

長期施用牛糞及豬糞堆肥後殘餘效應對狼尾草產量、品質及土壤地力之影響⁽¹⁾

許福星^{(2) (3)} 盧啟信⁽²⁾ 洪國源⁽²⁾

收件日期：96年11月7日；接受日期：97年3月19日

摘要

本試驗研究的目的乃在探討狼尾草 (*Pennisetum purpureum* Schum.) 地經長期施用牛糞及豬糞堆肥後，殘餘效應對狼尾草產量、品質及土壤地力之影響。試驗的方法是在經過長達 7 年施用牛糞及豬糞堆肥之狼尾草試區，經施用化學肥料一年後，再恢復施用牛糞及豬糞堆肥。第一年的殘餘效應，原先施用牛糞及豬糞堆肥之狼尾草仍有較高的株高、鮮重及乾重產量，其殘餘效應仍會影響植體化學成分，除 K 之外，其餘仍以堆肥處理者較高，同時 $K/(Ca + Mg)$ 之比值顯著地降低。施用堆肥之殘餘效應除對 K 及 Cu 攝取外，也會增加牧草對礦物元素的攝取量。恢復施用牛糞及豬糞堆肥後，施用牛糞及豬糞堆肥處理者，植體化學成分如粗蛋白質、P、K、Ca、Mg 等均較施化肥及不施肥者為高。施用堆肥者，也會增加植體對礦物元素的攝取量。施用牛糞及豬糞堆肥，會提高土壤中 pH 值、電導度、有機質及礦物質含量，全施豬糞堆肥者，其土壤中含有最高的 Cu 及 Zn 的含量。由以上可知，狼尾草地經長期施用牛糞及豬糞堆肥後，其殘餘效應確有改善土壤地力的效果，唯需加強追蹤土壤 Cu 及 Zn 之累積。

關鍵詞：狼尾草、堆肥、牧草產量、牧草品質、土壤地力、殘餘效應。

緒言

國內畜牧產業的發展，畜禽飼養頭數隨之增加，其排泄物也被認為可能會對環境造成污染。而近年來，國人對環境保護及生態的維持，也更為重視，在產業發展與環境保護兩者間之爭議，有時也是一件難以拿捏的問題。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第1431號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所飼料作物組。

(3) 通訊作者，E-mail：fhhsu@mail.tlri.gov.tw.

以禽畜排泄物長期施用於牧草地，不但可減少化學肥料的施用，且能維持牧草生產力及改善土壤理化性質（許及洪，1991；謝等，1997 a 及 b；許等，1999；洪等，2000；Hsu *et al.*, 2005）。Hsu *et al.*（2005）指出盤固草地施用不同種類及數量禽畜堆肥後，對牧草中礦物元素的攝取量有很大的影響；McLaughlin *et al.*（2004）報告，以豬糞尿液澆灌熱帶牧草後，不同牧草品種對豬糞尿液中養分的攝取也有不同的表現。許等（2007）指稱盤固草地經長期施用牛糞及豬糞堆肥後，其殘餘效應仍會影響牧草的產量、化學成分及土壤的肥力。本研究的目的，乃在探討狼尾草地經長期施用牛糞及豬糞堆肥後的殘餘效應，以供禽畜堆肥在牧草地施用的參考。

材料與方法

以狼尾草台畜草二號為試驗區，經過長達 7 年（1990 ~ 1997 年）的牛糞及豬糞堆肥施用試驗後（各處理的施肥量如下所列），即停止施用堆肥一年，於 1998 年各處理區均施用化學肥料，包括尿素、過磷酸鈣及氯化鉀等，施用量為每公頃 N 920 kg、 P_2O_5 144 kg 及 K_2O 450 kg，以探討狼尾草地經長期牛糞及豬糞堆肥施用後的殘餘效應，於 1999 年又恢復原來各試區的施肥處理如下（每年每公頃施用量）：

1. 不施肥區。
2. 化學肥料包括尿素、過磷酸鈣及氯化鉀等，施用量分別含 N 920 kg、 P_2O_5 144 kg 及 K_2O 450 kg。
3. 全施牛糞，約 N 920 kg（乾牛糞堆肥 62 mt）。
4. 化學肥料 N 460 kg、 P_2O_5 144 kg 及 K_2O 450 kg 加牛糞約含 N 460 kg（乾牛糞堆肥 31 mt），總 N 量約 920 kg。
5. 全施豬糞，約含 N 920 kg（乾豬糞堆肥 28 mt）。
6. 化學肥料 N 460 kg、 P_2O_5 144 kg 及 K_2O 450 kg 加豬糞約含 N 460 kg（乾豬糞堆肥 14 mt），總 N 量約 920 kg。

田間試區排列採逢機完全區集設計，重複 4 次，小區面積為 $5 \times 7 \text{ m}^2$ 。施化學肥料及化學肥料加堆肥處理者，其化學肥料中磷肥之全量、1/4 氮和 1/2 鉀肥等當基肥，或每年春雨時施用，其餘氮肥於每次收割後施 1/4，1/2 鉀肥於每年第 3 次收割後當追肥施用，全施牛、豬糞處理者每年 1/2 量當基肥，其餘 1/2 量分三次割後當追肥施用。收割時調查葉尖高、最上葉領高度，1998 年 4 月 29 日至 2003 年 8 月 22 日止共收割 14 次，其中第 1 年各處理均施用化學肥料，收割 3 次。牛糞及豬糞堆肥分別於三個不同日期取樣測定其 pH 值、電導度、有機質、總氮、鉀、鈣、鎂、銅及鋅等含量，植體粗蛋白質以總氮 $\times 6.25$ 來估算。土壤則測定 pH 值、電導度、有機質、總氮、有效性磷、鉀、銅及鋅等含量。試驗期間總共土壤分析 2 次，植體分析 5 次，其中 1998 年取樣者分別單獨表示，其餘則以各次取樣的分析成分之平均值來表示。植體礦物元素的攝取量，為乾物量乘以各元素的化學成分來估算。

化學分析方法如下：

I. 土壤（Page *et al.*, 1982）：

- (i) pH：1：1（土壤：水）震盪 30 分鐘，以玻璃電極測定。
- (ii) 電導度：飽和抽出液以電導度計測之。
- (iii) 有機質：以燃燒法測定（Ben-Dor and Banin, 1989）。
- (iv) 總氮量：以濃 H_2SO_4 及 H_2O_2 酸解至澄清後，取部分酸液以 Kjeldahl 蒸餾法測定（Walf, 1982；Bremner and Mulvaney, 1982）。

(v) 有效性磷：以 Modified Bray's No.1 方法抽取，以鉬藍法比色測定。

(vi) 有效性鉀、鈣及鎂：以 1 N neutral NH_4OAc (1:10) 抽取，以原子吸光儀測定。

(vii) 有效性銅：以 0.1 N HCl (1:10) 抽取，以原子吸光儀測定。

(viii) 有效性鋅：以 0.1 N HCl (1:10) 抽取，以原子吸光儀測定。

II. 植體前處理 (Walf, 1982) :

(i) 總氮：以濃 H_2SO_4 及 H_2O_2 酸解至澄清後，取部份酸液以 Kjeldahl 蒸餾法測定 (Bremner and Mulvaney, 1982)。

(ii) 磷：取部分酸解液，經適度稀釋後以鉬藍法比色測定。

(iii) 鉀、鈣、鎂、銅、鋅：取部份酸解液，經適度稀釋後以原子吸光儀測定。

III. 堆肥：

(i) pH：1:5 (堆肥：水) 震盪 30 分鐘，以玻璃電極測定。

(ii) 電導度：1:5 (堆肥：水) 抽出液，以電導度計測定。

(iii) 有機質：以燃燒法測定 (Ben-Dor and Banin, 1989)。

(iv) 全氮、磷、鉀、鈣、鎂、銅、鋅：以濃 H_2SO_4 及 H_2O_2 酸解後至澄清，取部份酸解液以 Kjeldahl 測定全氮，磷以鉬藍法比色測定，鉀、鈣、鎂、銅、鋅以原子吸光儀測定 (Walf, 1982)。

結果與討論

於 1998 年全部的試區處理均改施化學肥料外，於 1999 年至 2003 年四年期間各處理所施用的牛糞及豬糞堆肥化學成分如表 1 所示。由表 1 可知，豬糞所含成分除鉀外，其餘各項測定的成分，如電導度、有機質、總氮、磷、鈣、鎂、銅及鋅等，均較牛糞堆肥為高，尤其以銅及鋅的含量均比牛糞者高出很多。

表 1. 豬糞及牛糞堆肥化學成分[§]

Table 1. Chemical compositions of hog and cattle manures[§]

Manure	pH	Electric conductivity	Organic matter	Total						
				N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn
		dS/m	-----	%				----- mg/kg -----		
Hog	5.64	6.30	62.4	3.25	2.71	1.32	1.75	0.66	147.6	575.7
Cattle	6.44	5.67	53.7	1.75	1.84	1.94	1.00	0.57	41.5	219.0

[§] Averaged values of 3 analyses sampled at different dates.

狼尾草於長期施用牛糞及豬糞堆肥後，在第一年改施化學肥料處理後，其殘餘效應對狼尾草株高、鮮重及乾重產量仍顯著高於化肥及未施肥者（表 2），若恢復施用牛糞及豬糞堆肥後，狼尾草之株高及產量均較施用化學肥料者為高或者與其相近（表 3），顯示牛糞及豬糞堆肥可替代全部化肥或部份化肥，提供牧草生長所需養分，以維持其生產力。

表 2. 長期施用牛糞及豬糞堆肥後殘餘效應對狼尾草農藝性狀及產量之影響

Table 2. Residual effects of cattle and hog manures on agronomic traits and forage yield of napiergrass after receiving long term of manure application

Treatment	Plant height [§]		Leaf number	Stem diameter	Leaf/stem	Fresh weight [#]	Dry weight [#]
	Toppest leaf collar	Leaf tip					
	----- cm -----		no./ plant	mm		----- Mg/ha -----	
No fertilizer (0)	92.8 ^{c*}	189.7 ^c	5.9 ^b	11.8 ^c	0.71 ^a	107.9 ^c	20.5 ^b
Chemical fertilizer (1)	123.8 ^b	234.2 ^b	6.8 ^c	13.0 ^b	0.65 ^{ab}	151.9 ^b	25.6 ^{ab}
Cattle manure (1)	143.3 ^a	255.7 ^a	7.7 ^{ab}	13.4 ^{ab}	0.59 ^b	190.7 ^a	30.9 ^a
Cattle manure (1/2) + Chemical fertilizer(1/2)	142.0 ^a	256.2 ^a	8.0 ^a	13.6 ^a	0.61 ^b	190.6 ^a	30.3 ^a
Hog manure (1)	133.6 ^{ab}	248.5 ^a	7.3 ^b	12.9 ^b	0.64 ^b	198.0 ^a	31.4 ^a
Hog manure (1/2) + Chemical fertilizer(1/2)	138.6 ^a	255.3 ^a	7.3 ^b	13.7 ^a	0.61 ^b	179.1 ^a	27.7 ^a

* Means with the same letter in the same column are not significantly different at 5% level by MRT.

[§] Averaged values of 3 harvests in 1998.[#] Annual yields in 1998.

表 3. 牛糞及豬糞堆肥對狼尾草農藝性狀及產量之影響

Table 3. Effects of cattle and hog manures on agronomic traits and forage yield of napiergrass

Treatment	Plant height [§]		Leaf number	Stem diameter	Leaf/stem	Fresh weight [#]	Dry weight [#]
	Toppest leaf collar	Leaf tip					
	----- cm -----		no./ plant	mm		----- Mg/ha -----	
No fertilizer (0)	135.5 ^{b*}	223.4 ^b	8.7 ^{ab}	11.6 ^c	0.51 ^a	87.5 ^b	21.8 ^b
Chemical fertilizer (1)	171.4 ^a	265.9 ^a	8.6 ^{ab}	12.1 ^a	0.42 ^b	117.6 ^a	29.6 ^a
Cattle manure (1)	178.7 ^a	273.9 ^a	9.0 ^a	12.1 ^a	0.42 ^b	141.4 ^a	35.1 ^a
Cattle manure (1/2) + Chemical fertilizer(1/2)	175.5 ^a	272.9 ^a	8.5 ^{ab}	12.0 ^a	0.41 ^b	129.3 ^a	32.5 ^a
Hog manure (1)	172.2 ^a	268.5 ^a	8.3 ^b	11.7 ^{bc}	0.42 ^b	135.6 ^a	34.7 ^a
Hog manure (1/2) + Chemical fertilizer(1/2)	178.0 ^a	272.9 ^a	8.3 ^b	11.8 ^{abc}	0.41 ^b	121.2 ^a	30.8 ^a

* Means with the same letter in the same column are not significantly different at 5% level by MRT.

[§] Averaged values of 11 harvests from 1999 to 2003.[#] Averaged annual yields of 4 years.

牛糞及豬糞堆肥殘餘效應對狼尾草植體化學成分的影響列於表 4，由表 4 可知，在停止施用堆肥改施化學肥料，第一年期間狼尾草植體成分除 K 之外，仍以堆肥處理者含量較高，同時 K/（Ca+Mg）之比值在施用牛糞及豬糞堆肥者顯著地降低。而且都小於 2.2，因為牧草的 K/（Ca+Mg）之比值若大於 2.2，動物將會發生草瘰癧（grass tetany）的症狀，嚴重時會造成死亡（許，1986）。

表 4. 長期施用牛糞及豬糞堆肥後殘餘效應對狼尾草植體化學成分之影響[§]

Table 4. Residual effects of cattle and hog manures on chemical compositions of napiergrass after receiving long term of manure application[§]

Treatment	Crude protein	P	K	Ca	Mg	$\frac{K}{Ca+Mg}$	Cu	Zn
	----- % -----						----- mg/kg -----	
No fertilizer (0)	4.72 ^{a*}	0.23 ^b	1.13 ^a	0.25 ^{ab}	0.33 ^{ab}	1.95 ^b	6.04 ^a	45.3 ^{bc}
Chemical fertilizer (1)	4.61 ^a	0.24 ^b	0.96 ^{ab}	0.20 ^b	0.22 ^c	2.30 ^a	5.00 ^b	42.9 ^c
Cattle manure (1)	5.33 ^a	0.37 ^a	0.67 ^c	0.22 ^b	0.36 ^a	1.21 ^d	4.79 ^{bc}	44.6 ^{bc}
Cattle manure (1/2) + Chemical fertilizer(1/2)	5.90 ^a	0.39 ^a	0.78 ^{bc}	0.28 ^a	0.35 ^a	1.25 ^d	4.17 ^{bc}	64.6 ^a
Hog manure (1)	5.33 ^a	0.33 ^a	0.83 ^{bc}	0.22 ^b	0.30 ^{ab}	1.59 ^c	3.96 ^{cd}	50.4 ^{bc}
Hog manure (1/2) + Chemical fertilizer(1/2)	5.30 ^a	0.37 ^a	0.81 ^{bc}	0.23 ^b	0.28 ^b	1.60 ^c	3.12 ^d	54.6 ^{ab}

* Means with the same letter in the same column are not significantly different at 5% level by MRT.

§ Samples taken for chemical analysis in 1998.

全施牛糞及豬糞堆肥之後，狼尾草植體的粗蛋白質、磷、鎂及鋅等的含量均較高，施用豬糞及牛糞堆肥的處理，其銅及鋅的含量比施化肥及未施肥者較高（表5），該等結果與洪等（2000）所報告者相同。Jahns & Shipka（2004）指出，泌乳牛可忍受的銅及鋅最高量分別為 100 及 500 ppm。雖然植體中 Cu 及 Zn 的含量因施用豬糞堆肥而顯著地增加，但仍在可接受最大量的安全範圍以內（Jahns and Shipka, 2004）。

表 5. 牛糞及豬糞堆肥對狼尾草植體化學成分之影響[§]

Table 5. Effects of cattle and hog manures on chemical compositions of napiergrass[§]

Treatment	Crude protein	P	K	Ca	Mg	$\frac{K}{Ca+Mg}$	Cu	Zn
	----- % -----						----- mg/kg -----	
No fertilizer (0)	4.26 ^{c*}	1.22 ^c	0.87 ^a	0.12 ^a	0.26 ^a	2.39 ^b	6.39 ^c	29.9 ^c
Chemical fertilizer (1)	4.88 ^{bc}	1.26 ^{bc}	0.99 ^a	0.11 ^a	0.17 ^c	3.85 ^a	7.05 ^{bc}	31.2 ^c
Cattle manure (1)	4.91 ^{bc}	1.40 ^a	0.94 ^a	0.11 ^a	0.26 ^a	2.45 ^b	7.62 ^b	45.7 ^{ab}
Cattle manure (1/2) + Chemical fertilizer(1/2)	4.88 ^{bc}	1.29 ^b	0.99 ^a	0.11 ^b	0.21 ^a	3.43 ^a	7.64 ^b	42.0 ^b
Hog manure (1)	5.75 ^a	1.40 ^a	0.92 ^a	0.14 ^a	0.25 ^a	2.43 ^b	7.81 ^b	51.1 ^a
Hog manure (1/2) + Chemical fertilizer(1/2)	5.15 ^{ab}	1.27 ^{bc}	1.00 ^a	0.12 ^a	0.20 ^b	3.27 ^a	9.61 ^{ab}	45.1 ^{ab}

* Means with the same letter in the same column are not significantly different at 5% level by MRT.

§ Averaged values of 4 analyses sampled at different dates from 1999 to 2003.

經過長期施用牛糞及豬糞堆肥後，其殘餘效應仍可看出，施用牛糞或豬糞堆肥者，狼尾草對N、P、Ca、Mg及Zn等礦物元素之攝取量，仍然比施用化學肥料及未施肥者顯著地增加（表6），而對K及Cu之攝取量則無顯著性差異。由此可知，長期施用堆肥後，其殘餘效應對土壤肥力仍有顯著影響，進而影響植株對礦物元素的攝取量。

表 6. 長期施用牛糞及豬糞堆肥後殘餘效應對狼尾草礦物元素攝取量之影響[§]

Table 6. Residual effects of cattle and hog manures on mineral uptakes of napiergrass after receiving long term of manure application[§]

Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn
	----- kg/ha -----				----- g/ha -----		
No fertilizer (0)	154.4 ^{c*}	46.1 ^b	231.4 ^a	50.8 ^c	67.6 ^{cd}	123.8 ^a	926.6 ^d
Chemical fertilizer (1)	188.4 ^{bc}	62.2 ^b	245.2 ^a	52.0 ^c	55.8 ^d	128.0 ^a	1098.6 ^{cd}
Cattle manure (1)	263.0 ^a	113.6 ^a	206.9 ^a	67.3 ^b	110.5 ^a	148.0 ^a	1376.1 ^{bc}
Cattle manure (1/2) + Chemical fertilizer(1/2)	286.5 ^a	116.8 ^a	236.7 ^a	85.0 ^a	105.6 ^a	126.4 ^a	1959.5 ^a
Hog manure (1)	267.3 ^a	104.6 ^a	259.3 ^a	69.1 ^b	94.3 ^{ab}	124.4 ^a	1584.5 ^b
Hog manure (1/2) + Chemical fertilizer(1/2)	234.8 ^{ab}	102.0 ^a	225.4 ^a	63.8 ^b	78.4 ^{bc}	86.6 ^a	1512.7 ^b

* Means with the same letter in the same column are not significantly different at 5% level by MRT.

§ Annual uptakes in 1998.

經過一年化肥之施用，再恢復各種堆肥處理後，狼尾草礦物元素的攝取量除鉀外，均隨著牛糞及豬糞堆肥之施用而增加（表7），全施牛糞及豬糞堆肥處理均有較高的礦物元素攝取量，可見增加堆肥之施用，有助於提高狼尾草對礦物元素的攝取量，若部份化肥由堆肥取代，則礦物元素的攝取量與全施化肥者相近，但比未施肥者為高。

表 7. 牛糞及豬糞堆肥對狼尾草礦物元素攝取量之影響[§]

Table 7. Effects of cattle and hog manures on mineral uptakes of napiergrass after receiving long term of manure application[§]

Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn
	----- kg/ha -----						
No fertilizer (0)	574.1 ^{c*}	936.4 ^c	800.9 ^b	100.0 ^c	225.8 ^{cd}	0.49 ^c	2.75 ^c
Chemical fertilizer (1)	888.2 ^b	1297.0 ^b	1236.3 ^a	144.8 ^b	216.0 ^d	0.78 ^b	3.86 ^c
Cattle manure (1)	1083.4 ^{bc}	1729.9 ^a	1286.1 ^a	171.1 ^{ab}	377.1 ^a	1.00 ^a	6.34 ^{ab}
Cattle manure (1/2) + Chemical fertilizer(1/2)	1009.0 ^b	1474.9 ^{ab}	1271.3 ^a	163.1 ^b	289.8 ^{bc}	0.96 ^{ab}	5.87 ^{ab}
Hog manure (1)	1243.4 ^a	1711.5 ^a	1329.1 ^a	201.3 ^a	345.3 ^{ab}	1.01 ^a	7.05 ^a
Hog manure (1/2) + Chemical fertilizer(1/2)	1000.9 ^b	1396.6 ^{ab}	1289.4 ^a	155.3 ^b	259.4 ^{cd}	1.11 ^a	5.65 ^b

* Means with the same letter in the same column are not significantly different at 5% level by MRT.

§ Total uptakes of 11 harvests from 1999 to 2003.

試區土壤試驗種植前土壤成分分析如下：pH 值 5.6、總 N 0.054%、有效性 P、K、Ca、Mg 及 Cu 等分別為 10.41、25.12、701.7、79.0 及 1.21 ppm（洪等，2000）。狼尾草經施用牛糞及豬糞堆肥後，其土壤中的 pH 值仍均比施用化肥及未施肥者顯著提高（表 8），顯示施用堆肥有助於防止土壤酸化的效果，電導度、有機質、N、P、K、Ca、Mg、Cu 及 Zn 等礦物元素均因堆肥之施用而增加，尤其全施豬糞堆肥者土壤中 Cu 及 Zn 等含量，均顯著地大於其他處理者。許等（2007）也指出，盤固草經過長達 7 年施用牛糞及豬糞堆肥之後，其殘餘效應亦顯示原先施用牛糞及豬糞堆肥者，仍有較高的株高及鮮重產量，且對礦物元素的攝取量也有影響，同時殘餘效應也顯示施用堆肥會提高土壤 pH 值、電導度、有機質、N、P、K、及 Mg 等含量。

表 8. 牛糞及豬糞堆肥對狼尾草地土壤化學成分之影響[§]

Table 8. Effects of cattle and hog manures on chemical compositions of soil in napiergrass pasture[§]

Treatment	pH	Electric	Organic	Total	Available					
		conductivity	matter	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn
		dS/m	----- % -----		mg/kg -----					
No fertilizer (0)	5.74 ^{b*}	0.104 ^c	2.04 ^c	0.081 ^c	6.6 ^e	90.8 ^b	515.1 ^c	114.1 ^{bc}	0.94 ^e	3.53 ^e
Chemical fertilizer (1)	5.01 ^c	0.201 ^b	2.21 ^c	0.082 ^c	59.5 ^d	116.7 ^a	449.9 ^c	35.8 ^d	0.87 ^e	3.81 ^c
Cattle manure (1)	6.35 ^a	0.213 ^{ab}	4.62 ^a	0.182 ^a	149.7 ^b	78.2 ^c	1284.7 ^a	185.5 ^a	2.50 ^c	14.65 ^b
Cattle manure (1/2)+ Chemical fertilizer(1/2)	5.68 ^b	0.165 ^b	3.46 ^b	0.171 ^b	124.4 ^c	94.4 ^{abc}	878.1 ^b	121.1 ^{bc}	1.78 ^d	7.01 ^c
Hog manure (1)	6.15 ^a	0.259 ^a	4.49 ^a	0.220 ^a	229.7 ^a	85.2 ^c	1217.1 ^a	141.5 ^b	5.47 ^a	38.15 ^a
Hog manure (1/2)+ Chemical fertilizer(1/2)	5.58 ^b	0.211 ^{ab}	3.56 ^b	0.181 ^{ab}	231.8 ^a	110.4 ^{ab}	842.4 ^b	121.1 ^{bc}	3.90 ^b	21.62 ^b

* Means with the same letter in the same column are not significantly different at 5% level by MRT.

§ Averaged values of 2 analyses sampled at different dates.

以禽畜堆肥施用於農地，較易引起爭議者，是否會造成重金屬在土壤中累積，以致於影響作物的生長。根據本試驗結果，狼尾草經過長期牛糞及豬糞堆肥施用後，僅顯示全施豬糞處理者，土壤 Cu 及 Zn 會顯著增加，但還是在安全範圍以內（Jahns and Shipka, 2004），仍不致於在植體中累積過量的重金屬含量。Hsu & Hong（1993）報告，狼尾草於施用牛糞及豬糞 3.5 年後，土壤中各處理間的 Cu 含量則無顯著性差異。Martin *et al.*（2006）以新鮮及腐熟牛糞施用於苜蓿後經 1.5 年的試驗結果，在土壤中硝酸態 N 含量略有增加，而土壤中的電導度在試驗前後無顯著差異。

由本試驗結果及許等（2007）在盤固草長期施用牛糞及豬糞的報告，更明確地顯示以牛糞或豬糞長期施用於農田，不但能維持作物的生產力，更能改善土壤地力，對永續農業的經營是有助益的。

參考文獻

- 洪國源、許福星、盧啟信。2000。施用牛糞及豬糞堆肥對狼尾草產量、品質及土壤地力之影響。畜產研究33：84~94。
- 許福星。1986。南非之牧草生產及利用。科學農業35（1,2）：19~25。
- 許福星、洪國源。1991。厩肥對青割玉米產量與品質及土壤地力之影響。中華農學會報新154：60~68。
- 許福星、洪國源、盧啟信。1999。施用牛糞及豬糞對盤固草產量、品質及土壤地力之影響。中華農學會報新187：101~107。
- 許福星、洪國源、盧啟信。2007。長期施用牛糞及豬糞堆肥後殘餘效應對盤固草產量、品質及土壤地力之影響。畜產研究40：25~35。
- 謝昭賢、洪嘉謨、洪國源、許福星、陳碧慧。1997a。施用豬糞六年後對盤固草地土壤理化性質之影響。水土保持學報29：93~105。
- 謝昭賢、洪嘉謨、洪國源、許福星、陳碧慧。1997b。施用牛糞對盤固草地土壤理化性質之影響。畜產研究30：395~409。
- Ben-Dor, E. and A. Banin. 1989. Determination of organic matter content in arid-zone soil using a simple “lose-on-ignition” method. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 20:1675-1695.
- Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total. pp. 610-613. In : Method of Soil Analysis. Part 2, 2nd edition. Page, A. L. (ed.) American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Hsu, F. H. and K. Y. Hong. 1993. Effects of cattle and hog manures on forage yield and quality of napiergrass. Chinese Agron. J. 3:145-150。
- Hsu, F. H., K. Y. Hong and C. H. Hsieh. 2005. Effect of composts of animal wastes on forage yield and chemical compositions of pangolagrass and soil fertility. Taiwan Livestock Res. 38:65-73.
- Jahns, T. R. and M. P. Shipka. 2004. Interpreting feed analysis of Alaska forage. AFES Circular 126:1-11.
- Martin, E. C., D. C. Slack, K. A. Tanksley and B. Basso. 2006. Effect of fresh and composted dairy manure application on alfalfa yield and the environment in Arizona. Agron. J. 98:80-84。
- McLaughlin, M. R., T. E. Fairbrother and D. E. Rowe. 2004. Nutrient uptake by warm-season perennial grasses in a swine effluent spray field. Agron. J. 96:484-493。
- Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney. 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. pp.160-163. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Walf, B. 1982. A comprehensive system of leaf analyses and its use for diagnosing crop nutrient status. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 13:1035-1059.

Residual effects of cattle and hog manures on forage yield and quality of napiergrass and soil fertility after receiving long term of manure application ⁽¹⁾

Fu-Hsing Hsu ⁽²⁾ ⁽³⁾ Chin-Hsin Lu ⁽²⁾ and Kuo-Yuan Hong ⁽²⁾

Received : Nov. 7, 2007 ; Accepted : Mar. 19, 2008

Abstract

The objectives of this study were to determine the residual effects of cattle and hog manures on forage yield and quality of napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schum.) and soil fertility after receiving long term of manure application. An experimental field of napiergrass having received 7 years of cattle and hog manure application was used. The plots were applied the same amount of chemical fertilizer for the 1st year, and then received different manure applications again. The residual effects of manure application were observed in the 1st year. Plant heights and both fresh and dry weights were higher in the plots originally receiving cattle and hog manure applications. The chemical contents of the plants were higher in the plots receiving manure applications except K. In addition, the ratios of K/ (Ca+Mg) decreased significantly in the plots applied with manure. The uptakes of minerals in napiergrass were affected by the residual effects of manure application except K and Cu. After recovering to apply manures according to the treatments, the chemical contents of the plant, i.e., crude protein, P, Mg, Cu and Zn for the treatments receiving cattle and hog manures were higher than those with chemical fertilizer and no fertilizer. The uptakes of minerals in napiergrass increased in the plots receiving manure application. The values of pH and electric conductivity and the contents of organic matter and minerals increased in the soil from the plots receiving cattle and hog manure applications. The plots applied with hog manure only had the highest contents of Cu and Zn in soil. The results showed that the residual effects of long term manure application could improve soil fertility. It was suggested that the accumulated contents of Cu and Zn in soil for a long period should be further looked into.

Key words : *Pennisetum purpureum*, Manure, Forage yield, Forage quality, Soil fertility, Residual effect.

(1) Contribution No. 1431 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Division of Forage Crops, COA-LRI, Hsinhua, Tainan 712, Taiwan, ROC.

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

