) ; LB, inoculated with *L. buchneri* ( $1 \times 10^6$  cfu/kg forage) ; CS inoculated with corn silage (100 g/kg grass).

營養成分方面，由於青貯水稻之營養組成性狀在收穫日期、接種處理與青貯保存時間間無顯著交感，因此僅列出各主效應平均如表 5。青貯水稻之營養成分主要受收穫時期的影響，隨成熟度增加水稻之乾物率增加，而粗蛋白質、中洗纖維與酸洗纖維含量均下降。青貯接種處理對營養組成無顯著影響，但青貯時間延長，乾物率下降約 1%，而纖維含量明顯增加 2-3%。



表 5. 收穫日期、接種處理與青貯時間對全株水稻青貯乾物率、粗蛋白質、中洗纖維、與酸洗纖維之影響

Table 5. Effect of harvest dates, inoculation treatments and storage periods on dry matter content, crude protein, neutral-detergent fiber and acid-detergent fiber of whole-crop rice silage

Item	Dy matter %	Crude protein	Neutral-detergent fiber	Acid-detergent fiber
		-----% DM-----		
Harvest date				
6/14	24.8 <sup>c</sup>	7.0 <sup>a</sup>	65.9 <sup>a</sup>	45.2 <sup>a</sup>
6/21	33.0 <sup>b</sup>	5.9 <sup>b</sup>	60.7 <sup>b</sup>	41.1 <sup>b</sup>
6/27	38.9 <sup>a</sup>	5.5 <sup>b</sup>	55.4 <sup>c</sup>	39.1 <sup>c</sup>
Inoculation*				
Control	32.5 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	59.9 <sup>a</sup>	42.1 <sup>a</sup>
LP	32.8 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	60.5 <sup>a</sup>	41.8 <sup>a</sup>
LB	32.5 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	62.2 <sup>a</sup>	42.3 <sup>a</sup>
CS	31.0 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	60.0 <sup>a</sup>	41.1 <sup>a</sup>
Storage				
40 days	33.2 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	59.4 <sup>b</sup>	40.1 <sup>b</sup>
180 days	32.0 <sup>b</sup>	6.0 <sup>a</sup>	62.0 <sup>a</sup>	43.5 <sup>a</sup>

a, b, c Means in the same section and the same column with different superscripts are different significantly (P < 0.05).

\* : Control, without inoculation; LP, inoculated with *L. plantarum* ( $1 \times 10^6$  cfu/kg forage) ; LB, inoculated with *L. buchneri* ( $1 \times 10^6$  cfu/kg forage) ; CS inoculated with corn silage (100 g/kg grass).

## 討論

利用穀類作物為芻料是歐美行之有年的作法，利用的方式由放牧、青飼到青貯，不同的穀物種類、利用目的與利用方式影響其收穫時間的決定（Clayton *et al.*, 2003；de Ruiter, 2004；Filya, 2003；Filya, 2004；Mills and Kung, 2002；Nadeau, 2007）。以青貯利用而言，大部份是以穀粒已開始累積澱粉但尚未完全硬化的糊熟期為主，適當的乾物含量介於 33-50%，視物種與青貯方式而異（Ellinbank and Hill, 2006）。Nadeau (2006) 的研究顯示，有機酸與乳酸菌等青貯添加劑有助於提高大麥、黑小麥、燕麥與小麥等全株穀類作物的青貯品質，且乳熟早期（early milk stage）收穫調製之青貯料較糊熟期（dough stage）調製之 pH 值低且乳酸量高，但同時考量產量與青貯品質，以糊熟早期收穫並經青貯添加處理為宜。至於水稻全株青貯的收穫時期未見詳細研究，文獻中由糊熟期、黃熟期至完熟期之水稻均有（Cai *et al.*, 2001；Kawamoto *et al.*, 2007；Momoze *et al.*, 2005；Takahashi *et al.*, 2005）。本試驗結果以完熟期前一週之材料表現最佳，由穀粒充實情形觀察，此時期約為糊熟期或糊熟晚期。全株穀類作物青貯收穫期的決定因子雖多，但可能仍以水分含量、水溶性碳水化合物等影響青貯發酵的主要因子為考慮重點。通常較早收穫，水分含量過高，易造成不佳之青貯發酵，而太晚收穫，也容易因為水分含量低，使青貯充填時之氧氣消耗時間延長，同樣不利於青貯。本試驗中完熟期前二週（6/14）收穫調製之青貯料 pH 值偏高，丁酸含量亦高，可能與其水分含量略高有關（乾物含量 27.9%）。完熟期（6/27）收穫青貯的總發酵產酸較少，且

乳酸/乙酸比值較低，則可能為水分含量較低造成。因成熟水稻植株不僅水分含量較低，且稻桿中的小空隙可能保存微量空氣於其中，如 Rotz and Muck (1994) 即曾指出許多乳酸菌在有氧情形下會將乳酸轉變為乙酸，形成高乙酸青貯料。

Kawamoto *et al.* (2007) 以乾物率 45 % - 65 % 的全株水稻為材料，進行捆包青貯與細切捆包青貯之比較，結果顯示細切對全株水稻青貯之化學組成與消化率無顯著影響，但有助於維持長期貯存之青貯品質，顯著提高乳酸含量（由鮮重之 0.08-0.14% 增加至 0.71-0.97%）、降低酒精生成與 pH 值。本試驗所採用材料均細切 2 - 5 公分，乾物量介於 27.9% - 40.7%，各種處理經 6 個月青貯保存後之乳酸發酵量介於 8.5 - 35.6 g/kg DM 間，稍高於 Kawamoto 氏等之結果，可能與本試驗之水分含量較高且採真空青貯有關。

多篇研究結果均表示乳酸菌添加有利於提升全株水稻青貯品質 (Cai *et al.*, 2001; Cai *et al.*, 2003; Nadeau, 2006; Nishino *et al.*, 2007)。本試驗接種處理在不同收穫期與青貯保存時間下的反應不一，顯示添加之菌種活性與調製條件間有明顯的交互影響。整體而言，接種乳酸菌處理之青貯表現較對照組佳，但反應因收穫時期不同而異，其中以完熟期 (6/27) 收穫的改善效果最明顯，接種處理有提高乳酸與降低丁酸的效果。完熟期前二週 (6/14) 收穫，接種處理之乳酸量提高但丁酸量未降低。完熟期前一週 (6/21) 收穫之接種處理有丁酸含量降低的趨勢，但未達顯著水準，乳酸含量亦未較對照增加。由本試驗結果亦可看出，不同類型的乳酸菌種類與乳酸菌來源對全株水稻青貯的表現差異明顯，同質乳酸菌 *L. plantarum* 的處理在適當的條件下可促使全株水稻青貯發酵品質良好。異質乳酸菌 *L. buchneri* 的處理效果不如 *L. plantarum*，並且多數有乳酸/乙酸比值較低的現象產生。接種青割玉米青貯料的處理反應較近似於異質乳酸菌的處理反應，是否接種來源之異質乳酸菌較優勢，尚待進一步研究。

本試驗雖然顯示乳酸菌接種處理有助於改善全株水稻青貯品質，但同時亦顯示試驗中所採用水稻材料之水溶性碳水化合物含量不足（低於鮮重之 2%），限制了乳酸菌的發酵，無法將 pH 值降至足以抑制丁酸菌活動的程度。Weber *et al.* (2001) 發現 *Clostridia* 屬是水田厭氧環境下的優勢菌種，在促進稻桿分解上扮演了重要角色。因此在自然情況下水稻植株可能有丁酸菌或丁酸菌孢子附著，一旦乳酸發酵不足，就可能會有大量丁酸產生。由本試驗結果，國產水稻進行青貯利用時應注意收穫時期，糊熟至糊熟晚期是較適收穫時期，乳酸菌接種有助於增進青貯品質，若能於青貯同時混合高糖分之農副產物將更能提高全株水稻之青貯品質。

## 參考文獻

- 王紓愍、陳嘉昇、成游貴。2000。狼尾草品系水溶性碳水化合物含量與青貯品質之關係。畜產研究 33：352-361。
- 王紓愍、陳嘉昇、成游貴。2002。水溶性碳水化合物含量的變化對狼尾草青貯品質的影響。畜產研究 35：143-150。
- 王紓愍、陳嘉昇、游翠凰、劉信宏。2007。種植期、收穫期及品種對青貯玉米發酵品質的影響。畜產研究 40：37-47。
- 許福星、盧啟信、成游貴、卜瑞雄、鄭俊哲。1995。芻料作物青貯調製。台灣省畜產試驗所專輯第41號。
- Adesogan, A. T., M. B. Salawu, A. B. Ross, D. R. Davies and A. E. Brooks. 2003. Effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus fermentum*, *Leuconostoc mesenteroides* inoculants, or a chemical additive on the fermentation, aerobic stability, and nutritive value of crimped wheat grains. *J. Dairy Sci.* 86:1789-1796.
- A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 14<sup>th</sup> ed. Washington DC. pp.125-142.
- Cai Y., Y. Fujita, M. Murai, M. Ogawa and N. Yoshida. 2001 Selection of lactic acid bacteria and silage preparation of forage paddy rice. 11th International Symposium on Forage Conservation. pp114-115.
- Cai, Y., Y. Fujita, M. Murai, M. Ogawa and N. Yoshida. 2003. Application of lactic acid bacteria (*Lactobacillus plantarum* Chikuso-1) for silage preparation. *Grassland Sci.* 49:477-485.
- Clayton, G., K. Turkington, J. O'Donovan, N. Harker, B. Blackshaw and N. Lupwayi. 2003. Does crop health management improve cereal silage production in Alberta. *Adv. Dairy Tech.* 15:241-249.
- de Ruiter, J. 2004. Performance indicators for harvest timing of whole crop cereals for silage. 4<sup>th</sup> International crop science congress, Brisbane, Australia.
- Ellinbank, F. M. and J. Hill. 2006. Forage cereals : harvest and storage : when to cut for whole-crop cereal silage. *Agriculture Notes*. ISSN 1329-8062.
- Filya, I. 2003. Nutritive value of whole crop wheat silage harvested at three stages of maturity. *Anim. Feed Sci. Tech.* 103:85-95.
- Filya, I. 2004. Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. *Anim. Feed Sci. Tech.* 116:141-150.
- 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.
- Komarek, A. R., H. Manson and N. Thiex. 1996. Crude fiber determination using the ANKOM system. Publ. 102. ANKOM technol. Corp., Fairport, NY.
- Mills, J. A. and L. Kung. 2002. The effect of delayed ensiling and application of propionic acid-based additive on the fermentation of barley silage. *J. Dairy Sci.* 85:1969-1975.
- Momoze, Y., H. Takuo, T. Manabu and N. Nobuo. 2005. Effects of chopping length on the loading density and fermentation quality of whole crop rice silage. *Japanese J. Grassland Sci.* 51:190-194.
- Morris, D. L. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with dry-wood's anthrone reagent. *Science* 107:254-255.
- Nadeau, E. 2006. Effects of plant species, stage of maturity and additive on the feeding value of whole-crop cereal silage. *J. Sci. Food and Agri.* 87:789-801.



- Nishino, N., H. Hattori and Y. Kishida. 2007. Alcoholic fermentation and its prevention by *Lactobacillus buchneri* in whole crop rice silage. *Letters Appl. Microbiol.* 44:538-543.
- 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, p.828-868.
- Takahashi, T., M. Manami, Z. Yanli, M. Takashi, I. Yasuhiro, K. Shuhei and I. Hisao. 2007. Effect of Feeding of Whole Crop Rice Silage on Milk Production, Rumen Fermentation, Blood Metabolites and Feeding Behavior of Lactating Cows. *Nihon Chikusan Gakkaiho* 78:45-55.
- 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.
- Vogel, K., J. F. Pedersen, S. D. Masterson and J. J. Toy. 1999. Evaluation of a filter bag system for NDF, ADF, and IVDMD forage analysis. *Crop Sci.* 39:276-279.
- Weber, S., S. Stubner and R. Conrad. 2001. Bacterial populations colonizing and degrading rice straw in anoxic paddy soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 67:1318-1327.

# Effects of maturity, inoculants and duration of ensiling on the fermentation and nutritive value of whole crop rice silage <sup>(1)</sup>

Shu-Min Wang<sup>(2)(3)</sup> Chia-Sheng Chen<sup>(2)</sup> Wein-Chang Hsieh<sup>(2)</sup>  
Tsui-Huang Yu<sup>(2)</sup> and Hsin-Hung Liu<sup>(2)</sup>

Received : Dec. 2, 2007 ; Accepted : Feb. 19, 2008

## Abstract

The purpose of this research is to investigate the fermentation quality and factors affecting rice silage. The whole plants of rice cultivar Kaohsiung 145 collected from an organic farm at Hengchun area were used as materials. Crops at three maturity stages (i.e., milk, late dough, and full ripe stages) were harvested in this experiment. Treatments included inoculation with *Lactobacillus plantarum* (LP,  $1 \times 10^6$  cfu/g forage), *L. buchneri* (LB,  $1 \times 10^6$  cfu/g forage), corn silage (CS, 100 g/kg forage) and control (no inoculation). The material was sealed up in bag silos for either 40 or 180 days before they were sampled. The results showed that rice harvested at late dough stage had the best fermentation quality and rice harvested at milk stage was the worst. Inoculation effects were different with maturity stage and ensilage duration, and influenced by different ensiling environments. *L. plantarum* was the most effective inoculant for whole crop rice silage and the other two inoculants also had better fermentation qualities than control. The total contents of volatile fatty acid increased with duration of ensiling. The dry matter recovery rate of silage conserved for 180 days was lower than that for 40 days. Nutritive constituents of silage were also examined in this experiment. Crude protein, nutrient-detergent fiber and acid-detergent fiber decreased with maturity, while dry matter content increased. As duration of ensiling was increased, the dry matter content decreased slightly and fiber content increased. Inoculants had no effect on nutrient contents of rice silage. It was concluded that maturity significantly affected fermentation quality, and stage from dough to late dough was the optimal harvest stage for whole crop rice silage. Inoculation of lactic acid bacteria improved fermentation quality. Owing to the insufficient water-soluble carbohydrate in whole crop rice, adding byproducts of high sugar content when ensiling would help to improve silage quality.

Key words : Rice, Whole crop silage, Silage quality, Nutritive value

---

(1) Contribution No. 1427 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Hengchun Branch, COA-LRI, Pingtung 946, Taiwan, R.O.C.

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