

# 養牛場廢水施灌狼尾草對牧草產量品質及土壤 性質之影響<sup>(1)</sup>

張定偉<sup>(2)</sup>

收件日期：91 年 4 月 11 日；接受日期：91 年 6 月 20 日

## 摘 要

本試驗為探討施用養牛場廢水於狼尾草地，對牧草產量、品質及土壤與土層滲漏水性質之變化。試驗處理分為(A) 施灌原廢水 6,500 m<sup>3</sup>/ha/y 區 ( $\cong$ 200 kg N/ha/y)、(B) 施灌原廢水 13,000 m<sup>3</sup>/ha/y 區 ( $\cong$ 400 kg N/ha/y)、(C) 施灌原廢水 19,500 m<sup>3</sup>/ha/y 區 ( $\cong$ 600 kg N/ha/y)、(D) 施灌厭氣處理後廢水 13,000 m<sup>3</sup>/ha/y 區 ( $\cong$ 300 kg N/ha/y)、(E) 施灌厭氣處理後廢水 19,500 m<sup>3</sup>/ha/y 區 ( $\cong$ 450 kg N/ha/y) 及(F) 化學肥料區 (400 kg N/ha/y)。各試驗處理採三重複。經二年 (2000 ~ 2001) 試驗結果，所有施灌廢水試區土壤中之有機質、有效性磷及鉀含量均比施用化學肥料區為高，尤其是 P、K 含量最為明顯。各處理土層滲漏水中 pH 之變動很不一致，施灌廢水處理試區平均在 7.5 ~ 8.3 之間。EC 平均 0.1~0.7 dS/m 之間，低於 0.75 dS/m 的灌溉水標準。滲漏水中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量全年平均為 2.2 ~3.7 mg/L 之間，各處理間差異不顯著 (P>0.05)。全年鮮草產量以施灌厭氣廢水的 E 處理 517 mt/ha 最高，顯著高於施化學肥料 F 處理的 405 mt/ha，因此、養牛場經厭氣處理後廢水，用來施灌狼尾草可完全取代化學肥料。所有施灌廢水試區之狼尾草植體中粗蛋白質含量平均為 9.4~10.2% 之間，比施化學肥料的 8.9% 為高。中洗纖維含量平均為 69.7~70.5% 之間，處理間差異不顯著 (P>0.05)。酸洗纖維含量平均為 39.2~39.9% 之間，以 A 及 B 處理最低。水溶性碳水化合物含量平均為 8.6%~9.4% 之間，以 E 處理及 F 處理最高。試管乾物消化率平均為 73.0~73.6%，處理間差異不顯著 (P>0.05)。

關鍵詞：牛場廢水、狼尾草、土壤及滲漏水性質。

## 緒 言

畜牧廢棄物經處理再回歸大地滋養作物，本合乎生於土而歸於土的自然法則。據調查台灣地區一般耕地土壤有機質含量偏低，有 44.8% 土壤低於 2.0%，而每年所產生的農牧有機廢棄物數量龐大，包括作物殘株及禽畜糞等估計有 2,034 萬噸以上，含有大量生質能源及植物養分，如能妥善循環利用，回歸土壤，不僅可協助解決環境污染問題，並有助於增進土壤生產力 (張，1995)。畜牧廢棄

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1112 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

物仍為農作物可利用的有機肥料資源，如一頭 500 公斤乳牛一天所排泄糞尿中氮素含量約有 180 g、磷 123 g 及鉀 258 g，其中鉀含量很高，可充分加以利用，又據在台糖公司的豬糞尿蔗田利用經驗，平均每公頃約可負荷 35 頭豬隻排泄物（嚴，1988）。惟台灣地區由於土地面積有限，可能無法完全消納大量禽畜排泄物，因而造成環境污染問題，政府農政單位除大力輔導畜牧場應作好污染防治設施外，另需重新加以思考，基於降低乳、肉生產成本，提高品質及兼顧環境保護之大前提下，探討將養牛場處理後廢水一部分施用於牧草地，而對其施用量、頻度、用法及時機，以及對土壤與土壤滲漏水質性狀之變化及牧草產量、品質之影響進行研究，以謀有機資源的充分利用，維護農業生產之永續經營。

## 材料與方法

I. 試驗材料：試驗材料採用本分所乳牛擠乳室原廢水及厭氣處理後廢水。狼尾草台畜草二號（*Pennisetum purpureum*, napiergrass TLRI No. 2）。

### II. 試驗方法

(i) 試驗處理分為：

1. 施灌原廢水 6,500 m<sup>3</sup>/ha/year 區（ $\cong$ 200 kg N/ha/y）。
2. 施灌原廢水 13,000 m<sup>3</sup>/ha/year 區（ $\cong$ 400 kg N/ha/y）。
3. 施灌原廢水 19,500 m<sup>3</sup>/ha/year 區（ $\cong$ 600 kg N/ha/year）。
4. 施灌厭氣處理後廢水 13,000 m<sup>3</sup>/ha/year 區（ $\cong$ 300 kg N/ha/y）。
5. 施灌厭氣處理後廢水 19,500 m<sup>3</sup>/ha/year 區（ $\cong$ 450 kg N/ha/y）。
6. 施用台肥一號 2,000 kg/ha/year 化學肥料區（N:P:K=400:100:200 kg/ha/y）。

(ii) 各試驗處理三個重複。

(iii) 使用長 200 cm、寬 70 cm、深 200 cm 栽培箱，填滿排水性良好的砂質壤土，每座栽培箱種植狼尾草台畜草二號 4 穴 8 支。在栽培箱 2 m 深、底部安裝集水管 1 支，收集土層滲漏水。

(iv) 施灌廢水區在第一年（2000）將全年施灌量分成每 2 天施灌 1 次。第二年（2001）改為每週施灌廢水 2 次。化學肥料區將全年肥料量分成 6 次，於每次收割後一次施下。

(v) 每年六月份定期採取 15~20 cm 深土壤樣品分析 pH、有機質、總氮、磷、鉀、鈣、鎂及銅。

(vi) 分析施灌用廢水及土層滲漏水之 pH、EC、BOD、COD、SS、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 及 TP。

(vii) 調查各試區狼尾草鮮草產量，逢機抽取 5 支測株高及乾物率。分析植體中粗蛋白質（Crude protein, CP）、中洗纖維（Neutral detergent fiber, NDF）、酸洗纖維（Acid detergent fiber, ADF）、水溶性碳水化合物（Water soluble carbohydrates, WSC）及試管乾物消化率（*in vitro* dry matter digestibility, IVDMD）。

### III. 分析方法：

(i) 土壤分析方法

1. pH：Glass electrode method (1:1)蒸餾水。
2. 有機質：Modified Walkley-Black method。
3. 總氮量：Kjeldahl method 測全氮。

4. 有效性磷：Modified Bray's No.1 method。
5. 交換性鉀、鈣及鎂：1 N-neutral  $\text{NH}_4\text{OAc}$  extraction method。
6. 銅：0.1N HCl 抽出及原子吸光儀火焰法

(ii) 廢水及土壤滲漏水分析方法：

1. pH：Glass electrode method (1:1)。
2. BOD：碘定量之疊氮化物法〔重酪酸鉀標定〕。
3. COD：重鉻酸鉀迴流法。
4. SS：103~105°C 烘乾法。
5. EC：應用 IRON model-120 型電導度計測定。
6.  $\text{NH}_4^+$ -N：納氏比色法（環保署環境檢驗所，1994）。
7.  $\text{NO}_3^-$ -N：馬錢子鹼比色法（環保署環境檢驗所，1994）。
8. TP：維生素丙比色法（環保署環境檢驗所，1994）。

(iii) 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、48 小時。
2. 粗蛋白質（CP）：Kjeldahl method（AOAC, 1984）。
3. 中、酸洗纖維（NDF, ADF）：依照 van Soest（1967）方法，每一樣品重複二次。
4. 磷、鉀、鈣、鎂、銅及鋅：原子吸光儀火燄法。
5. 試管乾物質消化率（IVDMD）：採用試管乾物消化器（ANKOM Daisy II -200 型），採 48 小時一段式發酵法。
6. 水溶性碳水化合物（WSC）：樣品經烘乾磨粉，以 80% 的酒精於 80°C 下萃取 4 次，萃取液混合、置 70°C 烘箱中去除酒精，殘餘液體以蒸餾水定量，取適量萃取液以 anthrone 呈色法測定（Morris, 1948）。

## 結果與討論

### I. 施灌用養牛場廢水之水質性狀

試驗用養牛廢水第一年取樣分析 35 次，第二年取樣分析 32 次，總共分析 67 個水樣，其結果如表 1，原廢水及厭氣處理後廢水之 pH 分別為  $7.4 \pm 0.4$  及  $7.9 \pm 0.2$ ，厭氣處理後廢水稍偏鹼性。電導度（Electric conductivity, EC）平均分別為  $1.2 \pm 0.2$  dS/m 及  $0.9 \pm 0.1$  dS/m，厭氣後廢水之 EC 降低。生化需氧量（Biochemical oxygen demand, BOD）平均分別為  $462 \pm 267$  mg/L 及  $190 \pm 124$  mg/L，原廢水濃度比厭氣處理後廢水約高 2.5 倍左右。化學需氧量（Chemical oxygen demand, COD）平均分別為  $2,648 \pm 1,520$  mg/L 及  $512 \pm 477$  mg/L，原廢水濃度比厭氣處理後廢水約高 5 倍左右。懸浮固形物（Suspended solid, SS）平均分別為  $1,778 \pm 1,134$  mg/L 及  $379 \pm 290$  mg/L，原廢水濃度比厭氣處理後廢水約高 4 倍左右。銨態氮（ $\text{NH}_4^+$ -N）平均分別為  $32 \pm 13$  mg/L 及  $24 \pm 17$  mg/L，原廢水濃度比厭氣處理後廢水略高。硝酸態氮（ $\text{NO}_3^-$ -N）平均分別為  $7 \pm 3$  mg/L 及  $13 \pm 5$  mg/L，原廢水濃度比厭氣處理後廢水約低 2 倍左右，此現象可能為厭氣廢水在三段式廢水處理系統之調整池內有曝氣，一部份  $\text{NH}_4^+$ -N 經硝化作用產生較高濃度的  $\text{NO}_3^-$ -N。總磷（Total phosphorus, TP）含量平均分別為  $9 \pm 7$  mg/L 及  $6 \pm 1$  mg/L，原廢水高於厭氣處理後廢水濃度。試驗所用廢水直接取自於恒春分所牛廢水處理實廠，廢水主要來源為營養試驗牛舍及屠宰加工室，當屠宰試驗牛羊時，用水量較大，而影響水質變動。

表 1. 試驗用養牛場廢水之性狀分析

Table 1. The characteristics of cattle wastewater for experiment

Wastewater	pH	EC	BOD	COD	SS	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N	TP
		dS/m			mg/L			
Untreated	7.4 ± 0.4	1.2 ± 0.2	462 ± 267	2,648 ± 1,520	1,778 ± 1,134	32 ± 13	7 ± 6	9 ± 7
Anaerobic treated	7.9 ± 0.2	0.9 ± 0.1	190 ± 124	512 ± 477	379 ± 290	24 ± 17	13 ± 5	6 ± 2

## II. 各處理試區土壤成份分析

各處理試區於試驗開始（1999）、試驗後第一年（2000）及試驗後第二年（2001），每年 6 月土壤取樣做性狀分析，其結果如表 2，各試區土壤 pH 在試驗前為 7.7~9.7 之間，經二年試驗後微幅降為 7.7~8.1 之間，其中 E 處理由 pH 9.7 降為 pH 8.0 降幅較大，其他處理沒有明顯變化。有機質（Organic matter, OM）含量 A、B、C、D、E 及 F 處理試區，在試驗開始時分別為 1.0%、1.3%、1.1%、1.1%、1.0% 及 1.0%，經二年試驗後分別變為 1.3%、1.7%、2.2%、1.4%、1.4% 及 1.2%，稍有升高，其中施灌原廢水 13,000 m<sup>3</sup>/ha/year 處理（B）及施灌原廢水 19,500 m<sup>3</sup>/ha/year 處理（C）增加比較明顯。總氮（Total nitrogen, TN）含量各試區在試驗後第一年平均在 0.01~0.04% 之間，試驗後第二年平均在 0.02~0.06% 之間，變化不明顯。有效性磷（AP）含量 A、B、C、D、E 及 F 處理試區，在試驗開始時分別為 15、8、8、12、15 及 11 mg/kg，經二年試驗後分別增加為 56、53、88、52、52 及 15 mg/kg，所有施灌廢水試區中的磷含量，都明顯比施用化學肥料處理為高，其中施灌相當於 600 kg N/ha/y 原廢水區（C）處理增加最高。有效性鉀（eK）含量 A、B、C、D、E 及 F 處理試區，在試驗開始時分別為 8、22、10、8、8 及 6 mg/kg，經二年試驗後分別增加為 48、41、36、37、42 及 33 mg/kg，所有試區鉀含量均有升高。有效性鈣（eCa）含量各試區在試驗後第一年平均為 1,864~2,150 mg/kg 之間，試驗後第二年平均為 3,540~3,690 mg/kg 之間，有增加趨勢。土壤中可交換性鎂（eMg）含量，在試驗後第一年所有施灌廢水的 A、B、C、D 及 E 區均為 86 mg/kg，施用化學肥料的 F 區為 58 mg/kg，到第二年施灌廢水的 B、C、D 及 E 區均為 60~86 mg/kg 之間，變化不大，而施用廢水量最少量的 A 處理及施化學肥料區的 F 處理，其鎂含量反而增加到 152 mg/kg 及 151 mg/kg，增加幅度將近一倍，其原因仍待探討。各試區土壤中銅含量都很低，平均為 0.02~0.14 之間，遠低於食用作物農地之管制標準 200 mg/kg（環保署，2001）。經由二年試驗結果顯示，所有施灌廢水試區土壤中之有機質、有效性磷及鉀含量均比完全施用化學肥料區為高，尤其是 P、K 含量最為明顯，此結果與謝等（1997）盤固草地長期表面施用牛糞會使土壤中 P、K 累積至高含量水準，以及張及陳（2000）牛羊糞堆肥表面施用盤固草地對土壤中之 P、K 微幅增加相符。而土壤中有效性鎂的含量，發現施用化學肥料區及施灌廢水量最少的 A 處理區等二處理，其含量比其他施灌較多量廢水試區為高。

表 2. 各處理試驗期間土壤性狀變化

Table 2. Changes in soil characteristics during the experimental period

Treatment*	Year	pH	OM	TN	AP	eK	eCa	eMg	eCu
			— % —				mg/kg		
Wst.w/05 (A)	1999	7.7	1.0	-	15	8	-	-	-
	2000	8.3	1.0	0.03	60	51	2,102	86	0.11
	2001	8.0	1.3	0.02	56	48	3,690	152	0.20
Wst.w/10 (B)	1999	7.8	1.3	-	8	22	-	-	-
	2000	8.1	1.6	0.04	81	63	2,150	86	0.14
	2001	7.9	1.7	0.03	53	41	3,590	60	0.14
Wst.w/15 (C)	1999	7.8	1.1	-	8	10	-	-	-
	2000	8.0	1.3	0.03	420	44	1,864	86	0.06
	2001	7.7	2.2	0.05	88	36	3,540	90	0.13
Ana.w/10 (D)	1999	8.0	1.1	-	12	8	-	-	-
	2000	8.3	1.4	0.03	63	33	2,102	86	0.02
	2001	8.0	1.4	0.06	52	37	3,740	60	n.d
Ana.w/15 (E)	1999	9.7	1.0	-	15	8	-	-	-
	2000	8.2	1.3	0.01	64	30	2,150	86	0.02
	2001	8.0	1.4	0.02	52	42	3,590	60	0.10
CF (F)	1999	8.0	1.0	-	11	6	-	-	-
	2000	8.3	0.9	0.03	27	23	2,102	58	0.07
	2001	8.1	1.2	0.02	15	33	3,590	151	n.d

Wst.w/05 (A) =Applied equivalent to 200 kg N/ha/year of untreated wastewater;

Wst.w/10 (B) =Applied equivalent to 400 kg N/ha/year of untreated wastewater;

Wst.w/15 (C) =Applied equivalent to 600 kg N/ha/year of untreated wastewater;

Ana.w/10 (D) =Applied equivalent to 300 kg N/ha/year of anaerobic treated wastewater;

Ana.w/15 (E) = Applied equivalent to 450 kg N/ha/year of anaerobic treated wastewater;

CF (F) =Applied chemical fertilizer (N:P:K=400:100:200 kg/ha/y).

以上各處理之數值均為三重複之平均值。

### III. 土壤滲漏水之水質變化

試驗用土質係屬砂質壤土、滲透性良好，經二年間試驗發現，在恆春地區 10~5 月份為冬天旱季，各試區施灌廢水後在試區 2 公尺深的底部完全沒有滲漏水排出，在夏天雨季才有滲漏水排出。試驗期間各降雨場次的累積降雨量（圖 1），各試區在 2000 年 6~8 月份夏天雨季共收集滲漏水樣 9 次，2001 年 5~10 月份夏天雨季共收集滲漏水樣 12 次，分析其 pH、EC、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 及 TP 含量。其結果如下：

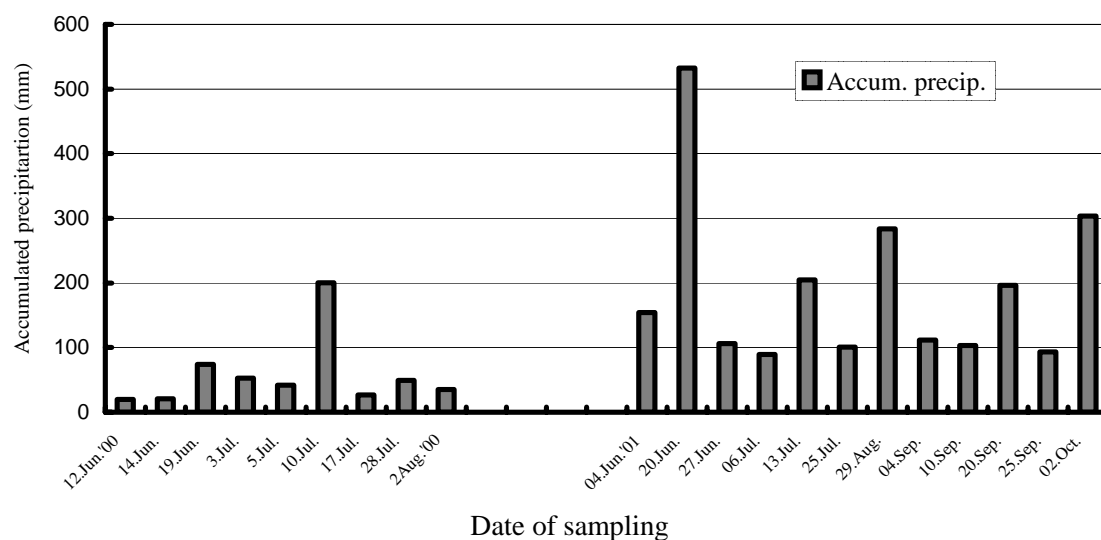


圖 1. 2000 ~ 2001 年試驗期間各場次累積降雨量。

Fig. 1. The accumulated precipitation in each rainfall event during experiment period.

### 1. pH 之變化

在 2000 年各處理試區 6 月 12~19 日之第 1~3 場雨後所收集滲漏水樣，B 處理及 C 處理之 pH 平均在 7.8~8.0 之間，其他處理為 7.3~7.5 之間，在 7 月 3 日所收集水樣各處理之 pH 為 7.3~8.4 之間，處理間差異較大，7 月 5 日以後至 2000 年最後一次在 8 月 2 日止，各場降雨後所採水樣之平均 pH 為 7.6~8.3 之間，各處理起伏變動比較一致。在 2001 年 6 月 4 日各處理試區之 pH 值平均為 7.8~8.2 之間，6 月 20 日之第二場降雨至 9 月 25 日之 2001 年度最後一場降雨後所採水樣之平均 pH，除完全施化學肥料的 F 處理之 pH 始終維持在 8.0 左右，其他施灌廢水處理試區之 pH 均在 7.5 ~ 8.3 之間，各處理起伏變動比較一致（圖 2）。

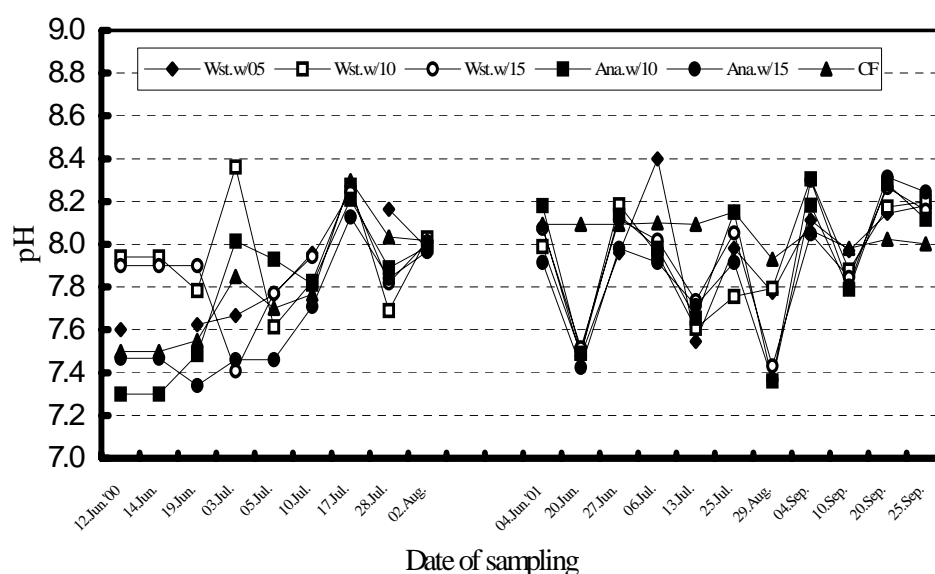


圖 2. 各處理試區在 2 m 深土層滲漏水之 pH 變化。

Fig. 2. The changes of pH of effluent at 2-meter depth of soil profile.

### 2. 電導度之變化

2000 年各處理試區 EC 之變化，在 6 月 12 日之第 1 場雨後所收集滲漏水樣，各處理之 EC 均在 0.1~0.2 dS/m 之間。自 6 月 14 日至 7 月 10 之間各場降雨後，施灌原廢水的 B 處理及 C 處理之 EC 在 0.2~1.0 dS/m 之間，比其他處理的 0.1~0.5 dS/m 為高。7 月 17 日至 8 月 2 日之間各處理 EC 降為

0.2~0.4 dS/m 之間，起伏變動也稍有一致性。在 2001 年 6 月 4 日之第 1 場雨後所收集滲漏水樣，施灌原廢水的 B 處理、C 處理及施化學肥料的 F 處理之 EC 在 0.9 ~1.2 dS/m 之間，比其他處理的平均 0.6 dS/m 為高。自 6 月 20 日的第二場降雨，各處理之 EC 下降平均在 0.5 ~ 0.6 dS/m 之間。直到 10 月 2 日的 2001 年度最後一場降雨後所收集的滲漏水樣，各處理之 EC 均在 0.1~0.7 dS/m 之間（圖 3）。經二年試驗結果，狼尾草地施灌養牛場經厭氣處理後廢水，在夏天雨季所收集滲漏水之 EC 平均值均低於 0.75 dS/m 的灌溉用水標準。

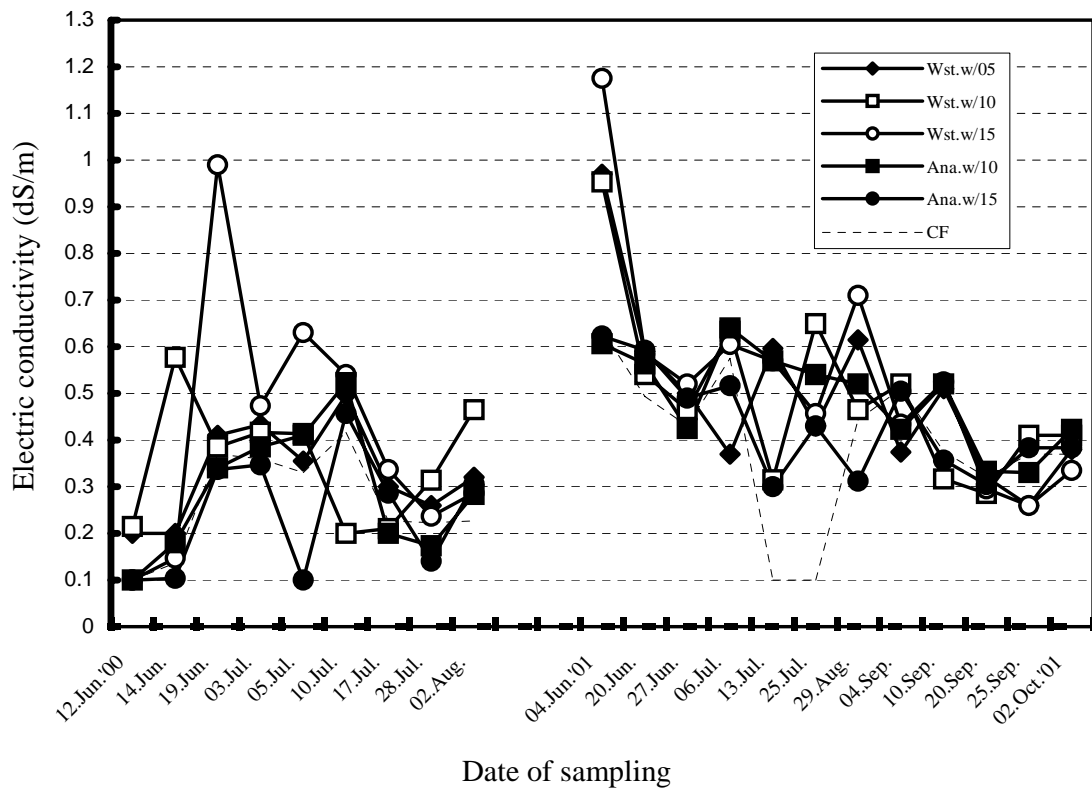


圖 3. 各處理試區在 2 m 深土層滲漏水之電導度變化。

Fig. 3. The changes of electric conductivity of effluent at 2-meter depth of soil profile.

### 3. 硝酸態氮之變化

硝酸態氮進入地表水或地下水時，由於對人體健康及環境品質會造成影響，而逐漸成為世界性關切的問題。當過量之硝酸態氮隨著地表逕流或淺層地下逕流匯入溪流或湖泊時，促使水生植物及藻類生長導致水質之優養化作用（eutrophication），影響水域環境品質。當飲用水中之硝酸態氮濃度超過 10 mg/L 時，對六個月以下之嬰兒容易發生藍嬰症候群（Blue baby syndrome）（USEPA, 1975）。Jokela（1992）指出土壤中之硝酸大部份分佈在土層小於 60 cm 的深度、土層 90 cm 以下深度含量較少。施用廐肥每公頃 112 kg 氮肥量及施用化學肥料每公頃 168 kg 氮肥量之情況下，在 0.6~0.9 m 深土層滲漏水中之  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  濃度為接近或高於 10 mg/L 的美國飲用水健康標準，而在 0.9 m 以下深度土層滲漏水中之  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  濃度則低於 10 mg/L（Rotz and Muck, 1994）。又作物對糞尿中氮的利用率一般低於無機肥料，因糞尿中的氮源釋放比較慢、且因表面施肥產生氨（ $\text{NH}_3$ ）的散失，上述兩種氮源一般以硝酸（ $\text{NO}_3^-$ ）形態滲透土層，而污染到地下水源（Beauchamp, 1983；Klausner and Gest, 1981）。在 2000 年 6 ~8 月及 2001 年 5 ~10 月為恆春地區雨季，可由栽培箱 2 公尺底部收集管採到滲漏水分析  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  之濃度。如圖 4，在 2000 年 6 月 12 月至 7 月 5 日前 4 場累積降雨量平均在 80 mm 以下，滲漏水中  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量分析結果，A、B、C、D、E 及 F 處理分別為 15.0、12.7、12.0、10.6、9.3 及 10.0 mg/L，大多超出 10.0 mg/L 標準。在 7 月 10 日的第五場累積降雨量為 200 mm，所



收集滲漏水之  $\text{NO}_3^-$ -N 含量劇降，各處理平均濃度降到 3.0 mg/L 以下。7 月 17 日至 8 月 2 日的最後 3 場累積降雨量平均在 50 mm 以下，而各處理滲漏水之  $\text{NO}_3^-$ -N 濃度仍維持在 3.0 mg/L 以下。在 2001 年 6 月 4、20 及 27 日的第 1、2 場及第 3 場的累積降雨量分別為 150 mm、520 mm 及 100 mm，所收集滲漏水之  $\text{NO}_3^-$ -N 含量各處理平均濃度都在 3.0 mg/L 以下。自 7 月 6 日至 9 月 10 日之間共降下 9 場雨，每場累積降雨量平均為 100~280 mm 之間，在此期間施灌含氮肥量相當於 300 kg/ha/y 的厭氣處理後廢水區（D 處理）及施化學肥料其含氮肥量相當於 400 kg/ha/y 區（F 處理）等二處理，其滲漏水中  $\text{NO}_3^-$ -N 含量分別各有 2 次超出 10 mg/L 標準，其濃度 D 處理分別為 12.0 mg/L 與 12.9 mg/L，而 F 處理分別為 12.1 mg/L 及 12.0 mg/L。由 2000~2001 年降雨量與滲漏水中  $\text{NO}_3^-$ -N 之出現濃度，一般在雨季末期之濃度較低，此與謝（1999）報告指出硝酸態氮濃度在第二場降雨事件顯著地高於其它降雨事件之濃度，且硝酸態氮之濃度隨第二場降雨事件之增加而降低之結果不大一致。至於降雨量與滲漏水中  $\text{NO}_3^-$ -N 含量之關係，經分析其相關性很低（ $R^2=0.023$ ）。

綜合 2000~2001 年二年資料分析發現，各處理  $\text{NO}_3^-$ -N 含量均曾測到超出美國地下水 10 mg/L 限值標準，在二年試驗期間共採樣 21 次，其出現超出標準次數分別為 A 處理 1 次（5%）、B 處理 1 次（5%）、C 處理 1 次（5%）、D 處理 3 次（15%）、E 處理 1 次（5%）及 F 處理 3 次（15%）。而以二年共採樣 21 次 A、B、C、D、E 及 F 處理之  $\text{NO}_3^-$ -N 總平均分別為 2.2、2.5、3.5、3.7、2.7 及 3.2 mg/L，各處理間差異不顯著（ $P>0.05$ ），都在台灣地下水硝酸態氮污染監測基準範圍內。據環保署（2001）公佈地下水硝酸態氮污染監測基準分為二類；第一類為飲用水水源水質保護區內之地下水及第二類為第一類以外的地下水，其監測基準分別為 5 mg/L 及 25 mg/L。另據許多報告指出土壤中無機肥料之硝酸滲透量比施糞尿者為高，此差異主要為糞尿中氮源脫硝量高（Kimball *et al.*, 1972；Beauchamp, 1983；Xie and Mackenzie, 1986；Comford *et al.*, 1987）。由本試驗發現完全施用化學肥料試區，其滲漏水  $\text{NO}_3^-$ -N 含量一直維持高濃度範圍，就整體環境保護對作物施用化學肥料需要特別加以關注。

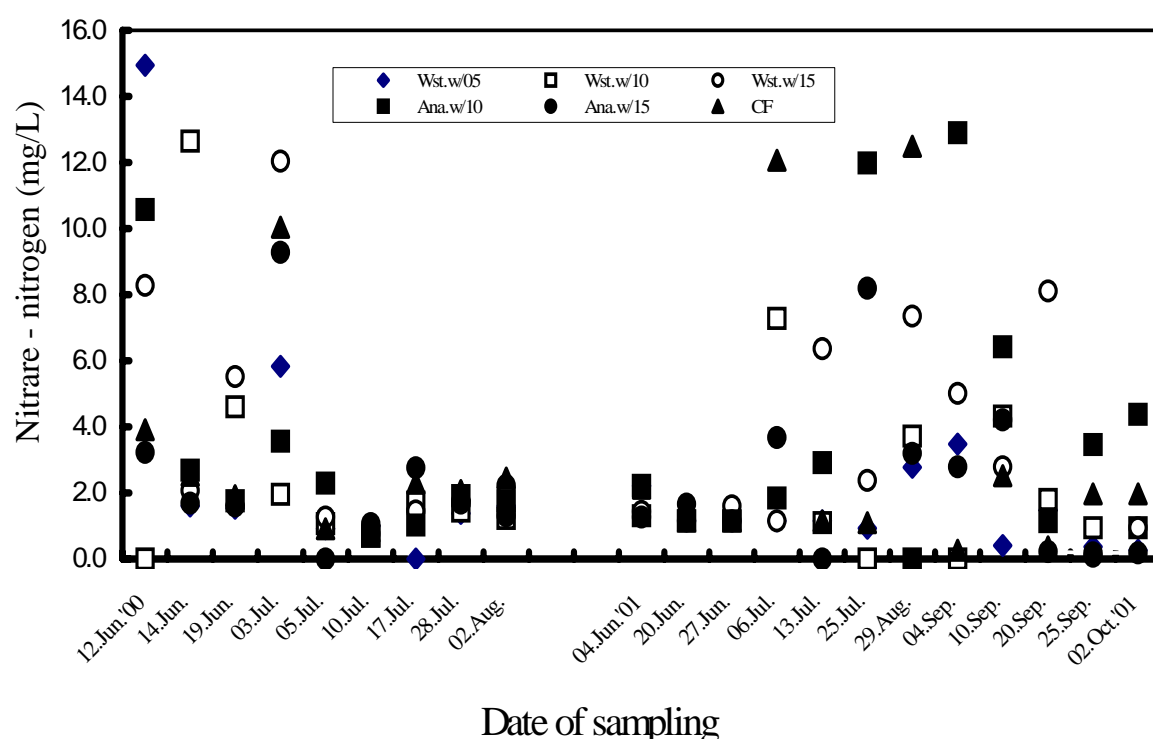


圖 4. 各處理試區 2 m 深土層滲漏水中硝酸態氮含量之變化。

Fig. 4. The changes of  $\text{NO}_3^-$ -N of effluent at 2-meter depth of soil profile.

#### 4. 總磷及化學需氧量之變化

在第二年（2001）年 6 月 27 日至 10 月 2 日共有 8 場雨，平均累積降雨量為 100~300 mm 之間，分析滲漏水中總磷（TP）含量，各處理變化相當一致，6 月份各處理 TP 濃度平均為 0.6~0.8 mg/L



之間，7 月份各處理 TP 濃度達到最高平均為 1.3~3.3 mg/L 之間，8 月份以後各處理 TP 濃度開始下降平均在 0.7 mg/L 以下（圖 5）。由本試驗發現、施用化學肥料處理之滲漏水中總磷含量，比所有施灌廢水試區為低，施灌厭氣處理廢水試區之 TP 含量稍比施灌原廢水試區為高。在第二年（2001）年 8 月 29 日至 10 月 2 日共有 6 場雨，平均累積降雨量為 100~300 mm 之間，分析滲漏水中 COD 含量，A、B、C、D、E 及 F 處理平均分別為 13.2、12.5、15.5、14.9、12.1 及 15.7 mg/L，各處理間差異不顯著（ $P>0.05$ ）。施灌時原廢水及厭氣處理後廢水之 COD 濃度分別為  $2,648 \pm 1,520$  mg/L 及  $512 \pm 477$  mg/L，經在 2 公尺土層深度所收集滲漏水中 COD 含量僅有 12.1~15.7 mg/L 之間，顯示土壤微生物對 COD 之分解能力相當高。

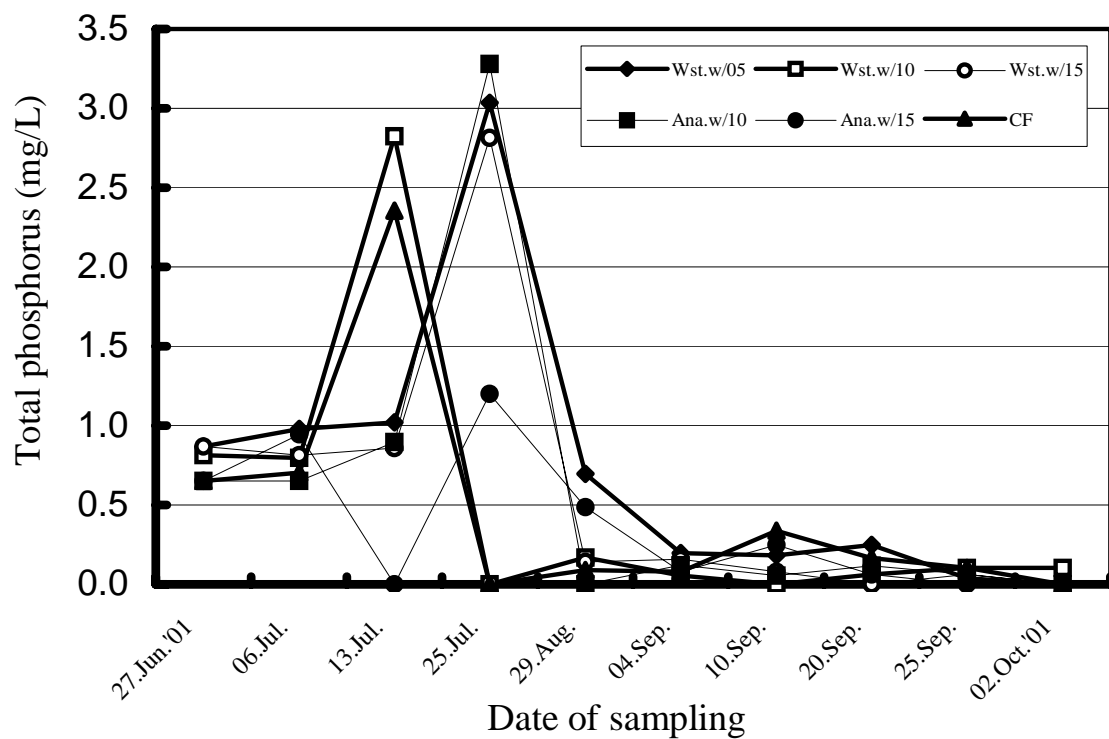


圖 5. 各處理試區 2 m 深土層滲漏水中總磷含量之變化。

Fig. 5. The changes of total phosphorus of effluent at 2-meter depth of soil profile.

#### IV. 各處理試區狼尾草株高、乾物率及鮮草產量調查

##### (i) 狼尾草株高

恆春地區年平均氣溫 20℃ 以上，5~9 月夏季氣溫 25~30℃ 之間。年平均總雨量為 1,611 mm，其中 5~9 月夏季平均總雨量為 1,373 mm、佔全年總雨量之 85 %（張及陳，2000）。試驗用狼尾草分別在 1、3、5、7、9、及 11 月份各收割一次，全年總共收割六次。每年牧草生產期間集中在 5~9 月間，自 10 月份以後雨量漸少、氣溫降低、東北季風增強，蒸發量高於降雨量，因此 10~4 月間為乾旱季節，牧草生長緩慢。狼尾草在第 1 及第 2 次收割之生育期為 12~2 月間正值冬天，牧草生長發育受到影響（如表 3），第一次收割時的株高 A、B、C、D、E 及 F 處理分別為 127.8、130.7、139.8、122.4、139.8 及 124.8 cm，其中 C 處理及 E 處理最高與 A 處理及 F 處理之間有顯著差異（ $P<0.05$ ）。第 2 次收割時各處理分別為 99.5、101.5、114.0、102.8、117.3 及 110.0 cm，其中 E 處理最高與 A 處理、B 處理及 D 處理之間有顯著差異（ $P<0.05$ ）。第 3 次收割時各處理分別為 137.2、147.2、141.2、143.7、160.5 及 148.8 cm，其中 E 處理最高與 A 處理、C 處理及 D 處理之間有顯著差異（ $P<0.05$ ）。第 4 次收割時各處理分別為 177.7、187.0、185.8、172.0、194.3 及 193.7 cm，其中 E 處理及 F 處理最高與 D 處理之間有顯著差異（ $P<0.05$ ）。第 5 次收割時各處理分別為 182.8、182.8、185.8、167.3、191.5

及 176.8 cm，其中 E 處理及 C 處理最高與 D 處理之間有顯著差異 ( $P<0.05$ )。最後 1 次第 6 次收割時各處理分別為 138.3、142.7、147.3、137.0、149.5 及 147.3 cm，各處理之間無顯著差異 ( $P>0.05$ )。全年收割 6 次 A、B、C、D、E 及 F 處理總平均分別為 144.2、148.5、152.5、141.2、158.7 及 150.3 cm，其中仍以施灌相當於 450 kg N/ha/y 厭氣處理後廢水區 (E 處理) 最高，與施灌相當於 200 kg N/ha/y 原廢水區 (A 處理)、施灌相當於 400 kg N/ha/y 原廢水區 (B 處理) 及施灌相當於 300 kg · N/ha/y 厭氣處理後廢水區 (D 處理) 之間有顯著差異 ( $P<0.05$ )。

表 3. 各處理試區狼尾草株高之變化

Table 3. The changes in plant height of napiergrass in different treatments

Treatment	Time of cutting						Average
	1 <sup>st</sup> cut	2 <sup>nd</sup> cut	3 <sup>rd</sup> cut	4 <sup>th</sup> cut	5 <sup>th</sup> cut	6 <sup>th</sup> cut	
	cm						
Wst.w/05 (A) *	127.8 <sup>b</sup>	99.5 <sup>c</sup>	137.2 <sup>b</sup>	177.7 <sup>ab</sup>	182.8 <sup>ab</sup>	138.3 <sup>a</sup>	144.2 <sup>c</sup>
Wst.w/10 (B)	130.7 <sup>ab</sup>	101.5 <sup>bc</sup>	147.2 <sup>ab</sup>	187.0 <sup>ab</sup>	182.8 <sup>ab</sup>	142.7 <sup>a</sup>	148.5 <sup>bc</sup>
Wst.w/15 (C)	139.8 <sup>a</sup>	114.0 <sup>ab</sup>	141.2 <sup>b</sup>	185.8 <sup>ab</sup>	185.8 <sup>a</sup>	147.3 <sup>a</sup>	152.5 <sup>ab</sup>
Ana.w/10 (D)	122.4 <sup>b</sup>	102.8 <sup>bc</sup>	143.7 <sup>b</sup>	172.0 <sup>b</sup>	167.3 <sup>b</sup>	137.0 <sup>a</sup>	141.2 <sup>c</sup>
Ana.w/15 (E)	139.8 <sup>a</sup>	117.3 <sup>a</sup>	160.5 <sup>a</sup>	194.3 <sup>a</sup>	191.5 <sup>a</sup>	149.5 <sup>a</sup>	158.7 <sup>a</sup>
CF (F)	124.8 <sup>b</sup>	110.0 <sup>abc</sup>	148.8 <sup>ab</sup>	193.7 <sup>a</sup>	176.8 <sup>ab</sup>	147.3 <sup>a</sup>	150.3 <sup>ab</sup>

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

\*The same as Table 2.

### (ii) 狼尾草乾物率

恆春地區 5~9 月為夏季雨期、牧草生長快速、10~4 月間為冬季乾旱季節、牧草生長緩慢。各處理乾物率之變化趨勢，可明顯看出在 7 月份第 4 次收割為夏天雨季牧草生長期，其乾物率有偏低的現象，而自 10 月份以後到 5 月份之間為雨量較少的旱季，植株乾物率則逐漸升高。第 1 次收割時各處理之乾物率為 19.6~21.6% 之間，第 2 次收割時各處理之乾物率為 18.8~21.9% 之間。第 3 次收割時各處理之乾物率為 19.7~21.4% 之間。第 4 次收割時各處理之乾物率為 13.9~14.4% 之間，第 5 次收割時各處理之乾物率為 18.9~20.5% 之間。第 6 次收割時各處理之乾物率為 20.5~21.5% 之間。全年度共收割 6 次 A、B、C、D、E 及 F 等處理總平均分別為 19.8%、19.5%、19.7%、19.7%、18.8% 及 19.6%，其中施灌相當於 450 kg N/ha/y 厭氣處理後廢水區 (E 處理) 最低，與施灌相當於 200 kg N/ha/y 原廢水區 (A 處理)、施灌相當於 600 kg N/ha/y 原廢水區 (C 處理) 及施灌相當於 300 kg N/ha/y 厭處理後廢水區 (D 處理) 之間有顯著差異 ( $P<0.05$ )。

### (iii) 狼尾草鮮草產量

由表 4，各處理試區狼尾草鮮草產量調查結果。第 1 次收割時 A、B、C、D、E 及 F 處理之產量分別為 29.3、43.8、48.0、34.3、50.6 及 39.6 mt/ha，其中 E 處理產量最高與 A 處理、D 處理及 F 處理之間有顯著差異 ( $p<0.05$ )，A 處理產量最低並與其他各處理有顯著差異 ( $p<0.05$ )。第 2 次收割時各處理之產量分別為 25.6、38.9、44.9、34.5、51.9 及 32.8 mt/ha，其中以 E 處理產量最高、A 處理產量最低，處理間有顯著差異 ( $p<0.05$ )。第 3 次收割時各處理之產量分別為 39.9、62.5、66.6、57.1、86.3 及 50.0 mt/ha，其中以 E 處理產量最高並與其他各處理有顯著差異 ( $p<0.05$ )，A 處理最低並與 B 處及 C 處理間有顯著差異 ( $p<0.05$ )。第 4 次收割時各處理平均產量為 97.6~117.5 mt/ha 之間、各處理間差異不顯著 ( $p>0.05$ )。第 5 次收割時 B、C 及 E 處理之平均產量為 94.0~95.8 mt/ha 之間、與 A、D 及 F 處理間有顯著差異 ( $p<0.05$ )。第 6 次收割時各處理平均產量為 103.3~18.2 mt/ha

之間、各處理間差異不顯著 ( $p>0.05$ )。全年度收割 6 次 A、B、C、D、E 及 F 處理等平均總鮮草產量分別為 368.2、462.3、484.9、412.7、516.9 及 404.7 mt/ha，其中以施灌相當於 450 kg N/ha/y 厭氣處理後廢水區 (E 處理) 產量最高、與施灌相當於 200 kg N/ha/y 原廢水區 (A 處理)、施化學肥料 400 kg N/ha/y 區 (F 處理) 及施灌相當於 300 kg N/ha/y 厭處理後廢水區 (D 處理) 之間有顯著差異 ( $P<0.05$ )。由全年鮮草總產量結果顯示，施灌相當於 450 kg N/ha/y 厭氣廢水區之鮮草總產量顯著高於施化學肥料 400 kg N/ha/y 區。因此、養牛場經處理後之厭氣廢水，可以完全取代傳統施用之化學肥料，不但可 100% 節省牧草生產之施肥成本、且可將大部份廢水回收資源再利用，達到生產與環保雙贏目標。

表 4. 各處理試區狼尾草鮮草產量調查

Table 4. The fresh yield of napiergrass in different treatments

Treatment	Time of cutting						Total yield
	1 <sup>st</sup> cut	2 <sup>nd</sup> cut	3 <sup>rd</sup> cut	4 <sup>th</sup> cut	5 <sup>th</sup> cut	6 <sup>th</sup> cut	
	mt/ha/cut						mt/ha/year
Wst.w/05 (A) *	29.3 <sup>d</sup>	25.6 <sup>b</sup>	39.9 <sup>c</sup>	97.6 <sup>a</sup>	72.6 <sup>b</sup>	103.3 <sup>a</sup>	368.2 <sup>c</sup>
Wst.w/10 (B)	43.8 <sup>ab</sup>	38.9 <sup>ab</sup>	62.5 <sup>b</sup>	117.5 <sup>a</sup>	95.8 <sup>a</sup>	103.9 <sup>a</sup>	462.3 <sup>ab</sup>
Wst.w/15 (C)	48.0 <sup>ab</sup>	44.9 <sup>ab</sup>	66.6 <sup>b</sup>	112.5 <sup>a</sup>	95.2 <sup>a</sup>	117.8 <sup>a</sup>	484.9 <sup>ab</sup>
Ana.w/10 (D)	34.3 <sup>cd</sup>	34.5 <sup>ab</sup>	57.1 <sup>bc</sup>	102.3 <sup>a</sup>	73.8 <sup>b</sup>	110.7 <sup>a</sup>	412.7 <sup>bc</sup>
Ana.w/15 (E)	50.6 <sup>a</sup>	51.9 <sup>a</sup>	86.3 <sup>a</sup>	116.0 <sup>a</sup>	94.0 <sup>a</sup>	118.2 <sup>a</sup>	516.9 <sup>a</sup>
CF (F)	39.6 <sup>bc</sup>	32.8 <sup>ab</sup>	50.0 <sup>bc</sup>	116.0 <sup>a</sup>	72.0 <sup>b</sup>	109.4 <sup>a</sup>	404.7 <sup>bc</sup>

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

\*The same as Table 2.

## V. 各處理試區狼尾草植體中營養成份分析

### (i) 粗蛋白質之變化

由表 5，第 1 次收割時 A、B、C、D、E 及 F 處理之粗蛋白質含量分別為 9.7%、11.2%、12.3%、10.1%、12.1% 及 8.8%，其中 C 處理與 E 處理最高與 F 處理之間有顯著差異 ( $P<0.05$ )。第 2 次收割時之各處理分別為 10.8%、11.9%、11.3%、10.5%、10.1% 及 9.2%，其中 B 處理最高與 F 處理及 E 處理之間有顯著差異 ( $P<0.05$ )。第 3 次收割時各處理為 8.2~10.5% 之間，處理間無顯著差異 ( $P>0.05$ )。第 4 次收割時各處理為 9.2~9.7% 之間，處理間無顯著差異 ( $P>0.05$ )。第 5 次收割時各處理分別為 8.1%、8.7%、10.1%、8.9%、8.4% 及 8.9%，其中 A 處理最高與其他各處理之間有顯著差異 ( $P<0.05$ )。第 6 次收割時各處理為 8.5~8.8% 之間，處理間無顯著差異 ( $P>0.05$ )。全年收割 6 次 A、B、C、D、E 及 F 處理之平均粗蛋白質含量分別為 9.5%、10.0%、10.2%、9.4%、9.5% 及 8.9%，其中 F 處理最低與其他各處理之間有顯著差異 ( $P<0.05$ )。結果顯示、所有施灌廢水試區之狼尾草植體中粗蛋白質含量均比施化學肥料區為高。

### (ii) 中洗纖維之變化

各處理狼尾草中洗纖維 (NDF) 含量，第 1 次收割時平均為 66.8~69.5% 之間。第 2 次收割時平

均為 69.8~70.6%之間。第 3 次收割時平均為 70.8~71.6%之間。第 4 次收割時平均為 70.4~70.7%之間。第 5 次收割時平均為 69.9~70.9%之間。第 6 次收割時平均為 70.3~71.1%之間。全年共收割 6 次 A、B、C、D、E 及 F 處理之 NDF 含量總平均分別為 70.2%、70.3%、69.8%、70.5%、69.7%及 70.3%，各處理之間無顯著差異 ( $P>0.05$ )。

表 5. 各處理狼尾草植體中粗蛋白質含量之變化

Table 5. The changes in crude protein of napiergrass in different treatments

Treatment	Time of cutting						Average
	1 <sup>st</sup> cut	2 <sup>nd</sup> cut	3 <sup>rd</sup> cut	4 <sup>th</sup> cut	5 <sup>th</sup> cut	6 <sup>th</sup> cut	
	%						
Wst.w/05 (A) *	9.7 <sup>ab</sup>	10.8 <sup>abc</sup>	10.5 <sup>a</sup>	9.2 <sup>a</sup>	8.1 <sup>b</sup>	8.6 <sup>a</sup>	9.5 <sup>ab</sup>
Wst.w/10 (B)	11.2 <sup>ab</sup>	11.9 <sup>a</sup>	10.4 <sup>a</sup>	9.6 <sup>a</sup>	8.7 <sup>b</sup>	8.8 <sup>a</sup>	10.0 <sup>a</sup>
Wst.w/15 (C)	12.3 <sup>a</sup>	11.3 <sup>ab</sup>	9.8 <sup>a</sup>	9.7 <sup>a</sup>	10.1 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>	10.2 <sup>a</sup>
Ana.w/10 (D)	10.1 <sup>ab</sup>	10.5 <sup>abc</sup>	9.2 <sup>a</sup>	9.7 <sup>a</sup>	8.9 <sup>b</sup>	8.6 <sup>a</sup>	9.4 <sup>ab</sup>
Ana.w/15 (E)	12.1 <sup>a</sup>	10.1 <sup>bc</sup>	8.2 <sup>a</sup>	9.5 <sup>a</sup>	8.4 <sup>b</sup>	8.6 <sup>a</sup>	9.5 <sup>ab</sup>
CF (F)	8.8 <sup>b</sup>	9.2 <sup>c</sup>	8.5 <sup>a</sup>	9.6 <sup>a</sup>	8.9 <sup>b</sup>	8.8 <sup>a</sup>	8.9 <sup>b</sup>

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

\*The same as Table 2.

### (iii) 酸洗纖維之變化

各處理狼尾草酸洗纖維 (ADF) 含量，第 1 次收割時平均為 35.5~37.0%之間。第 2 次收割時平均為 35.8~37.6%之間。第 3 次收割時 A、B、C、D、E 及 F 處理平均分別為 39.7%、39.9%、39.8%、40.5%、41.3%及 40.8%，施灌原廢水的 A、B 及 C 處理含量最低與施灌厭氣處理後廢水的 E 處理之間有顯著差異 ( $P<0.05$ )。第 4 次收割時平均為 41.8~42.3%之間。第 5 次收割時平均為 41.1~42.2%之間。第 6 次收割時平均為 40.3~41.0%之間。全年共收割 6 次 A、B、C、D、E 及 F 處理之 ADF 含量總平均分別為 39.2%、39.2%、39.4%、39.7%、39.9%、及 39.9%，以 A 及 B 處理最低、並與 E 及 F 處理之間有顯著差異 ( $P<0.05$ )。

### (iv) 水溶性碳水化合物之變化

青貯時植體中水溶性碳水化合物 (WSC) 是提供微生物生長繁殖的主要能量來源，若含量過低，微生物發酵產酸不足，將無法抑制其它雜菌生長，容易產生二次發酵，對青貯品質影響很大 (盧，1990；Rotz and Muck, 1994)。由表 6，各處理狼尾草水溶性碳水化合物含量，第 1 次收割時 A、B、C、D、E 及 F 處理分別為 9.7%、8.4%、9.7%、8.8%、9.8%、及 10.7%，其中以 F 處理最高與 B 處理及 D 處理之間有顯著差異 ( $p<0.05$ )，第 2 次收割時平均為 8.0~9.2%之間。第 3 次收割時各處理分別為 5.9%、6.8%、7.5%、7.6%、8.7%及 8.4%，其中以 E 處理及 F 處理最高與 A 處理之間有顯著差異 ( $p<0.05$ )，第 4 次收割時平均為 7.3~8.3%之間。第 5 次收割時平均為 10.2~11.7%之間。第 6 次收割時平均為 8.6~9.2%之間。全年共收割 6 次 A、B、C、D、E 及 F 處理之 WSC 含量總平均分別為 8.9%、8.6%、8.8%、8.3%、9.3%及 9.4%，以施灌相當於 450 kg N/ha/y 厭氣處理後廢水區 (E

處理)及施化學肥料 400 kg N/ha/y 區 (F 處理) 最高、並與 B 及 D 處理之間有顯著差異 ( $p < 0.05$ )。一般而言, 狼尾草台畜草二號在收割時水溶性碳水化合物含量有 8.5% 以上時, 其青貯品質可保持相當水準。而盤固草的水溶性碳水化合物含量偏低, 其青貯品質不易達到良好之等級 (陳等, 2000)。王等 (2000) 指出狼尾草品系之平均水溶性碳水化合物含量與品系平均青貯品質評分間具顯著相關 ( $R^2 = 0.97$ ), 顯示狼尾草品系之水溶性碳水化合物含量是影響狼尾草青貯品質的重要因子。

表 6. 各處理狼尾草植體水溶性碳水化合物含量之變化

Table 6. The changes in water soluble carbohydrate of napiergrass in different treatments

Treatment	Date of cutting						Average
	1 <sup>st</sup> cut	2 <sup>nd</sup> cut	3 <sup>rd</sup> cut	4 <sup>th</sup> cut	5 <sup>th</sup> cut	6 <sup>th</sup> cut	
	%						
Wst.w/05 (A) *	9.7 <sup>ab</sup>	8.2 <sup>a</sup>	5.9 <sup>b</sup>	8.3 <sup>a</sup>	11.7 <sup>a</sup>	9.2 <sup>a</sup>	8.9 <sup>ab</sup>
Wst.w/10 (B)	8.4 <sup>b</sup>	8.0 <sup>a</sup>	6.8 <sup>ab</sup>	8.3 <sup>a</sup>	11.3 <sup>a</sup>	9.2 <sup>a</sup>	8.6 <sup>b</sup>
Wst.w/15 (C)	9.7 <sup>ab</sup>	8.8 <sup>a</sup>	7.5 <sup>ab</sup>	7.6 <sup>a</sup>	10.2 <sup>a</sup>	8.9 <sup>a</sup>	8.8 <sup>ab</sup>
Ana.w/10 (D)	8.8 <sup>b</sup>	7.8 <sup>a</sup>	7.6 <sup>ab</sup>	7.3 <sup>a</sup>	10.2 <sup>a</sup>	8.6 <sup>a</sup>	8.3 <sup>b</sup>
Ana.w/15 (E)	9.8 <sup>ab</sup>	9.2 <sup>a</sup>	8.7 <sup>a</sup>	8.2 <sup>a</sup>	11.0 <sup>a</sup>	8.9 <sup>a</sup>	9.3 <sup>a</sup>
CF (F)	10.7 <sup>a</sup>	8.9 <sup>a</sup>	8.4 <sup>a</sup>	8.3 <sup>a</sup>	11.0 <sup>a</sup>	9.1 <sup>a</sup>	9.4 <sup>a</sup>

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

\*The same as Table 2.

#### (v) 試管乾物消化率之變化

各處理狼尾草試管乾物消化率 (IVDMD) 之變化, 第 1 次收割時平均為 76.1~78.5% 之間, 第 2 次收割時平均為 74.8~76.0% 之間, 第 3 次收割時平均為 68.8~70.0% 之間, 第 4 次收割時平均為 73.0~73.9% 之間, 第 5 次收割時平均為 72.0~74.0% 之間, 第 6 次收割時平均為 71.3~72.6% 之間。全年共收割 6 次 A、B、C、D、E 及 F 處理之 IVDMD 總平均分別為 73.3%、73.2%、73.6%、73.1%、73.6%、及 73.0%, 各處理之間無顯著差異 ( $P > 0.05$ )。

#### (vi) 牧草生長季節對品質之影響

本試驗狼尾草由於每週施灌廢水 2 次, 牧草生長不受乾旱影響, 全年可正常在 1、3、5、7、9 及 11 月份, 大約每隔 2 個月收割 1 次, 惟狼尾草生長發育受到氣溫變化影響, 生長期在 12 ~ 3 月份冬季的第 1、2 割次之鮮草產量明顯降低。由圖 6, 狼尾草植體中粗蛋白質含量, 發現在盛夏生長 9 月份收割的粗蛋白質含量最低, 9 月份以後氣候逐漸涼爽, 隨後割次的粗蛋白質含量逐漸升高, 至 3 月份的第 2 割次達到最高點, 全年 6 割次之粗蛋白質含量以牧草生育期在 1~5 月份之第 2、3 割次最高, 生育期在 8~10 月份之第 5、6 割次最低, 季節間粗蛋白質含量有顯著差異 ( $P < 0.05$ )。水溶性碳水化合物含量以 9 月份之第 5 割次最高, 5 月份之第 3 割次最低, 與其他割次比較有顯著差異 ( $P < 0.05$ ), 藉此結果可利用 8~9 月份狼尾草盛產期, 大量調製為青貯草, 在適當青貯水份調整狀況下, 勢可調製成優良品質青貯草。另由圖 7, 狼尾草植體中 ADF 含量, 以 1、3 月份涼季所收割時最低、品質最佳, 隨著氣溫升高、ADF 含量亦隨之增加, 到 7 月份熱季達到高峰, 然後隨割次而緩降, 1、3 月份涼季與 7 月份熱季間之 ADF 含量有顯著差異 ( $P < 0.05$ ), 此結果與陳等 (1997)

指出盤固草酸洗纖維含量，季節間以夏季最高，冬季最低相符。植體中 NDF 含量變化，以 1 月份的第 1 次收割時最低、品質最佳，5 月份的第 3 次收割時含量最高，1 月份與 5 月份收割之 NDF 含量有顯著差異 ( $P < 0.05$ )，但其含量變化不如 ADF 含量明顯受季節影響。IVDMD 變化以 1 月份的第 1 次收割時最高、消化率最佳，5 月份的第 3 次收割時消化率最低，1 月份與 5 月份收割之 IVDMD 之間有顯著差異 ( $P < 0.05$ )，但其變化與 NDF 含量類似，受季節變化的影響較不明顯。

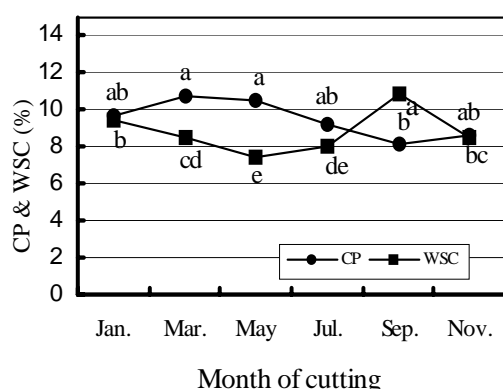


圖 6. 不同收割月份對植體粗蛋白質及水溶性碳水化合物含量之變化。

Fig.6. The changes of crude protein and water soluble carbohydrate contents in different harvesting season.

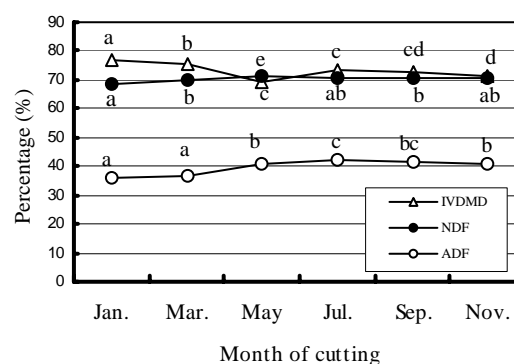


圖 7. 不同收割月份對植體中洗纖維、酸洗纖維含量及乾物試管消化率之變化。

Fig.7. The changes of NDF, ADF and IVDMD in different harvesting season.

#### (vii) 狼尾草植體中巨量及微量元素含量變化

各處理狼尾草植體中磷含量平均為 1.2~1.3% 之間。鉀含量平均為 2.0~2.2% 之間。鈣含量平均為 0.5~0.6% 之間。鎂含量平均為 0.3%。銅含量平均為 5.3~5.6 mg/kg 之間及鋅含量平均為 20.2~21.8 mg/kg 之間，上列巨量及微量元素含量各處理間無顯著差異 ( $P > 0.05$ )。試驗期間所有施灌廢水試區土壤之有效性磷、鉀含量均比施化學肥料區稍高，但由結果顯示，植體中巨量及微量元素含量變化，並無因施灌廢水而有顯著變化。

## 結論與建議

在台灣一般養牛場廢水處理流程採用三段式處理模式為主，經固液分離及厭氣處理後之廢水，回收利用施灌於狼尾草牧草地，經本試驗結果其效益顯著。在砂質壤土試驗地依所獲結果估計，一公頃狼尾草地全年可消納 19,500 噸厭氣處理後廢水或相當於 250 頭乳牛全年所產生的廢水量、每公頃狼尾草地具相當於 450 公斤氮肥負荷量。每公頃狼尾草地每週施灌廢水 2 次、每次廢水量約 180 噸的狀況下，於冬季乾旱期間在試區 2 公尺深的土層，完全沒有滲漏水排出，而在夏天雨季才有滲漏水排出，在 2 公尺深土層所收集滲漏水中硝酸態氮含量平均仍低於 10 mg/L 的地下水飲用標準，因此、狼尾草地適當施灌厭氣處理後廢水並不會產生硝酸態氮超量，而污染地下水水質問題。又施灌厭氣處理廢水的狼尾草全年鮮草產量，高於每公頃一年施用 400 公斤氮素的化學肥料，可完全節省牧草生產所需肥料費用支出，牧草品質也優於施用化學肥料處理區。總言之、養牛場狼尾草地施灌厭氣處理後廢水，不但可改良土質，對地下水水質並不造成污染，且以資源回收利用方式獲得高產量及高品質的芻料，對酪農生產及環境保護效益卓著。

## 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影響。畜產研究 33 (4)：352~361。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。1994。環境檢測方法彙編 pp.：02-002-01、02-025-01、02-028-01。台北。
- 行政院環境保護署。2001。土壤及地下水污染整治法施行細則。90.10.17 (90) 環署水字第 00646442 號令。台北。
- 張淑賢。1995。有機資材利用之試驗研究現況與展望。台灣省農業試驗所特刊第 50 號。pp.1~14。
- 張定偉、陳建富。2000。牛羊糞堆肥施用盤固草地對產量及品質之影響。畜產研究 33 (3)：225~233。
- 陳嘉昇、成游貴、黃耀興、張溪泉、陳文。1997。盤固草酸洗纖維、中洗纖維及出粗蛋白質影響因素之探討：季節、地區與基因型之相對效應。畜產研究 30 (3)：237~249。
- 陳嘉昇、王紓愍、顏素芬、成游貴。2000。盤固草品系水溶性碳水化合物與植體緩衝能力變異性之探討。畜產研究 33 (3)：252~262。
- 盧啓信。1990。牧草青貯調製。台灣牧草研究研討會專集。pp.153~158。畜產試驗所。新化，台灣。
- 謝昭賢、洪嘉謨、洪國源、許福星、陳碧慧。1997。施用牛糞對盤固草地土壤理化性質之影響。畜產研究 30 (4)：359~409。
- 謝昭賢。1999。豬場處理廢水對盤固草土柱滲漏水質之影響：(1) 總氮、氨態氮及硝酸態氮。畜產研究 32 (3)：243~253。
- 嚴式清。1988。畜牧廢棄物在有機農業之利用。有機農業研討會報告。台中區農業試驗改良場。彰化。台灣。
- A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 14 ed. Washington DC. pp.125~142.
- Beauchamp, A. E. 1983. Response of corn to nitrogen in preplant and sidedress application of liquid cattle manure. Can. J. Soil Sci. 63：377~386.
- Comford, S. D., P. P. Mottavalli, K. A. Killing and J. C. Converse.1987. Soil profile N, P, and K changes from injected liquid dairy manure or broadcast fertilizer. Trans. ASAE 30:1364~1369.
- Jokela, W. E. 1992. Nitrogen fertilizer and dairy manure effects on corn yield and soil nitrate. Soil Sci. Soc. Am. J. 56：148~154.
- Kimball, J. M., R. J. Bartlett, J. L. McIntosh and K. E. Varney. 1972. Fate of nitrate from manure and inorganic nitrogen in a clay soil cropped to continuous corn. J. Environ. Qual. 1：413~415.
- Klausner, S. D. and R. W. Gest. 1981. Influence of  $\text{NH}_3$  conservation from dairy manure on the yield of corn. Agron. J. 73：720~723.
- Morris, D. L. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with dry-wood's anthrone reagent. Science 107：254~255.
- 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 I. E. Moser. American Society of Agronomy, Inc. Madison, pp. 828~868.
- USEPA. 1975. National interim primary drinking water standards. Federal Register.40：59, 556~59, 588.
- van Soest, P. J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to



forages. J. Animal Sci. 26 : 119~128.

Xie, R. J. and A. F. Mackenzie. 1986. Urea and manure effects on soil nitrogen and corn dry matter yields. Soil Sci. Soc. Am. J. 50 : 1504~1509.

# Effects on Yield and Quality of Napiergrass and Soil Characteristics Applied Cattle Farm Wastewater<sup>(1)</sup>

Ting-Woei Chang<sup>(2)</sup>

Received : Apr. 11, 2002 ; Accepted : Jun. 20, 2002

## Abstract

This experiment was conducted to investigate the yield of Napiergrass and the soil characteristics of the field irrigated with wastewater of cattle farm during the years of 2000~2001. Napiergrass TLRI No. 2 was planted on a culture pot (200 × 70 × 200 cm) with an infiltration tube attached at the bottom to collect the effluents at 2-meter depth of the soil profile. Six treatments were designed as follows according to the category and quantity of wastewater applied : (A) untreated wastewater, 6,500 m<sup>3</sup>/ha/year (≅200 kg · N/ha/y) , (B) untreated wastewater, 13,000 m<sup>3</sup>/ha/year (≅400 kg · N/ha/y) , (C) untreated wastewater, 19,500 m<sup>3</sup>/ha/year (≅600 kg N/ha/yr), (D) anaerobic treated wastewater, 13,000 m<sup>3</sup>/ha/year (≅300 kg N/ha/yr), (E) anaerobic wastewater, 19,500 m<sup>3</sup>/ha/year (≅450 kg N/ha/yr) and (F) chemical fertilizer, 2,000 kg/ha/year (N : P : K = 400 kg : 100 kg : 200 kg) serving as control. The results showed that the content of organic matter tended to increase, while the contents of the available phosphorus and exchangeable potassium were significantly higher in the soil of the field applied with wastewater than that applied with chemical fertilizer. The pH value of the soil effluents varied among wastewater treatments with the range of 7.5~8.3. The electric conductivity of the soil effluents in all wastewater treatments ranged 0.1~0.7 dS/m, which was under the maximum level of 0.75 dS/m required in irrigation water. The annual average concentration of nitrate-nitrogen of the effluents in the all treatments ranged 2.2 ~ 3.7 mg/L without any significant difference among the treatments being observed. The average yield of fresh Napiergrass in the treatments of A, B, C, D, E and F were 368, 462, 485, 413, 517 and 408 mt/ha/year respectively. Irrigation of 19,500 m<sup>3</sup>/ha/year (≅450 kg N/ha/yr) of anaerobic treated wastewater significantly yield more fresh grass weight than application of chemical fertilizer. The crude protein contents of grass in the treatments of A, B, C, D, E and F were 9.5%, 10.0%, 10.2%, 9.4%, 9.5% and 8.9% respectively, with the values in treatments B and C were significantly higher than that in treatment F. The NDF and ADF contents of grass were not significantly different among the treatments. The WSC content and IVDMD of grass ranged 8.6%~9.4% and 73.0%~73.6% respectively.

Key words: Cattle farm wastewater, Napiergrass (*Pennisetum purpureum*, Napiergrass TLRI No.2), Characteristics of soil and effluent.

(1) Contribution No. 1112 from Taiwan Livestock Research Institute, Council of Agriculture.

(2) Heng Chun Branch Institute, COA-TLRI, Ping-Tung, Taiwan, R.O.C.