

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⁽¹⁾

許福星^{(2) (3)} 洪國源⁽²⁾ 盧啟信⁽²⁾

收件日期：95年10月18日；接受日期：96年2月25日

摘要

本試驗研究的目的乃在探討盤固草 (*Digitaria decumbens* Stent.) 地經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。試驗的方法是在經過長達7年施用牛糞及豬糞堆肥之盤固草試區，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者仍有較高的株高及鮮重產量，乾物產量則除未施肥者較低外，其餘各處理間沒有顯著性差異。長期施用牛糞及豬糞堆肥後，其殘餘效應仍會影響各處理對礦物元素的攝取量，N素以全施豬糞者最高，Ca及Mg則以全施牛糞及豬糞堆肥者較高，P及K之攝取量在各處理間均無顯著性差異，Cu除未施肥者較低外，其他各處理間無顯著性差異，Zn則以全施豬糞堆肥者最高，其次為豬糞+化肥者，其他各處理之間無顯著性差異。在第一年的殘餘效應中，施用堆肥者其土壤pH值仍比施化肥及未施肥者為高，且其電導度、有機質、N、P、K、Ca及Mg等含量均比施化肥及未施肥者為高，至於Cu及Zn的含量，施用堆肥者不一定比施化肥及不施肥者為高。恢復施用牛糞及豬糞堆肥後，施用牛糞及豬糞堆肥處理者，其產量及植體化學成分如P、K、Ca、Mg等均較施化肥及不施肥者為高，施豬糞堆肥區，植體中Cu及Zn含量乃最高。施用牛糞及豬糞堆肥，其礦物元素P、K、Ca及Mg等之攝取量均顯著大於全施化肥及未施肥者，Cu之攝取量以施豬糞+化肥者最高，而Zn的攝取量以全施豬糞者最高，其次為施豬糞+化肥者。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，其土壤則含有最高的Cu及Zn的含量。由以上可知，盤固草地經長期施用牛糞及豬糞堆肥後，其殘餘效應確有改善地力的效果，對農業永續經營是有助益的，唯需加強追蹤土壤Cu及Zn之累積效應。

關鍵詞：盤固草、堆肥、牧草產量、牧草品質、土壤地力、殘餘效應。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第1352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。

緒言

隨著畜牧產業的發展，國內畜禽飼養頭數也逐漸增加，排泄物也可能對環境造成污染，同時由於國人環保意識的高漲，對整個生活圈的環境保護及生態的維持也益形受到國人的重視，因此在產業與環保均得兼顧的情況下，禽畜排泄物的處理及利用乃是一項刻不容緩的課題。

禽畜排泄物在牧草地的利用，近年來也有多位學者指出，全施禽畜堆肥或堆肥取代部份化學肥料施用於牧草地，其牧草生產力得以維持，甚至於提高牧草產量，同時土壤理化性質及地力均獲得改善（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）則指出，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。牧草地經過長期施用牛糞及豬糞堆肥後，其殘留的養分對後續作物的生長效果尚缺少相關的資料。本試驗研究的目的，乃在探討盤固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

以盤固草A254 (*Digitaria decumbens* Stent.) 為試驗區，經過長達7年（1990~1997年）的牛糞及豬糞堆肥施用後，即停止施用堆肥一年，於1998年各處理區均施用化學肥料，施用量為每公頃N 400 kg、P₂O₅ 144 kg及K₂O 150 kg，以探討盤固草地經長期牛糞及豬糞堆肥施用後的殘餘效應。於1999年開始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N 400 kg、P₂O₅ 144 kg及K₂O 150 kg。
3. 全施牛糞，約含N 400 kg（乾牛糞堆肥27 mt）。
4. 化學肥料N 200 kg、P₂O₅ 144 kg及K₂O 150 kg加牛糞約含N 200 kg（乾牛糞堆肥13.5 mt），總N量約400 kg。
5. 全施豬糞，約含N 400 kg（乾豬糞堆肥12.2 mt）。
6. 化學肥料N 200 kg、P₂O₅ 144 kg及K₂O 150 kg加豬糞約含N 200 kg（乾豬糞堆肥5.1 mt），總N量約400 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5×6 m²。施化學肥料及化學肥料加堆肥處理，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。收割時調查自然草高及產草量，1998年3月4日至2003年10月17日止共收割18次，其中第1年各處理均施用化學肥料，收割5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×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4次，植體分析6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，取部分酸液以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：取部分酸解液，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，以導電度計測定。
- (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，取部分酸解液以Kjeldahl測定全氮、磷以鉬藍法比色測定，鉀、鈣、鎂、銅及鋅等以原子吸光儀測定 (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.

表2所列者為1998年施用化學肥料期間所收割的盤固草產量及株高，由表2可知，試區經過7年的牛糞及豬糞堆肥處理後，其殘餘效應在株高及鮮重的資料，仍可見以堆肥處理者均較以化學處理者為高，在堆肥處理間則無顯著性差異，乾物產量在各處理之間均無顯著性差異。

表3所列者為1999至2003年期間施用堆肥處理後的株高及產量，由表3可知，株高除不施肥處理者較低外，其餘各處理間無顯著性差異。而鮮重及乾重則以牛糞或豬糞堆肥分別取代一半化學肥料之處理較高，不過，除不施肥區較低外，其他各處理間均無顯著性差異。此與許等（1999）的報告略有不同，渠等指出株高及乾物產量均以全施牛糞及牛糞加化肥者較高，其次為豬糞加化肥，再次為全施豬糞及全施化肥者，此可能堆肥的肥效須經較長期的施用才能有較顯著的差異表現。

植體化學成分經五次取樣的樣品分析結果平均列如表4，由表4可知，粗蛋質含量以豬糞堆肥施用者最高，其餘礦物質含量如P、K、Ca、Mg等也都以堆肥處理者較施化肥及不施肥處理者為高。施用牛糞及豬糞堆肥者，其鈣及鎂的含量均隨著增加，故 $K/(Ca+Mg)$ 之比也隨著堆肥之施用而降低，若放牧動物所吃的牧草，其 $K/(Ca+Mg)$ 大於2.2動物將會有草瘰癧（grass tetany）的症狀出現，嚴重時會造成死亡（許，1986），施用牛糞及豬糞堆肥，似乎有助於降低 $K/(Ca+Mg)$ 之效果。植體中Cu及Zn的含量以施用豬糞堆肥者為最高，因豬糞堆肥含有較高的Cu及Zn（表1），以致於植體中Cu及Zn的含量也會增加，許等（1999）與Hsu *et al.*（2005）在盤固草及洪等（2000）在狼尾草也有相同的報導。雖然植體中Cu及Zn的含量因施用豬糞堆肥而顯著地增加，但仍在可接受大量的安全範圍以內，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。

表 2. 牛糞及豬糞堆肥殘餘效應對盤固草株高及產量之影響

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

Treatment	Plant height [§]	Fresh weight [#]	Dry weight [#]
	cm	————— Mg/ha/year —————	
No fertilizer (0)	48.8 ^{b*}	69.6 ^b	20.7 ^b
Chemical fertilizer (1)	52.3 ^b	79.5 ^{ab}	22.9 ^a
Cattle manure (1)	60.0 ^a	87.8 ^{ab}	23.3 ^a
Cattle manure (1/2)+Chemical fertilizer(1/2)	58.7 ^a	89.6 ^{ab}	21.7 ^a
Hog manure (1)	64.8 ^a	97.4 ^a	23.9 ^a
Hog manure (1/2)+Chemical fertilizer(1/2)	60.9 ^a	86.5 ^{ab}	21.7 ^a

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

[§] Averaged values of 5 harvests in 1998.

[#] Annual yields in 1998.

表 3. 牛糞及豬糞堆肥對盤固草株高及產量之影響

Table 3. Effects of cattle and hog manures on plant height and forage yield of pangolagrass

Treatment	Plant height [§]	Fresh weight [#]	Dry weight [#]
	cm	Mg/ha/year	
No fertilizer (0)	56.3 ^{b*}	192.9 ^b	70.5 ^b
Chemical fertilizer (1)	62.4 ^b	201.1 ^{ab}	73.5 ^a
Cattle manure (1)	64.0 ^a	235.2 ^{ab}	84.9 ^a
Cattle manure (1/2)+ Chemical fertilizer(1/2)	65.9 ^a	250.1 ^{ab}	93.0 ^a
Hog manure (1)	64.3 ^a	232.3 ^{ab}	82.3 ^a
Hog manure (1/2)+ Chemical fertilizer(1/2)	64.1 ^a	254.1 ^a	92.8 ^a

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

[§] Averaged values of 13 harvests from 1999 to 2003.[#] Total yields of 13 harvests from 1999 to 2003.表 4. 牛糞及豬糞堆肥對盤固草植體化學成分之影響[§]Table 4. Effects of cattle and hog manures on chemical compositions of pangolagrass[§]

Treatment	Crude protein	P	K	Ca	Mg	$\frac{K}{Ca+Mg}$	Cu	Zn
		%					mg/kg	
No fertilizer (0)	5.77 ^{b*}	1.18 ^d	0.74 ^a	0.19 ^b	0.15 ^d	2.57 ^a	9.03 ^d	51.3 ^c
Chemical fertilizer (1)	5.57 ^b	1.24 ^c	0.78 ^a	0.20 ^b	0.11 ^c	2.74 ^a	10.02 ^{cd}	55.4 ^c
Cattle manure (1)	5.77 ^b	1.30 ^b	0.85 ^a	0.37 ^a	0.22 ^{ab}	1.81 ^c	10.48 ^c	63.0 ^{bc}
Cattle manure (1/2)+ Chemical fertilizer(1/2)	5.68 ^b	1.31 ^b	0.85 ^a	0.26 ^{ab}	0.17 ^{cd}	2.19 ^b	11.80 ^b	50.5 ^c
Hog manure (1)	7.88 ^a	1.36 ^a	0.76 ^a	0.39 ^a	0.24 ^a	1.31 ^d	11.97 ^{ab}	108.1 ^a
Hog manure (1/2)+ Chemical fertilizer(1/2)	6.31 ^b	1.32 ^{ab}	0.77 ^a	0.27 ^{ab}	0.20 ^{bc}	1.80 ^c	13.10 ^a	80.1 ^b

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

[§] Averaged values of 5 analyses sampled at different dates between 1999 and 2003.

長期施用牛糞及豬糞堆肥後，第一年改施化肥，各處理試區所攝取的礦物元素列於表5，由表5可知，N素以全施豬糞堆肥者最高，未施肥者最低，其他各處理間均無顯著性差異，P及K兩元素的攝取量在各處理間均無顯著差異，Ca及Mg則以全施牛糞及豬糞堆肥者較高，以全施化肥及不施肥者最低。至於Cu除未施肥處理較低外，其他各處理間則無顯著性差異；Zn則以全施豬糞堆肥者最高，其次為豬糞＋化肥處理者，其他各處理間Zn的攝取量則無顯著性差異。可見長期施用牛糞及豬糞堆肥後，其殘餘效應仍會影響各處理對礦物元素的攝取量，表示經長期施用堆肥後，其所留存在土壤中的礦物元素，對作物的生長仍扮演一些影響。

若將1999至2003年之間的礦物元素攝取量統計分析結果（表6）得悉，施用牛糞及豬糞堆肥的處理，其礦物元素的攝取量均顯著大於全施化肥及未施肥處理，N素的攝取量以全施豬糞堆肥者最高，而P及K之攝取量在有施堆肥處理者之間均無顯著性差異，但仍大於全施化肥及未施肥者；Ca則以全施牛糞及豬糞堆肥者最高，而Mg在有施堆肥者之間無顯著性差異。Cu的攝取量則以施豬糞＋化肥者最高，全施豬糞者反而較低。探討其原因，乃由於全施豬糞堆肥者，其乾物產量較低所致（表3），故Cu總攝取量則較低。至於Zn的攝取量則以全施豬糞者最高，其次為豬糞＋化肥處理者，全施牛糞及牛糞＋化肥者再次之，而以全施化肥及未施肥者最低。Hsu *et al.*（2005）也指出盤固草地施用禽畜堆肥之後，對N、P、K、Ca、Mg、Cu及Zn的攝取量均比施用化肥者為高，而且隨著堆肥施用量的增加而增加。由此可知，堆肥之施用確實會影響到牧草的生長及礦物元素的攝取量。

表7所列者為1998年各處理均施用化學肥料後，所測定的土壤化學成分，由表7可知，土壤pH值仍以有施牛糞或豬糞堆肥者為高，而施化肥及不施肥者較低，可見土壤pH值經過一年之後，仍顯示施用堆肥者有改善土壤酸化的效果。施用堆肥處理者土壤電導度、有機質、氮及礦物質含量P、K、Ca、Mg等也均比施化肥及不施肥者為高，故施用堆肥的殘餘效應在土壤中是存在的，可見施用堆肥確能改善土壤地力的效果。至於Cu及Zn的含量，施用堆肥者不一定比施化肥及不施肥者為高，尤其施用豬糞堆肥者其Cu及Zn的含量與施化肥及不施肥者相近，也許土壤中因施用堆肥所增加的Cu及Zn，經過一年的淋洗之後已大為減少。

盤固草經恢復依各處理試區施用堆肥處理後，土壤化學成分列於表8，表8可知，pH值以全施牛糞及豬糞者最高，而以施化肥及不施肥者為最低，電導度在施牛糞及豬糞堆肥處理間沒有顯著差異，但均大於全施化肥及不施肥者。有機質及總N含量均隨著施用堆肥而增加，而礦物質中，除K含量以外，Ca及Mg均因施用牛糞及豬糞堆肥而增加。至於Cu及Zn含量以全施豬糞者最高，其次為豬糞＋化肥處理者，而施牛糞堆肥者與施化肥及不施肥者，沒有顯著性差異。此等結果與過去學者所報告的相同（許及洪，1999；許等，1999；洪等，2000；Hsu *et al.*, 2005）。

長期施用禽畜排泄物於土壤中，最擔心會造成土壤中重金屬的累積或對地下水造成污染。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 PO_4^{3-} 含量在施用牛糞後則顯著增加，但其土壤滲漏液中則測不出 NO_3^{-} 或 PO_4^{3-} ，且土壤中的電導度在試驗前後無顯著差異。本試驗結果指出，長期施用牛糞及豬糞堆肥後，土壤中礦物元素及重金屬Cu及Zn均會增加，但此等含量尚不致於影響牧草之生長，進而造成牧草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含量則無顯著差異。由本試驗的結果更可獲悉，長期施用堆肥後，其殘餘效應仍繼續會影響後續牧草的生長。由此可知，以牛糞或豬糞堆肥長期施用於農田確有改善地力的效果，對農業永續經營是有助益的，唯需長期觀察土壤Cu及Zn之累積效應。

表 5. 牛糞及豬糞堆肥殘餘效應對盤固草礦物元素攝取量之影響[§]Table 5. Residue effects of cattle and hog manures on mineral uptakes of pangolagrass after receiving long term of manure application[§]

Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn
	kg/ha			g/ha			
No fertilizer (0)	49.7 ^{c*}	244.4 ^a	152.5 ^a	40.4 ^c	30.8 ^d	187.0 ^b	1061.4 ^c
Chemical fertilizer (1)	204.1 ^b	283.8 ^a	179.6 ^a	44.7 ^c	25.7 ^d	229.5 ^{ab}	1268.1 ^c
Cattle manure (1)	215.5 ^b	302.5 ^a	199.4 ^a	87.5 ^a	51.3 ^{ab}	244.5 ^{ab}	1468.3 ^{bc}
Cattle manure (1/2)+ Chemical fertilizer(1/2)	214.9 ^b	308.6 ^a	199.8 ^a	60.8 ^b	41.4 ^c	279.0 ^a	1194.6 ^c
Hog manure (1)	300.9 ^a	323.6 ^a	180.6 ^a	93.8 ^a	58.5 ^a	285.6 ^a	2592.9 ^a
Hog manure (1/2)+ Chemical fertilizer(1/2)	218.8 ^b	285.5 ^a	167.6 ^a	59.0 ^b	42.3 ^{bc}	284.0 ^a	1736.3 ^b

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

[§] Annual uptakes in 1998.表 6. 牛糞及豬糞堆肥對盤固草礦物元素攝取量之影響[§]Table 6. Effects of cattle and hog manures on mineral uptakes of pangolagrass[§]

Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn
	kg/ha			g/ha			
No fertilizer (0)	621.8 ^{d*}	705.4 ^b	707.6 ^c	153.0 ^c	133.5 ^b	0.60 ^d	4.02 ^d
Chemical fertilizer (1)	707.7 ^{cd}	801.5 ^b	794.6 ^{bc}	147.9 ^c	93.5 ^c	0.75 ^d	4.32 ^d
Cattle manure (1)	851.1 ^{bc}	1051.1 ^a	879.3 ^{abc}	356.7 ^a	226.4 ^a	1.05 ^c	6.09 ^c
Cattle manure (1/2)+ Chemical fertilizer(1/2)	929.1 ^{ab}	1109.2 ^a	1113.1 ^a	298.4 ^b	194.0 ^a	1.39 ^{ab}	5.02 ^{cd}
Hog manure (1)	1102.2 ^a	1048.3 ^a	986.8 ^{ab}	358.1 ^a	225.0 ^a	1.21 ^{bc}	9.66 ^a
Hog manure (1/2)+ Chemical fertilizer(1/2)	995.8 ^{ab}	1116.7 ^a	1078.9 ^a	296.5 ^b	200.3 ^a	1.63 ^a	7.91 ^b

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

[§] Total uptakes of 13 harvests from 1999 to 2003.

表 7. 牛糞及豬糞堆肥殘餘效應對盤固草地土壤化學成分之影響[§]Table 7. Residue effects of cattle and hog manures on chemical compositions of soil in pangolagrass pasture after receiving long term of manure application[§]

Treatment	pH	Electric conductivity	Organic matter	Total N	Available					
					P	K	Ca	Mg	Cu	Zu
		dS/m	%	%	mg/kg					
No fertilizer (0)	4.82 ^{cd*}	0.160 ^b	1.25 ^b	0.064 ^b	3.0 ^b	17.3 ^a	164.7 ^c	16.0 ^{cd}	1.13 ^d	0.34 ^c
Chemical fertilizer (1)	4.75 ^d	0.170 ^b	1.17 ^b	0.063 ^b	11.3 ^b	13.7 ^a	178.3 ^c	6.2 ^d	0.83 ^d	0.29 ^c
Cattle manure (1)	5.74 ^a	0.265 ^a	1.96 ^a	0.105 ^a	52.4 ^b	19.1 ^a	842.4 ^a	94.2 ^a	1.50 ^c	2.23 ^b
Cattle manure (1/2)+ Chemical fertilizer (1/2)	5.37 ^b	0.263 ^a	1.79 ^a	0.093 ^a	165.8 ^a	15.2 ^a	644.4 ^b	47.4 ^b	3.25 ^a	3.05 ^{ab}
Hog manure (1)	5.09 ^{bc}	0.230 ^{ab}	1.40 ^b	0.075 ^b	32.6 ^b	16.4 ^a	556.2 ^b	43.3 ^{bc}	1.14 ^d	1.01 ^c
Hog manure (1/2)+ Chemical fertilizer(1/2)	5.03 ^b	0.258 ^a	1.41 ^b	0.076 ^b	139.7 ^a	17.3 ^a	535.8 ^b	36.6 ^{bc}	2.41 ^b	3.83 ^a

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

[§]Chemical compositions of soil sampled on November 5, 1998.表 8. 牛糞及豬糞堆肥對盤固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 pangolagrass pasture[§]

Treatment	pH	Electric conductivity	Organic matter	Total N	Available					
					P	K	Ca	Mg	Cu	Zn
		dS/m	— % —	—	mg/kg					
No fertilizer (0)	4.88 ^{c*}	0.165 ^c	1.99 ^c	0.073 ^c	11.6 ^d	54.5 ^a	197.4 ^d	32.2 ^b	1.19 ^c	1.67 ^d
Chemical fertilizer (1)	4.66 ^d	0.253 ^b	1.89 ^c	0.073 ^c	14.4 ^d	51.3 ^a	165.6 ^d	6.9 ^c	1.06 ^c	1.36 ^d
Cattle manure (1)	5.96 ^a	0.323 ^{ab}	2.58 ^a	0.116 ^a	123.1 ^c	54.6 ^a	699.7 ^a	75.3 ^a	1.80 ^c	4.84 ^c
Cattle manure (1/2)+ Chemical fertilizer(1/2)	5.39 ^b	0.299 ^{ab}	2.36 ^b	0.084 ^{bc}	71.5 ^c	81.9 ^a	414.0 ^c	31.5 ^b	1.48 ^c	2.54 ^{cd}
Hog manure (1)	5.85 ^a	0.353 ^a	2.40 ^{ab}	0.090 ^{bc}	256.3 ^a	68.1 ^a	530.1 ^b	35.2 ^b	5.02 ^a	12.71 ^a
Hog manure (1/2)+ Chemical fertilizer(1/2)	5.50 ^b	0.305 ^{ab}	2.25 ^b	0.104 ^{ab}	195.3 ^b	53.5 ^a	493.1 ^{bc}	34.0 ^b	3.74 ^b	7.90 ^b

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

[§]Averaged values of 3 analyses sampled at different dates between 1999 and 2003.

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。
- 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（2）：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. p. 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. p. 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.

Residue Effects of Cattle and Hog Manures on Forage Yield and Quality of Pangolagrass and Soil Fertility after Receiving Long Term of Manure Application⁽¹⁾

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

Received : Oct. 18, 2006 ; Accepted : Feb. 25, 2007

Abstract

The objectives of this study were to determine the residue effects of cattle and hog manures on forage yield and quality of pangolagrass (*Digitaria decumbens* Stent.) and soil fertility after receiving long term manure application. An experimental field of pangolagrass 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 were received the different manure applications again. The residue effects of manure application were observed in the 1st year. Plant heights and fresh forage yields were higher in the plots originally received cattle and hog manure application. No difference was observed for dry matter yields among treatments except that of no fertilizer applied. The uptakes of minerals in pangolagrass were affected by the residue effects of manure application. The amounts of N uptake were the highest in the plot receiving only hog manure. Both Ca and Mg uptakes were the highest for the plots with cattle and hog manures applied only. No difference was observed for both P and K uptakes among all the treatments. There was no difference for Cu uptake among treatments except the treatment with no fertilizer. The amount of Zn uptake was the highest for the plot receiving hog manure only, followed by that receiving hog manure+chemical fertilizer. The pH values in soil with manure application were higher than those with chemical fertilizer and no fertilizer. The electric conductivity and the contents of organic matter, N, P, K, Ca and Mg in soil for the treatments with manure application were higher than those with chemical fertilizer and no fertilizer. The contents of Cu and Zn in soil were not consistent with manure application. After recovering to apply manures according to the treatments, the forage yields and the chemical compositions of plant, i.e., P, K, Ca and Mg, for the treatments receiving cattle and hog manures were higher than those with chemical fertilizer and no fertilizer. The contents of Cu and Zn were the highest for the treatment with hog manure only. The amounts of P, K, Ca and Mg uptakes of pangolagrass for the plots receiving cattle and hog manures were higher than those with chemical fertilizer

and no fertilizer. The uptake of Cu was the highest for the treatment with hog manure + chemical fertilizer, while the uptake of Zn was the highest for the treatment with hog manure only. The results showed that the residue effects of long term manure application could improve soil fertility and was helpful for sustainable agriculture. It is suggested that it is required to determine the contents of Cu and Zn in soil for long period.

Key words: *Digitaria decumbens*, Manure, Forage yield, Forage quality, Soil fertility, Residue effect.

(1) Contribution no.1352 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

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

