

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⁽¹⁾

洪國源⁽²⁾ 許福星⁽²⁾ 盧啟信⁽²⁾

收件日期：88 年 12 月 6 日；接受日期：89 年 1 月 18 日

摘 要

家畜禽排泄物為台灣地區農業有機廢棄物主要來源之一，其中以豬、牛、雞等排泄物為大宗。本試驗目的在探討牛糞及豬糞堆肥長期施於狼尾草地後，對其產量、植體成分及土壤肥力之影響。以狼尾草台畜草 2 號為供試品種，分成不施肥、全施化肥 $N:P_2O_5:K_2O=920:144:450$ kg/ha/year、與牛糞及豬糞堆肥分別代替全施化肥中一半氮素(即 460 kg)及全部氮素(即 920 kg)等六種處理。經過 7 年連續施用結果，在施用等量氮素下，平均株高和總產量以全施牛糞堆肥及半量化肥加半量牛糞堆肥最高，全施豬糞堆肥處理較差，但仍與全施化學肥料處理間沒有顯著差異，又施用牛、豬糞堆肥可增加植體中磷、鈣、鎂、銅及鋅等含量，降低鉀/(鈣+鎂)比值。狼尾草地施用牛、豬糞堆肥後，使酸性土壤 pH 及電導度提高，增加土壤中有機質、總氮、有效性磷、交換性鈣、鎂與酸可抽出銅及鋅的含量，尤其施用豬糞堆肥使銅和鋅含量顯著增加，因豬糞中含有較多之銅或鋅；因此牛、豬糞堆肥施用於狼尾草地後，可代替化學肥料，保持或增加產量，改善品質(降低 $K/(Ca+Mg)$ 比)，及提高土壤地力。

關鍵詞：狼尾草、堆肥、牧草產量、牧草品質、土壤地力、重金屬。

緒 言

據台灣農業年報(1999)記載，國內 1998 年畜禽糞的自給肥料量為 1,098,550 公噸，其中大部分來自牛、豬、雞等糞尿排泄物，此龐大有機肥料為土壤有機質主要來源之一，唯為了家畜禽生長之需要，於飼料中添加重金屬及抗生素等，此添加之重金屬大部分隨糞尿排出，不但影響畜禽糞肥品質，且對環境造成污染，如豬隻之銅排出含量約佔攝取量之 72~79%，故含高量銅之豬糞肥可能導致土壤和植體中銅含量之增加，也使飼餵銅含量高的牧草的羊隻，其肝中銅含量增加(夏，1993)。故畜禽堆肥雖然可以增加土壤有機質含量，改良土壤物理、化學及生物性，提供作物生長所需養分，而如何防止重金屬及有毒物質等對土壤環境之污染，造成作物超量吸收，以

(1)行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 989 號。

(2)行政院農業委員會畜產試驗所飼料作物系。

致危害人、畜之安全，值得注意並防患於未然。

狼尾草(*Pennisetum purpureum*)為多年生禾本科牧草，據台灣農業年報(1999)記載，國內1998年種植面積2,880公頃，為本省目前主要栽培牧草品種之一，單位面積產量高，耗地力強，若能將禽畜堆肥施回牧草地，不但可以改善土壤質地，增進地力，維持土壤生產力，而且可以減少禽畜排泄物對環境所造成污染問題。本研究之目的在探討牛糞及豬糞堆肥施用於狼尾草地後，對狼尾草產量、品質及地力之影響，並探討施用堆肥後，在土壤及植體中是否有重金屬銅或鋅的累積，俾供禽畜堆肥施用於牧草地之參考。

材料與方法

以狼尾草台畜草2號為供試品種，田間採用逢機完全區集設計，重複4次，行距0.7 m，株距0.5 m，每小區35 m²，化學肥料種類為尿素、過磷酸鈣及氯化鉀，各處理之施用量及施肥法如下(每年每公頃之量)：

I.不施肥區

II.化學肥料 N 920 kg、P₂O₅ 144 kg及 K₂O 450 kg。

III.全施牛糞堆肥約含 N 920 kg(乾牛糞堆肥 62 mt)。

IV.化學肥料 N 460 kg、P₂O₅ 144 kg及 K₂O 450 kg加牛糞堆肥約含 N 460 kg (乾牛糞堆肥 31 mt)，總 N 約 920 kg。

V.全施豬糞堆肥約含 N 920 kg(乾豬糞堆肥 23.4 mt)。

VI.化學肥料 N 460 kg、P₂O₅ 144 kg及 K₂O 450 kg加豬糞堆肥約含 N 460 kg(乾豬糞堆肥 11.7 mt)。

施化學肥料及化學肥料加堆肥處理者，其堆肥及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，其餘氮肥於每次割後 7~10 天施用全量 1/4，而 1/2 鉀肥於每年第 3 次收割後當追肥和氮肥一起施用，全施牛、豬糞堆肥處理者，每年 1/2 量當基肥，其餘 1/2 量分三次於割後 7~10 天當追肥施用。

植株 1991 年 1 月 28 日種植於台南縣新化鎮，以全施化學肥料處理(對照組)最上葉領高達 150 cm 左右時收割，收割時每小區秤量鮮重外，隨機取 10 支，調查最上葉領及葉尖高度、葉數及離地面 50 cm 高之莖徑，將莖、葉分開後置於 80℃ 烘箱中烘乾，計算葉/莖比及乾物率，每區調查中間固定一行叢數及分蘗數。種植前土壤取樣測定 pH 值、總氮、有效性磷、鉀、鈣、鎂和銅等含量。牛、豬糞堆肥亦於收集後測定 pH 值、有機質、總氮、磷、鉀、鈣、鎂和銅等含量。試驗期間前 4 年每年於收割時將土壤及植體各取樣一次(1991~1994)，後 3 年每年取樣 2 次(1995~1997)，共取樣 10 次，測定土壤中 pH、有機質、電導度、總氮和有效性磷、鉀、鈣、鎂、銅及鋅等含量，分析植體中粗蛋白質(以氮含量×6.25 估算)、磷、鉀、鈣、鎂、銅和鋅等含量。

其化學分析方法如下：

I.土壤分析方法：

(i)pH：土壤與蒸餾水以 1：1 混合，震盪 30 分鐘後，以玻璃電極測之。

(ii)電導度：飽和抽出液以電導度計測之。

(iii)有機質：採用 Walkley-Black 氧化法測定(Nelson and Sommer, 1985)。

(iv)總氮量：以濃 H₂SO₄ 及 H₂O₂ 酸解後至澄清，取部份酸解液以 Kjeldahl 蒸餾法測定。

(v)有效性磷：先以 Brays No.1 法抽取，再以苜藍法比色測定(Olsen and Dean, 1965)。

(vi)有效性鉀、鈣及鎂：利用 1 N 中性 NH₄ OAc 以 1：10 比例抽取，震盪 30 分鐘後，以

Adventec No. 1 濾紙過濾，再以原子吸光儀測定(Thomas, 1985)。

(vii)酸可抽出性銅及鋅：利用 0.1 N HCl 以 1:10 比例抽取，震盪 30 分鐘後，以 Adventec No. 1 濾紙過濾，再以原子吸光儀測定(Baker *et al.*, 1985)。

II. 植體分析方法：

(i)總氮：以濃 H_2SO_4 及 H_2O_2 酸解至澄清後，取部份酸解液，以 Kjeldahl 蒸餾法測定。

(ii)磷：取部份酸解液，經適度稀釋後以苜藍法測定。

(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. 堆肥分析方法：

(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)抽出液以導電度計測定。

(iii)有機質：燃燒法測定。

(iv)全氮、磷、鉀、鈣、鎂、銅、鋅：以濃 H_2SO_4 及 H_2O_2 酸解至澄清後，取部份酸解液以 Kjeldahl 法測定全氮，磷以鉬藍法測定，鉀、鈣、鎂、銅及鋅以原子吸光儀測定。

結果與討論

試驗區種植前土壤分析結果如表 1，該試區土壤為砂壤土，pH 值 5.6，屬於酸性土壤，且氮、磷、鉀等含量低，故地力貧瘠。試驗期間所施用牛、豬糞堆肥成分如表 2，由表中可知豬糞堆肥所含成分除鉀和鎂外，其餘有機質、總氮、磷、鈣及銅等均比牛糞堆肥含量高，尤其豬糞堆

表 1. 試驗種植前土壤成分分析

Table 1. The soil chemical compositions of the experimental plot before trial

Soil texture	pH	Total N	Available				
			P	K	Ca	Mg	Cu
		%	$\mu\text{ g/g}$				
Sandy loam	5.6	0.054	10.41	25.12	701.7	79.0	1.21

表 2. 牛糞及豬糞堆肥化學成分

Table 2. The chemical compositions of cattle and hog manures

Manure	Sampling date	pH	Organic matter	Total N	%				$\mu\text{ g/g}$
					P	K	Ca	Mg	
Cattle	1994. 7. 9	7.62	44.2	1.48	0.80	0.98	0.16	0.46	30.8
	1996. 3.22	7.19	42.5	1.65	0.96	0.87	4.00	1.04	-
Hog	1994. 7. 9	6.32	70.5	3.94	2.50	0.62	2.35	0.45	283.0
	1996. 3.22	6.24	66.6	3.50	4.20	0.47	5.33	1.98	-

肥中銅的含量比牛糞堆肥中所含高達 9 倍之多；而 1994 年 7 月所取樣豬糞堆肥中銅之含量為 283 $\mu\text{g/g}$ 。連與李(1994)曾收集市售 71 種豬、雞糞堆肥中，分析結果豬糞堆肥中銅成分為 6~301 mg/kg ，平均為 101 mg/kg ，本試驗所採用之豬糞銅含量比其平均值高 2.8 倍，也比肥料要覽(1997)規定，一般堆肥(包括牛、豬糞堆肥)暫訂銅含量上限 0.01% (100 mg/kg) 還高。堆肥中銅含量高之原因，主要係飼料中銅之添加，因此如何降低豬飼料銅含量，改進養豬生產效益，以節省豬生產所需攝食飼料量(徐，1993)，降低豬糞堆肥中銅之含量。同時兩次取樣測定結果，牛糞堆肥 pH 值分別為 7.62 及 7.19，皆比豬糞堆肥所測 pH 值 6.32 和 6.24 為高。

由 1991 年 1 月 28 日種植至 1997 年 10 月 22 日共收割 27 次，經過 27 次性狀與產量調查及 10 次之土壤與植體取樣分析結果分述如下：

I. 牛、豬糞堆肥對狼尾草之農藝性狀及產量的影響

經過收割 27 次之農藝性狀調查平均結果由表 3 可知，不施肥區其株高、每叢分蘗數、每枝鮮葉數及 50 cm 高之莖徑等均比施肥處理差，但是葉/莖比則較施肥區高，其葉/莖比高，可能是由於不施肥區，地力貧瘠，植株發育不良，植株矮小，莖細，枯葉較少所致。而相同氮素量處理之間，其每叢分蘗數、50 cm 高之莖徑及葉/莖比等，則無論全施牛、豬糞堆肥或半量化學肥料加半量堆肥處理，與對照化學肥料處理間沒有顯著差異；唯全施牛糞堆肥及半量化學肥料加半量牛糞堆肥等兩處理之葉領高、葉尖高和每支鮮葉數等均比其他處理組顯著增加，就葉尖高而言，比化學肥料同量氮素之對照組高出 20 cm。

產量調查結果如表 4 可知，由 1991~1997 年間之每年或 7 年之總產量而言，不施肥區乾物產量均比施肥區顯著減少；而全施牛、豬糞堆肥或半量化學肥料加半量堆肥處理，單位面積之鮮、乾草產量與化學肥料處理沒有顯著差異，且第二年起全施牛糞堆肥區或半量化學肥料加半量牛糞堆肥處理，其鮮、乾草產量比施用化肥對照組有增產之趨勢，就生育期 7 年之總鮮、乾草產量統計，全施牛糞堆肥處理分別為 1,715 mt 及 327 mt ，半量化學肥料加半量牛糞堆肥處理分別為 1,716 mt 及 327 mt ，兩者比對照化學肥料處理鮮草 1,423 mt 及乾草 267 mt 分別增加 20 及 22% 之鮮草及乾草產量，Dyke *et al.* (1976) 的試驗結果亦指出，施用有機肥加施部份化學 N 肥，作物產量

表 3. 牛糞及豬糞堆肥對狼尾草農藝性狀之影響

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

Treatment	Plant height		Leaf number	Tiller number	Stem diameter	Leaf/stem
	Leaf collar	Leaf tip				
	cm		no./plant	no./clone	mm	
No fertilizer(0)	112.5 ^c	204.6 ^d	8.1 ^d	9.3 ^b	12.3 ^c	0.63 ^a
Chemical fertilizer(1)	153.6 ^b	255.6 ^{bc}	8.3 ^{cd}	11.9 ^a	13.0 ^{ab}	0.54 ^b
Cattle manure (1)	170.9 ^a	275.7 ^a	9.0 ^a	12.5 ^a	13.3 ^a	0.51 ^{bc}
Cattle manure(1/2)+ Chemical fertilizer(1/2)	170.6 ^a	274.5 ^a	8.8 ^{ab}	12.8 ^a	13.3 ^a	0.50 ^c
Hog manure(1)	148.5 ^b	248.7 ^c	8.4 ^{cd}	12.7 ^a	12.7 ^{bc}	0.54 ^b
Hog manure(1/2) + Chemical fertilizer(1/2)	164.2 ^{ab}	267.8 ^{ab}	8.5 ^{bc}	11.7 ^a	13.3 ^a	0.51 ^{bc}

a, b, c, d: Means with the same letter in the same column are not significantly different at 5% level.

表 4. 牛糞及豬糞堆肥對狼尾草乾物產量之影響

Table 4. Effects of cattle and hog manures on dry matter yield of napiergrass

Treatment	Year							Total
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
	mt/ha							
No fertilizer(0)	21.9 ^c	24.5 ^c	21.9 ^c	17.7 ^c	29.1 ^b	18.9 ^b	29.0 ^b	153.0 ^c
Chemical fertilizer(1)	38.5 ^a	43.4 ^{ab}	41.1 ^b	31.0 ^b	48.0 ^{ab}	32.3 ^a	45.1 ^a	266.7 ^{ab}
Cattle manure (1)	35.2 ^{ab}	50.4 ^a	50.8 ^a	43.8 ^a	56.8 ^a	45.1 ^a	56.9 ^a	327.2 ^a
Cattle manure(1/2)+ Chemical fertilizer(1/2)	38.7 ^a	52.6 ^a	51.6 ^a	36.9 ^{ab}	59.2 ^a	44.1 ^a	57.0 ^a	327.1 ^a
Hog manure(1)	29.8 ^b	39.8 ^b	39.7 ^b	36.1 ^{ab}	34.1 ^b	32.9 ^a	47.7 ^a	245.2 ^b
Hog manure(1/2) + Chemical fertilizer(1/2)	37.8 ^a	45.4 ^{ab}	46.5 ^{ab}	32.5 ^b	56.7 ^a	40.3 ^a	52.0 ^a	299.7 ^{ab}

a, b, c: Means with the same letter in the same column are not significantly different at 5% level.

較單純施用化學肥料為高。由表3 及 4 得知各處理之產量高低乃受株高之影響最大，這和梁(1982)報告指出，狼尾草之產量主要受株高之影響相似，故全施牛糞堆肥或半量化學肥料加半量牛糞堆肥等兩處理，其株高和產量表現最好；許等（1999）指出在盤固草也得到類似的結果。

II. 牛、豬糞堆肥對狼尾草植體成分之影響

試驗期間經 10 次植體取樣分析平均結果如表 5，即狼尾草植體中粗蛋白質含量於未施肥區比施肥區低，而施肥區在等量之氮素用量下，各處理間沒有顯著差異，平均為 6.28%，此結果與在一定範圍內狼尾草植體中粗蛋白質含量隨著施氮量之增加而增加相同(梁，1982；洪，1987)；磷

表 5. 牛糞及豬糞堆肥對狼尾草植體成分之影響 *

Table 5. Effects of cattle and hog manures on the chemical compositions of napiergrass*

Treatment	Crude protein	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn
	%			μ g/g			
No fertilizer(0)	5.60 ^b	0.48 ^b	0.84 ^c	0.25 ^c	0.46 ^a	6.76 ^c	25.78 ^b
Chemical fertilizer(1)	6.47 ^a	0.41 ^c	1.04 ^a	0.26 ^{bc}	0.31 ^d	6.69 ^c	22.75 ^b
Cattle manure (1)	6.02 ^{ab}	0.62 ^a	0.95 ^{ab}	0.27 ^{abc}	0.39 ^b	7.38 ^{bc}	32.68 ^a
Cattle manure(1/2)+ Chemical fertilizer(1/2)	6.04 ^{ab}	0.51 ^b	1.02 ^a	0.29 ^{ab}	0.35 ^c	8.19 ^{ab}	26.28 ^b
Hog manure(1)	6.43 ^a	0.60 ^a	0.72 ^d	0.30 ^a	0.45 ^a	7.89 ^{ab}	34.30 ^a
Hog manure(1/2) + Chemical fertilizer(1/2)	6.42 ^a	0.53 ^b	0.87 ^{bc}	0.30 ^a	0.35 ^c	8.66 ^a	32.13 ^a

* Averaged values of 10 analyses sampled at different dates.

a, b, c Means with the same letter in the same column are not significantly different at 5% level.

在植體中的含量因牛、豬糞堆肥施用而顯著增加，以全施牛、豬糞堆肥處理 0.62 及 0.60% 最高，對照化學肥料處理 0.41% 最低，此結果係牛、豬糞堆肥中磷之含量較高所致，因此施用含磷較高堆肥植體中磷之含量亦隨著提高（盧及許，1984；Hsu and Hong, 1993；許等，1999）。

鉀在植體中含量則以對照化學肥料組與施用牛糞堆肥之全量及半量化學肥料等三種處理最高，Hsu and Hong (1993) 亦指出，施用牛糞堆肥，植體中鉀之含量，有較顯著增加現象；至於鈣與鎂在狼尾草植體中的含量，皆因牛、豬糞堆肥中含有較高量的鈣及鎂，所以施用牛、豬糞堆肥之處理均比全施化學肥料之對照組顯著的增加，以全施豬糞堆肥處理之鈣 0.30%、鎂 0.45% 最多；且植體中鈣與鎂的含量恰隨著鉀素之增加而減少，尤其以鎂之含量與鉀含量兩者形成拮抗作用最明顯（許，1986；洪，1987；洪及許，1993；洪等，1996）；由於施用豬、牛糞堆肥使狼尾草植體中鈣和鎂含量顯著增加，故其植體中鉀/(鈣+鎂)之比值，隨著豬、牛糞堆肥用量之增加而降低，以全施豬糞堆肥組 0.96 最低，其次為半量化學肥料加半量豬糞堆肥 1.34，全施牛糞堆肥 1.44，半量化學肥料加半量牛糞堆肥 1.59，以全施化學肥料處理因未施鎂肥為最高 1.82；但其比值皆未超過 2.2 以上，否則對家畜生理產生不良影響（許，1986）。

狼尾草植體中銅和鋅之含量如表 5 所示，施用牛、豬糞堆肥之各處理均比不施肥區或施用全化學肥料處理有顯著增加之現象，而其含量均介於肥料要覽(1997)記載，作物含銅量為乾物中 5~20 ppm、鋅為 25~100 ppm 之間。雖然如此，因堆肥長期施用會使植體中銅和鋅的含量增加，故對於堆肥中銅和鋅等重金屬含量進行品質管制有其必要。

III. 牛、豬糞堆肥對狼尾草地化學成分之影響

試驗結束後土壤成分分析結果如表 6 所示，由表中可知，對照化學肥料施肥區 pH 值顯著降低使土壤產生酸化現象，全施牛、豬糞堆肥處理區則 pH 明顯提高，半量化學肥料加半量牛、豬糞堆肥處理則與不施肥區沒有差異，故牛、豬糞堆肥之施用可使酸性土壤之 pH 值提高，而以牛

表 6. 牛糞及豬糞堆肥對狼尾草地土壤化學成分之影響 *

Table 6. Effects of cattle and hog manures on soil chemical compositions of napiergrass plots*

Treatment	pH	Organic	Electric	Total	Available					
		matter	conductivity	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn
		%	mS/cm	%	$\mu\text{g/g}$					
No fertilizer(0)	6.59 ^{bc}	1.62 ^c	0.310 ^c	0.056 ^c	6.4 ^c	23.23 ^b	694 ^c	95.0 ^{ab}	1.09 ^d	0.58 ^d
Chemical fertilizer(1)	5.52 ^d	2.07 ^c	0.380 ^c	0.068 ^c	23.6 ^c	24.13 ^b	488 ^d	27.5 ^b	0.83 ^d	0.45 ^d
Cattle manure (1)	6.99 ^a	3.95 ^a	1.520 ^a	0.181 ^a	205.4 ^b	26.93 ^{ab}	1366 ^a	151.0 ^a	2.09 ^c	5.50 ^{bc}
Cattle manure (1/2)+Chemical fertilizer(1/2)	6.49 ^c	3.17 ^b	1.000 ^{ab}	0.140 ^b	196.9 ^b	23.98 ^b	1047 ^b	125.7 ^a	1.99 ^c	3.84 ^c
Hog manure(1)	6.83 ^{ab}	3.28 ^b	1.062 ^{ab}	0.169 ^a	293.3 ^a	25.30 ^{ab}	1185 ^{ab}	112.2 ^a	6.19 ^a	15.00 ^a
Hog manure(1/2)+ Chemical fertilizer(1/2)	6.46 ^c	2.78 ^b	0.802 ^{bc}	0.138 ^b	296.3 ^a	33.63 ^a	1005 ^b	92.5 ^{ab}	4.06 ^b	7.88 ^b

* Determined on the last sampling on October 22, 1997.

a, b, c, d: Means with the same letter in the same column are not significantly different at 5% level.

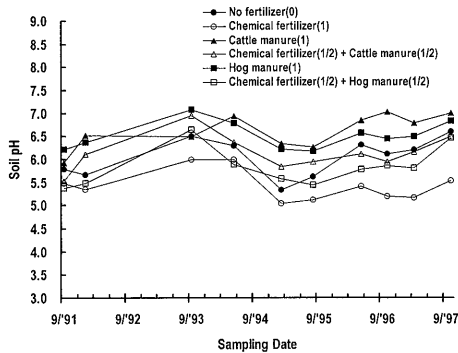


圖 1. 試驗期間土壤 pH 之變化。

Fig. 1. Changes of pH values in soil during the experimental period.

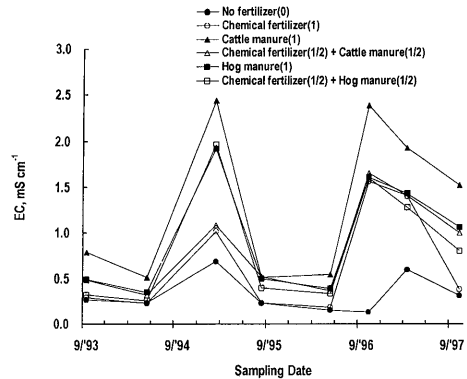


圖 2. 試驗期間土壤導電度之變化。

Fig. 2. Changes of electric conductivity (EC) in soil during the experimental period.

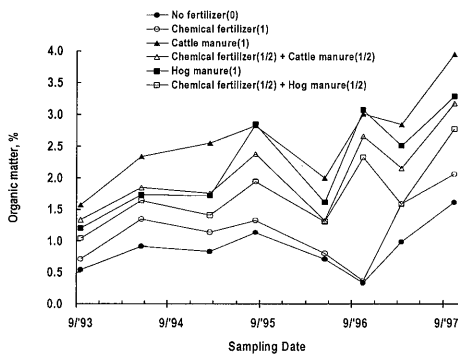


圖 3. 試驗期間土壤中有機質含量之變化。

Fig. 3. Changes of the contents of organic matter in soil during the experimental period.

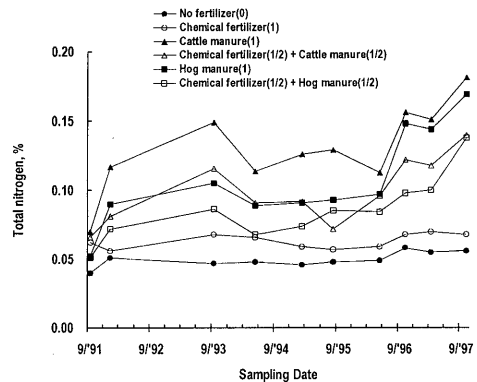


圖 4. 試驗期間土壤中全氮含量之變化。

Fig. 4. The contents of total nitrogen in soil during the experimental period.

糞堆肥效果比豬糞堆肥大，其原因可能受牛糞堆肥之 pH 值較高，且施用量較多之影響。盧及許 (1994) 之試驗亦顯示，施用豬糞污泥堆肥，可明顯改善酸性土壤之 pH。另從圖 1 試驗期間土壤 pH 值之變化，瞭解牛、豬糞堆肥施用對於土壤 pH 值之影響，從第 1 年起就顯現改善土壤酸化效果，且歷經 7 年其結果是一致的，此結果與謝等 (1992) 在玉米和大豆試區施用牛、豬和雞糞堆肥效果相同；許等 (1999) 報告在盤固草施用堆肥後也得相似的結果。

牛、豬糞堆肥施用顯著地增加土壤中有機質、總氮、有效性磷、鈣、鎂等含量，也提高土壤電導度，而鉀素含量則沒有差異 (表 6)，前者堆肥施用效果以全施牛、豬糞堆肥最大，其次為半量化學肥料加半量牛、豬糞堆肥處理，並從施用後次年就有明顯增加現象 (圖 2, 3, 4, 5, 7 及 8)，此結果係因堆肥中所含之化學成份所致，且與其他的研究報告有相似的結果 (謝等，1992；Hsu and

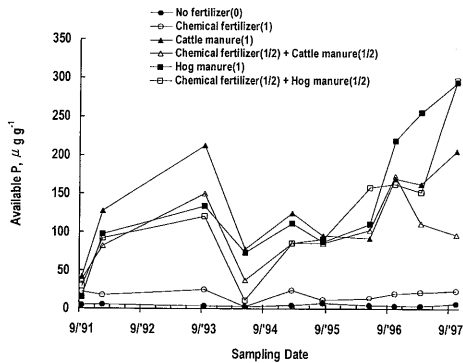


圖 5. 試驗期間土壤中有效磷含量之變化。
Fig. 5. Changes of the contents of available P in soil during the experimental period.

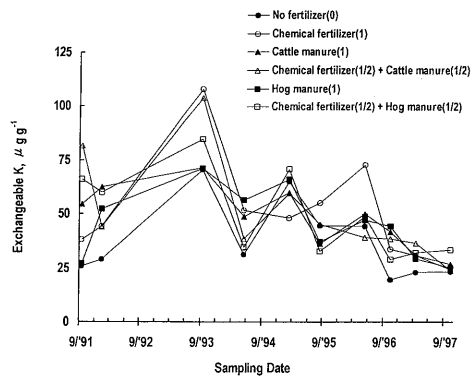


圖 6. 試驗期間土壤中交換性鉀含量之變化。
Fig. 6. Changes of the contents of exchangeable K in soil during the experimental period.

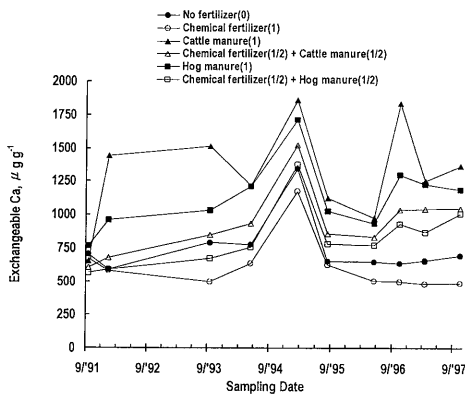


圖 7. 試驗期間土壤中交換性鈣含量之變化。
Fig. 7. Changes of the contents of exchangeable Ca in soil during the experimental period.

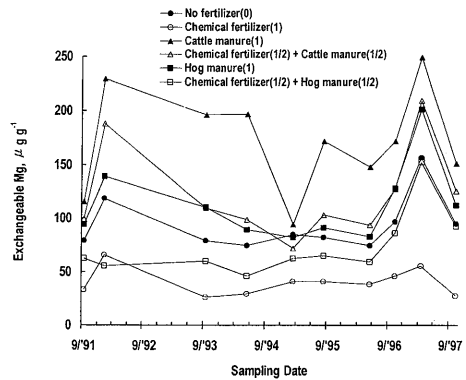


圖 8. 試驗期間土壤中交換性鎂含量之變化。
Fig. 8. Changes of the contents of exchangeable Mg in soil during the experimental period.

Hong, 1993; 盧及許, 1994; 許等, 1999)。至於土壤中交換性鈣和鎂的含量在化學肥料處理區比不施肥區為低(表 6)(圖 7 及 8), 可能由於全施化學肥料處理使土壤酸化, pH 值降低影響交換性鈣和鎂釋出, 且由於施化學肥料處理產量較不施肥區高, 植體移去較多鈣和鎂之故。

環保署於 1986 及 1990 年分別完成兩階段台灣地區農田土壤重金屬含量調查, 參考國外文獻, 考慮本土氣候環境條件, 及微量元素對作物營養需求可能造成缺乏症或毒害等因素, 暫定「台灣地區土壤重金屬含量標準與等級區分表」, 以 0.1 N HCl 抽出量, 將銅和鋅在土壤中含量分成 5 級; 銅及鋅分別為第 1 級(缺含量) < 1 及 < 1.5 ppm, 第 2 級(低含量) 1-11 及 1.6-10 ppm, 第 3 級(中含量) 12-20 及 11-25 ppm, 第 4 級(偏高) 21-100 及 26-80 ppm, 第 5 級(高含量) > 100 及 > 80 ppm, 並將第 4 及第 5 級地區, 列為土壤污染防治工作之重點地區(朱等, 1992)。本試驗經過 7 年連續施用牛、豬糞堆肥的結果, 土壤中銅和鋅的含量隨著豬、牛糞堆肥施用量增

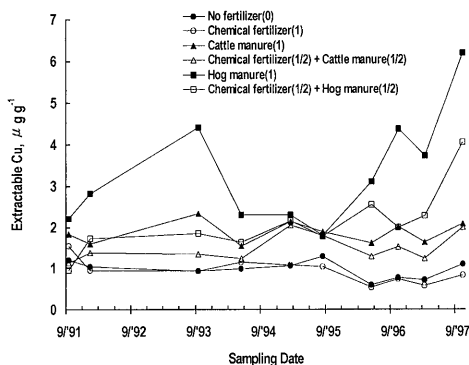


圖 9. 試驗期間土壤中酸可抽出性銅含量之變化。

Fig. 9. Changes of the contents of acid extractable Cu in soil during the experimental period.

加而顯著提高（表 6），以全施豬糞堆肥處理含銅 $6.19 \mu\text{g/g}$ 及鋅 $15.00 \mu\text{g/g}$ 最高，其次為半量化學肥料加半量豬糞堆肥處理銅 $4.06 \mu\text{g/g}$ 及鋅 $7.88 \mu\text{g/g}$ ，再次為牛糞堆肥處理，以化學肥料區和無施肥區最低，且施用豬糞堆肥比牛糞堆肥明顯增加，乃因豬糞堆肥中含有較高之銅和鋅之故（表 2）（謝等，1992；夏，1993）。由圖 9 試驗期間土壤中酸可抽出性銅的含量，從第 1 年起全施豬糞堆肥處理就使土壤中銅的含量明顯的增加，第 2 年起牛糞堆肥施用就比施用化學肥料區和無施肥區明顯增加。上述銅和鋅係以 0.1 N HCl 抽出之銅和鋅在土壤中的含量，除全施豬糞堆肥處理中鋅含量達環保署暫定標準第 3 級（中含量）外，其餘銅和鋅在土壤中含量為第 2 級（低含量），雖然未達環保署暫訂第 4 級（偏高）以上，但是施用牛、豬糞堆肥確使土壤中銅和鋅的含量顯著增加，因此對於禽畜排泄物製作堆肥之品質應該嚴格管制，並做合理審慎施用，以免造成土壤之二次污染。

總之，牛、豬糞堆肥含有豐富植物生長所需養分，施用於狼尾草地後，不但可以替代化學肥料提高產量和改善品質（降低鉀 /（鈣 + 鎂）），提高酸性土壤 pH 值，阻止土壤酸化現象，增加土壤中有機質、總氮和礦物元素含量，以提高土壤肥力，而其他學者的研究均有類似結果（許及洪，1991；謝等，1992；Hsu and Hong，1993；許等，1999）。唯豬、牛糞堆肥中含有較多重金屬銅和鋅，尤其豬糞堆肥含量更高，故施用後使狼尾草地含量增加，且狼尾草植體中也有增加現象；Baker（1974）指出，綿羊對銅含量高之飼料頗為敏感，報告顯示飼料及牧草中銅濃度超過 20 ppm 即有毒害。因此應該有效管制飼料中重金屬添加，嚴格監控堆肥中重金屬含量，並做合理施用，以免造成土壤或植體遭受二次污染。目前很多長期之田間試驗中顯示，由於堆肥或污泥施用得當，土壤及作物中的重金屬會累積，但仍不致於在永續農業生產制度下，影響土壤品質、降低土壤肥力及作物因吸收重金屬而影響其品質（陳，1994）。

參考文獻

台灣農業年報。1999。台灣省政府農林廳編印。

朱海鵬、章莉菁、吳文娟。1992。台灣地區土壤重金屬含量現況之分析及探討。第三屆土壤污染防治研討會論文集；pp. 1~14。國立中興大學土壤系編印。

肥料要覽。1997。台灣省政府農林廳印行。

- 洪國源。1987。氮與鉀肥用量對於狼尾草產量及品質之影響。畜產研究 20 (1) : 55~65。
- 洪國源、許福星。1993。施肥量對矮性狼尾草產量及品質之影響。畜產研究 26 (3) : 237~250。
- 洪國源、許福星、盧啟信。1996。氮與鉀肥用量對半矮性狼尾草產量、化學成分及土壤肥力之影響。畜產研究 29 (3) : 245~256。
- 徐阿里。1993。從營養的觀點來降低豬排泄銅量。畜禽飼料銅鋅之添加對環保之影響論文集 pp. 25~36。台灣省畜產試驗所編印。
- 夏良宙。1993。豬隻飼料中添加硫酸銅作為生長促進劑之利弊。畜禽飼料銅鋅之添加對環保之影響論文集。pp. 10~24。台灣省畜產試驗所編印。
- 連深、李豔琪。1994。有機質肥料之重金屬含量及「肥料規格之有關規範」。土壤與肥料污染研討會論文集。pp.158~173。中華土壤肥料學會編印。
- 梁金灶。1982。家畜排泄物對狼尾草生產及土壤肥力與化學性質之影響 I.對產量及品質之影響。中華農學會報(新) 119 : 64~74。
- 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。廐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。
- 陳尊賢。1994。長期施用含重金屬之堆肥或污泥對土壤品質及作物吸收之影響。養豬業環保研討會論文集。pp. 74~93。台灣省畜產試驗所編印。
- 盧啟信、許福星。1997。豬糞尿污泥施用於土壤後氮的揮發作用及碳的礦質化作用。畜產研究 30 (4) : 311~320。
- 謝順景、謝慶芳、林景如、徐國男。1992。長期施用家畜禽排泄物堆肥對土壤及作物之影響。農業資材對環境之影響研討會論文集, pp. 179~194。中華生質能源學會、國立台灣大學農業化學系編印。
- Baker, D. E. 1974. Copper : soil, water, plant relationships. Ecological problems of high level nutrient feeding. Fed. Proc. 33 : 1188~1193.
- Baker, D. E. and C. A. Michael. 1985. Nickel, Copper and Cadmium pp. 323~334. Page, A. L. (ed.) Method of soil analysis. Part 2. 2nd edition. American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin.
- Dyke, G. V., H. D. Patterson and T. W. Barnes. 1976. The Woburn longterm experiments on green manure, 1936-1967; Results with barley. Rothamsted Annu. Rep. 2 : 119~151.
- 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.
- Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1985. Total carbon, organic carbon and organic matter. pp 570~571. In: Page, A. L. (ed) Method of soil analysis part 2. 2nd edition. American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin.
- Olsen, S. R. and L. A. Dean. 1965. Phosphorus. pp. 1035~1048. In: Black, C. A. (ed.) Method of soil analysis. Part 2. American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin.
- Smith, J. L., R. R. Schnabel, B. L. McNeal and G. S. Cambell. 1980. Potential errors in the first order model for estimating soil nitrogen mineralization potentials. Soil. Sci. Soc. Am. J. 44 : 996~1000.
- Thomas, G. W. 1985. Exchangeable cation. pp. 1159~1165. In: Page, A. L. (ed.) Method of soil analysis. Part 2. 2nd edition. American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin.

Effects of Cattle and Hog Manures on Forage Yield and Quality of Napiergrass and Soil Fertility⁽¹⁾

Kuo-Yuan Hong⁽²⁾, Fu-Hsing Hsu⁽²⁾ and Chi-Hsin Lu⁽²⁾

Received Dec. 6, 1999; Accepted Jan. 18, 2000

Abstract

Animal wastes are the major sources of organic fertilizer in agriculture. Most of them come from the wastes of hog, cattle and chicken. The objectives of the study were to determine the effects of cattle and hog manures on forage yield, chemical compositions of napiergrass (*Pennisetum purpureum*) and soil fertility for long term application. Napiergrass CV. Taishi No. 2 was applied with 6 different fertilizers, i.e., no fertilizer, chemical fertilizer applied with N : P₂O₅ : K₂O = 920 : 144 : 450 kg/ha/year, all cattle or hog manure equivalent to N 920 kg/ha, and one half of N replaced by cattle or hog manure. Seven years after application, the plant height and total forage yield for the plot applied with cattle manure only and those for the plot with one half of N replaced by cattle manure were the highest among treatments. The plot with hog manure only showed no difference from which received chemical fertilizer only. The contents of P, Ca, Mg, Cu and Zn in the plants were increased and the ratio of K/(Ca + Mg) was decreased when the plots were applied with cattle and hog manures. The pH values and the electric conductivity were increased in soil. The contents of organic matter, total N, available P, exchangeable Ca and Mg, extractable Cu and Zn were increased in soil after applying with cattle and hog manures. Both contents of Cu and Zn were significantly increased in soil when hog manure rich in Cu and Zn was applied. The results showed that chemical fertilizer could be replaced by cattle or hog manure to maintain forage production and improve forage quality and soil fertility.

Key words : *Pennisetum purpureum*, Manure, Forage yield, Forage quality, Soil fertility, Heavy metal.

(1)Contribution No. 989 from Taiwan Livestock Research Institute, Council of Agriculture.
(2)Dept. of Forage Crops, COA-TLRI, Hsinhua, Tainan, Taiwan, R.O.C.