

豬糞尿污泥對盤固草氮的 吸收及產量之影響⁽¹⁾

盧啟信⁽²⁾ 許福星⁽²⁾

收件日期：88年12月6日；接受日期：89年2月1日

摘 要

本試驗的目的在探討盤固草(*pangolagrass*, *Digitaria decumbens*)對於污泥中氮的吸收情形及對其生長之影響。本試驗以盆栽進行試驗，肥料施用量依現行標準施用，試驗處理如下：(1) 施用化學肥料 $N:P_2O_5:K_2O = 0:144:300$ kg/ha/year, (CK) (2) 施用化學肥料 $N:P_2O_5:K_2O = 400:144:300$ kg/ha/year, (Chem) (3) 施用化學肥料 $N:P_2O_5:K_2O = 200:144:300$ kg/ha/year, (1/2 Chem) (4) 化學肥料施用如 1/2 Chem，另加施用相當 1/2 Chem 尿素之豬糞尿污泥，(1/2 Chem+1/2 Sludge) (5) 不施用尿素，磷肥及鉀肥如 Chem，另加施相當 Chem 尿素之豬糞尿污泥(Sludge) (6) 不施用尿素，另加施相當 1/2 Chem 尿素之豬糞尿污泥，磷肥及鉀肥如 Chem (1/2 Sludge)。試驗結果顯示；收割四次的總乾物產量，以 Chem 處理及 1/2 Chem+1/2 Sludge 處理乾物產量最高，其次分別為 1/2 Chem 處理、Sludge 處理、1/2 Sludge 處理及 CK 處理。Chem 處理在每一次收割中均維持較高產量，施用污泥的各處理產量隨著割次的增加而提高。盤固草對氮之吸收量，除了 CK 處理隨著割次的增加而降低外，其餘各處理均隨著割次的增加逐漸提高氮的吸收量。其總吸收量以 Chem 及 1/2 Chem+1/2 Sludge 較高。氮吸收及乾物產量相對指標均顯示，污泥與化學肥料合併施用可促進氮的吸收量及提高乾物產量。一年內氮之表觀回收率以施用化學肥料處理(Chem 及 1/2 Chem)較施用污泥各處理(1/2 Chem+1/2 Sludge, 1/2 Sludge 及 Sludge)為高，而污泥及化學肥料配合施用可提高氮之表觀回收率。施用污泥的各處理其土壤之 pH 值、有機質、全氮、有效性磷、可抽出性鈣及鎂等均顯著提高，銅則未有顯著性差異。

關鍵詞：盤固草、豬糞尿污泥、氮的吸收、乾物產量、土壤性質。

緒 言

近年來由於化學肥料的大量施用，造成土壤理化性質變劣，遂有有機農業的興起，提倡以有機肥取代化學肥料的施用，期以有機肥料來改善土壤理化性質及提供充分的養分以供應作物生長之所需。然有機肥料施用於土壤後必先經過分解及礦質化作用才能為植物所利用。尤其是氮的吸

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 992 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所飼料作物系。

收是影響作物生長最重要的因子，而有機肥中氮的型態絕大部份是屬於有機氮，此等型態氮素並不能為植物所利用，必需經過礦質化作用轉變成銨態氮及硝酸態氮才能為植物吸收。而事實上有機氮經過礦質化作用所能提供作物利用的氮素極為有限且速度緩慢，部分亦可能揮發散失 (Yaacob and Blain, 1980; Hsieh *et al.*, 1981, Barbrika *et al.*, 1985; Wagge *et al.*, 1985; Epstein *et al.*, 1987; Muller and Sundman, 1989; Kirchmann, 1989, 1991; Ree *et al.*, 1993; 莊等, 1993; 盧及許, 1997)。因此探討有機肥施用於土壤後，作物對於有機肥中氮的吸收情形，對於發展有機農業是極為重要的關鍵。

本省養豬事業發達，隨著規模的擴大及環保意識的抬頭，豬糞尿處理與利用成為業者最急需處理的首要工作。行政院農業委員會畜產試驗場因此研發了一貫式(三段式)豬糞尿處理模式，以處理本省每天產生的龐大豬糞尿(洪等, 1991)。此套程序中的厭氣發酵及好氣處理屬於生物處理，所以不能避免的將會產生大量的污泥。此等污泥需定期抽取處理，以免妨礙廢水處理效率。豬糞尿處理產生的污泥，含有高濃度的有機物及作物可利用之養分，此等污泥經利用田間試驗顯示，可顯著的提高盤固草產量，並改善土壤肥力及提高酸性土壤pH值(盧及許, 1994)。目前國內對於豬糞尿污泥的利用尚未普遍，但可預見的將來，豬糞尿污泥將成為養豬業者主要的廢棄物之一。本研究之目的即在探討盤固草(*Pangolagrass*, *Digitaria decumbens*)對於污泥中氮的吸收情形及其生長之影響。

材料與方法

以直徑35公分，高40公分之栽培盆裝填20公斤之風乾土壤，土壤採自行政院農業委員會畜產試驗場，屬砂岩頁岩沖積土，質地為砂壤土。豬糞尿污泥採自行政院農業委員會畜產試驗場廢水處理場，已曬乾之混合污泥，其有機質、總氮、磷、鉀及銅之含量分別為64.8、3.80、5.43、1.04%及432 $\mu\text{g/g}$ 。污泥施用標準依其氮之含量3.80%計算。栽培盆內植盤固草A254共採六處理，每一處理三重覆，肥料施用依現行盤固草施用推荐量為基準即 $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O} = 400:144:300\text{ kg/ha/year}$ 。試驗處理如下：(1) CK：不施氮肥， $\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O} = 144:300\text{ kg/ha/year}$ 即施用過磷酸鈣肥6.4 g pot⁻¹，氯化鉀2.4 g pot⁻¹。(2) Chem：依現行基準施用，相當於尿素8.0 g pot⁻¹，氯化鉀2.4 g pot⁻¹，過磷酸鈣6.4 g pot⁻¹。(3) 1/2 Chem：將Chem之氮肥減半施用，即尿素4.0 g pot⁻¹，磷及鉀肥如Chem。(4) 1/2 Chem+1/2 Sludge：化學肥料施用如1/2 Chem，另加施用相當4.0 g 尿素之豬糞尿污泥，即施用48.2 g之污泥。(5) Sludge：不施用尿素，磷及鉀肥如Chem，另加施相當8 g 尿素之豬糞尿污泥，即施用96.4 g之污泥。(6) 1/2 Sludge：不施用尿素，另加施相當4 g 尿素之豬糞尿污泥，即施用48.2 g之污泥，磷及鉀肥如Chem。

盤固草試驗前先行種植於試驗盆中，經過一個半月待其成長完成，全部剪除再行進行試驗。肥料施用方法如下：(1)氮肥共分四次使用，分別於試驗開始前施用1/4，爾後每收割後一週再施用1/4，共收割四次。(2)磷肥：全部於試驗開始時施用。(3)鉀肥：分兩次施用，第一次於試驗開始時施1/2，第二次收割後再施1/2。(4)污泥：全部於試驗開始時施用。

盤固草於試驗開始後，每隔1.5月收割一次，共收割四次。樣品以70℃烘乾48小時，測其乾物產量及氮含量。試驗前後測土壤之理化性質，包括pH、全氮、有機質、有效性磷、交換性鉀、鈣、鎂及酸可抽出性銅。分析方法(1)全氮：利用 H_2SO_4 加 H_2O_2 高溫酸解後，以凱氏法測定。(2)有機質：採用Walkly-Black氧化法測定(Nelson and Sommer, 1982)。(3)有效性磷：先以Bray氏No.1法抽取，再以鉬藍法比色測定(Olsen and Dean, 1965)。(4)交換性K、Ca、Mg：以1 N中性 NH_4OAc ，以1:10比例震盪30分鐘後，以Adventec No.1濾紙過濾，以原子吸光儀測定(Thomas, 1985)。(5)可抽出性銅：以0.1 N HCl，以1:10比例震盪30分鐘後過濾，以原子吸光

儀測定(Baker and Michael, 1985)。

氮的吸收量以下列公式計算：盤固草中氮的含量乘以盤固草乾物產量。盤固草氮素吸收及乾物產量指數之計算，各處理先行扣除對照處理(CK)之氮吸收量及乾物產量，再以 Chem 處理為 100%，計算各處理相對於Chem處理之氮素吸收及乾物產量指標，以下列公式計算：(處理組 - 對照處理) / Chem 處理 X 100%。氮的表觀回收率(apparent N recovery percent)則以下列公式計算(Harmsen and Moraghan, 1988)：(處理組氮的吸收量 - 對照處理氮吸收量) / 施用之氮量 X 100%。

結果與討論

圖1係盤固草不同施肥狀況下之乾物產量，全部共收割四次，乾物產量以Chem處理，即依現行推荐方式施用化學肥料，及1/2 Chem + 1/2 Sludge處理，即一半化學氮肥一半污泥，乾物產量最高，其次分別為1/2 Chem處理、Sludge處理、1/2 Sludge處理及CK處理。在四次收割中，Chem處理始終維持較高乾物產量，而CK處理未施用任何化學氮肥其乾物產量則明顯的偏低。就施用相同氮素的比較，1/2 Chem + 1/2 Sludge處理施用一半污泥及一半化學肥料，其四次總產量，雖然較Chem全施氮肥處理為少，但很明顯可以發現1/2 Chem + 1/2 Sludge處理的乾物產量逐次增加。第一次收割的42.3 g顯著較Chem處理為低，至第四次收割時已提高至56.3 g，與Chem處理沒有顯著差異。而Sludge處理其氮素完全由土壤及污泥供應，其氮素施用量雖然與Chem及1/2 Chem + 1/2 Sludge處理相同，但其產量則顯著的偏低。最主要原因為污泥的礦化速率不若化學肥料有效性迅速，所以初期的生長，缺乏氮素的情況下，乾物產量較低，但隨著時間的增加，礦化作用逐漸增加，提供盤固草生長的氮素亦漸增加，所以產量逐漸提高。1/2 Chem + 1/2 Sludge、Sludge及1/2 Sludge處理之情況均類似。比較Chem及1/2 Chem處理，1/2 Chem的氮肥僅Chem處理的一半，而其乾物產量卻大幅度的降低。但比較Sludge及1/2 Sludge處理，1/2 Sludge之氮量亦僅是Sludge之一

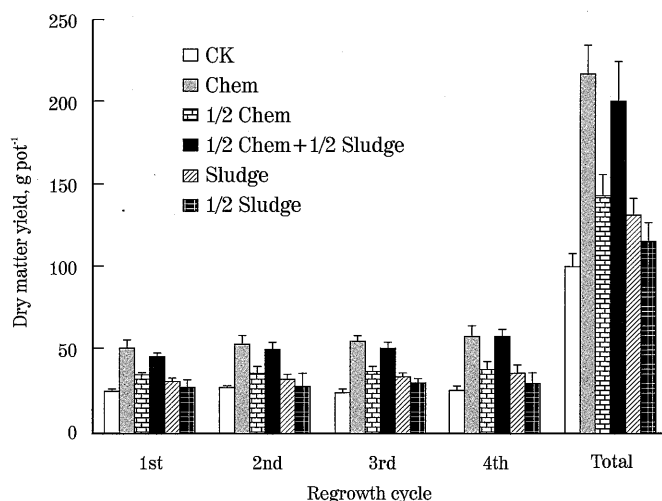


圖 1. 盤固草不同施肥狀況下各割次之乾物產量。

Fig. 1. Dry matter yield of pangolagrass cut at different regrowth cycles under various fertilizers.

半，雖然其每次收割之乾物產量均較Sludge少，但總產量於統計上兩者並未達顯著差異，分別為129.5及120.4 g pot⁻¹。Chem及1/2 Chem處理均使用速效性的化學氮肥，當肥料減半施用時，植物對N素的吸收迅速減少，所以造成其乾物產量銳減。但就污泥而言，屬於緩效性肥料，雖然1/2 Sludge處理減半施用，但其與Sludge比較，其可供給盤固草生長之氮素並未如化學氮肥般減半，兩者能提供盤固草生長之氮素均需經過礦質化作用，所以其差異比Chem及1/2 Chem處理間的差異小。就1/2 Chem+1/2 Sludge及Chem處理比較，顯然的初期(第一次至第三次之收割)，由於污泥礦化速率較慢，所以乾物產量較低，但至第四次收割時兩者之乾物產量已沒有顯著性的差異。由此試驗結果可發現，完全不施用化學氮肥情況下，植物的生長會受制於氮素的供應，而完全以污泥取代氮肥，由於礦化作用所產生的氮素不及供應植物生長之所需，易造成作物產量偏低。減少化學肥料輔於部份污泥可得到與完全施用化學肥料相同之結果，盧及許(1994)之報告也顯示相同之效應。Dyke *et al.* (1976)亦指出，施用有機肥加施部份化學氮肥使作物的產量較單純施用化學肥料為高。

表1係盤固草不同施肥狀況下導致盤固草中氮的含量之比較，很明顯的CK處理未施用化學氮肥其氮含量顯著的偏低，而Chem施用完全化學氮肥，氮含量最高。1/2 Chem+1/2 Sludge與1/2 Chem處理施用相同的化學氮肥，1/2 Chem+1/2 Sludge加施污泥，但其氮含量較1/2 Chem處理為低，此結果可解釋為因1/2 Chem+1/2 Sludge處理有較高的產量，而污泥礦化速率較慢，所以可供應的氮素較不足，因此植體中相對含氮量較低。Sludge及1/2 Sludge處理很明顯比施用化學氮肥處理(Chem、1/2 Chem及1/2 Chem+1/2 Sludge)為低，主要原因為污泥礦化作用不及供應盤固草氮的利用。

就不同割次盤固草中氮含量的比較，Chem處理充份供應氮素，所以其植體中氮含量在不同割次中均沒有顯著的差異，但是1/2 Chem處理除第一次收割時有較低的含量，第二次至第四次則有些微提高，其原因可推測為1/2 Chem處理之氮肥不足，所以第一次收割前盤固草根的生長較慢，因此吸收氮素較少，但第二次以後，盤固草的根逐漸擴展，所以可吸收較多的氮素，但其植體中的氮含量較Chem處理依然較低，顯然的1/2 Chem處理其盤固草生長受到氮素供應的限制。施用污泥之各處理(1/2 Chem+1/2 Sludge、Sludge及1/2 Sludge)盤固草中氮含量均明顯的隨著割次的推進而提高，

表 1. 盤固草不同施肥狀況下各割次植體中氮之含量

Table 1. The nitrogen contents of pangolagrass cut at different regrowth cycles under various fertilizers

Treatment	Regrowth cycle			
	1st	2nd	3rd	4th
	%			
CK	0.72 ^d	0.67 ^d	0.65 ^c	0.66 ^d
Chem	1.63 ^a	1.67 ^a	1.64 ^a	1.70 ^a
1/2 Chem	1.45 ^b	1.50 ^{ab}	1.57 ^a	1.58 ^b
1/2 Chem+1/2 Sludge	1.41 ^b	1.43 ^b	1.54 ^a	1.60 ^{ab}
Sludge	1.16 ^c	1.23 ^{bc}	1.36 ^b	1.41 ^{bc}
1/2 Sludge	1.08 ^c	1.15 ^c	1.19 ^b	1.20 ^c

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

顯然的這些處理，因施用污泥關係，初期氮較缺乏，但隨著礦化作用的進行，污泥釋放的氮素亦逐漸提高，所以植體吸收的氮素亦逐漸提高。顯然 1/2 Chem+1/2 Sludge、Sludge 及 1/2 Sludge 初期產量較低，氮素應為主要限制因子。

表2 係盤固草不同施肥狀況下氮之吸收量，除了CK處理未施氮肥其氮的吸收隨著割次的推進而降低外，其餘各處理均隨著割次的推進逐漸提高氮的吸收量。其主要原因可解釋為盤固草初期生長其根系尚未發展完全，所以吸收氮的能力較差，但隨著時間的增加，其根系發展逐漸完成，所以吸收更多的氮素。而氮吸收量差異最大的為1/2 Chem+1/2 Sludge處理，扣除CK之吸收量，第一次收割時由化肥及污泥吸收之氮僅0.46 g pot⁻¹，至第四次收割時提高至0.74 g pot⁻¹，增加量達到總吸收量的44%，其主要原因可推測為1/2 Chem+1/2 Sludge處理施用了部份化學肥料及污泥，初期生長的氮素可由化學肥料供應，使根易順利發展，而污泥又可改善土壤理化性質及提供其它養份，使根系生長於較純化學肥料處理更優良的環境中，使得其根系的發展較佳。而根系發展及其根系分泌物又可能促進污泥的分解作用，加速污泥中氮的釋放，所以在1/2 Chem+1/2 Sludge處理中，至第四次收割時氮的吸收量大幅提高。而由表2亦可發現1/2 Chem+1/2 Sludge處理於第四次收割時，氮素之吸收量與Chem處理沒有顯著差異。由此結果可發現施用化學肥料時加施污泥可促進植物對氮的吸收量。完全施用污泥雖然吸收量隨著時間的增加而提高，但明顯的均偏低。因此農業生產上完全以有機肥料取代化學肥料可能造成氮素的不足，而影響產量。

1/2 Chem+1/2 Sludge處理包括施用半量化學氮肥料，相當1/2 Chem之處理，另加相當半量氮肥之污泥，相當於1/2 Sludge之處理，如果將兩種處理分開計算總氮的吸收量可發現，1/2 Sludge處理中扣除CK處理，可得到由污泥吸收了0.621 g的氮素，而1/2 Chem處理扣除CK之氮吸收，可得到由化學氮肥吸收了1.491 g的氮素，兩者合計2.112 g的氮分別由肥料及污泥中吸收。但如果將污泥及化學氮肥混合施用如處理1/2 Chem+1/2 Sludge，則1/2 Chem+1/2 Sludge的氮總吸收量扣除CK處理之吸收量，餘2.340 g的氮由污泥及肥料中吸收。顯示1/2 Chem+1/2 Sludge處理吸收的總氮量大於1/2 Chem及1/2 Sludge分開施用的合計氮吸收量。此結果顯示將污泥及化學肥料混合施用，其效率大於分開施用。Ree *et al.* (1993)指出施用有機肥加施化學氮肥，可提高作物對氮素的利用率，Dyke *et al.* (1976)亦

表 2. 盤固草不同施肥狀況下各割次氮之吸收量

Table 2. Nitrogen uptake in pangolagrass cut at different regrowth cycles under the different fertilizers

Treatment	Regrowth cycle				
	1st	2nd	3rd	4th	Total
	g pot ⁻¹				
CK	0.178 ^e	0.176 ^d	0.152 ^f	0.159 ^d	0.665 ^d
Chem	0.828 ^a	0.878 ^a	0.899 ^a	0.972 ^a	3.577 ^a
1/2 Chem	0.440 ^{cd}	0.525 ^b	0.562 ^{bc}	0.575 ^b	2.156 ^b
1/2 Chem+1/2 Sludge	0.639 ^b	0.698 ^b	0.767 ^{ab}	0.901 ^a	3.005 ^a
Sludge	0.355 ^d	0.386 ^c	0.445 ^{cd}	0.410 ^{bc}	1.677 ^{bc}
1/2 Sludge	0.286 ^d	0.315 ^c	0.338 ^d	0.320 ^c	1.286 ^c

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

指出相同的結果。其理由可解釋為化學肥料可供應作物初期的氮素使作物的根系能正常生長，而污泥同時可改進土壤的理化性質更能促進根的發育，而根充分生長結果可促進污泥的加速礦質化作用，增進礦化性氮的釋放。因此，在此種條件下，作物對氮的吸收增加，生長亦比單獨施用化學肥料或單獨施用污泥來得好。

表3係盤固草不同施肥狀況下氮吸收與乾物產量相對指數。本表之計算係各氮肥處理扣除對照處理之氮吸收量及乾物產量後，以Chem處理之氮總吸收量及乾物產量當作100%，進行各處理之比較。表3很明顯的顯示，除1/2 Chem+1/2 Sludge處理之乾物產量指數85 %大於氮素吸收指標80%外，其餘各處理之乾物產量指數均較氮素吸收指數為低。此結果說明，氮素不足下，乾物產量將明顯的降低，其降低的程度大於氮的不足程度。此結果亦說明施用污泥加施化學肥料更能促進作物的生長。由單施半量污泥(1/2 Sludge處理)及單施半量化學肥料(1/2 Chem)的氮素吸收及乾物產量指數之和，明顯的較1/2 Chem+1/2 Sludge之氮素吸收及乾物產量指數為低，說明了污泥加施化學肥料確實可提高氮的吸收率及產量。但是如果完全不施用化學肥料，全部以污泥取代，雖然其施用氮量一樣，但其總吸收量就顯得極大的差異，如Sludge與Chem比較，Sludge氮的吸收量僅Chem的34.8%，而其產量也僅Chem的26.5%。而1/2 Sludge處理其氮的吸收及乾物產量指數也較1/2 Chem處理為低。如果完全不施化學肥料僅提高污泥的施用量，如處理1/2 Sludge及Sludge處理，雖可提高氮素吸收及乾物產量指數，但還是明顯偏低，顯然的完全靠污泥的施用，在短時期欲得到與化學肥料同等高的產量，是有其困難。鍾等(1999)亦指稱，以不同的有機肥取代或部份取代化學氮肥施用於水稻田，其產量及氮的吸收量均以全施化學肥料者最高，而取代量愈大者結果愈差。鍾等(1998)在玉米田之試驗亦有相同之效應。蔡(1999)將雞糞及牛糞堆肥施用於甘藍之生產上，亦顯示相同結果。然洪等(1999)的試驗結果顯示，以豬、牛糞堆肥完全取代化學肥料或部份取代化學肥料施用於狼尾草地，七年的總產量與完全施用化學肥料沒有顯著差異，許等(1999)於盤固草地之試驗，亦指出相同結果。此結果顯示有機肥料需經過較長時期的施用才能發揮其最大功效。本試驗中雖然完全施用污泥之處理，其氮的吸收量及乾物產量偏低，但亦有逐漸增加之趨勢。

表4為盤固草不同施肥狀況下之氮素的表觀回收率。化學肥料處理(Chem及1/2 Chem)之氮吸收率在每次收割均達70%以上，其回收率遠較一般牧草田間試驗高(洪及許，1993。洪等，1996)。本試驗中有較高的尿素利用率，顯然係盆栽條件不若田間試驗複雜，減少了很多的流失及揮發。

表 3. 盤固草不同施肥狀況下氮吸收與乾物產量之相對指數 *

Table 3. The relative indices of nitrogen uptake and dry matter yield of pangolagrass applied with different fertilizers*

Treatment	Nitrogen uptake	Dry matter yield
	%	
Chem	100.0	100.0
CK	0.0	0.0
1/2 Chem	51.2	36.6
1/2 Chem+1/2 Sludge	80.4	85.3
Sludge	34.8	26.5
1/2 Sludge	21.3	12.5

* Index = (Treatment - CK) / Chem × 100%

而 1/2 Chem 又較 Chem 利用為高，顯然係因為 1/2 Chem 處理其氮素不足，所以盤固草對其利用率較高，此結果與洪及許，(1993)及洪等(1996)，之試驗結果一致。而此兩處理均隨割次的增加，回收效率亦隨之提高，其原因可解釋為盤固草經過一段時間栽培後，其根系發展逐漸完全，所以對 N 的吸收效率亦隨之增加。而 1/2 Chem+1/2 Sludge、Sludge 及 1/2 Sludge 處理，污泥均於試驗開始就全部混入土壤中，所以其每割次的回收效率均以施用量的全氮計算，因此其吸收效率均偏低，尤其是 Sludge 及 1/2 Sludge 處理因為沒有施用化學肥料，所以顯得更低。

多位學者研究指出；作物對植物性有機肥中氮的利用效率僅約 15~25% (Myer and Paul, 1971; Mull and Sundmann, 1988, Waggoner *et al.*, 1985;)，而動物性廢肥中 N 的利用率亦小於 30% (Kirchmann, 1989; Ree *et al.*, 1993)。本試驗結果與該等學者之研究結果類似。Sludge 及 1/2 Sludge 處理完全未施用氮肥僅施用污泥，其氮的利用率分別僅 27.5% 及 37.4%。Ree *et al.* (1993) 的試驗指出，完全不施用氮肥，提高有機肥的用量對作物吸收氮量的幫助極其有限。蔡 (1999) 試驗亦顯示，提高堆肥施用量對玉米產量沒有顯著差異。本試驗中 Sludge 及 1/2 Sludge 總吸收的氮素分別為 1.677 及 1.286 g，兩者有顯著性的差異，乾物產量亦有差異，此與 Hsu and Hong (1993) 之報告類似。但與 Ree *et al.* (1993) 及蔡 (1999) 之研究略有差異，其原因可能係污泥之分解速度較快所致。

雖然提高污泥施用量可提高氮素的吸收量，但是比較其吸收效率，Sludge 及 1/2 Sludge 分別為 27.5% 及 37.4%，提高污泥用量，其吸收效率顯著變低。多位學者指出，有機肥在土壤中濃度超過 1.5% 時，其氮的淨礦質化效率大為降低 (Pink and Allison, 1951; Jankinson 1977; Ladd *et al.*, 1983; Ree, *et al.*, 1993)。

表 5 為盤固草不同施肥狀況下前後土壤理化性質的比較。就施用化學肥料處理者 (Chem 及 1/2 Chem) 與原土壤之理化性質並未顯著差異，僅 Chem 處理之有機質含量略微提高，但未達差異顯著水準。其原因可能係 Chem 處理之盤固草生長良好，殘留於土壤之根系較多且可能分泌有機物使土壤中有機質略為提高。pH 值並未因施用化學肥料而顯著的降低，其可能係時間不長，對 pH 值影響較小。CK 處理未施任何氮肥，盤固草生長狀況不佳，除全氮略有降低外，磷、鈣及鉀均有增加，此結果顯然係施用過磷酸鈣及氧化鉀後，因盤固草生長不良，並未充分利用該等元素，而殘留於土壤的結果。而 1/2 Chem+1/2 Sludge、Sludge 及 1/2 Sludge 均施用不等量之污泥，其土壤理化性質亦與試驗前有顯著性的差異，pH 值顯著的增加，尤其 Sludge 施用最

表 4. 盤固草不同施肥狀況下之氮表面回收率

Table 4. The apparent N recovery percentage of pangolagrass in different fertilizer treatments

Treatment	regrowth cycle				
	1st	2nd	3rd	4th	Total
	%				
Chem	70.7 ^a	78.5 ^a	81.2 ^b	88.3 ^b	79.1 ^b
1/2 Chem	72.3 ^a	78.6 ^a	91.3 ^a	93.8 ^a	84.0 ^a
1/2 Chem+1/2 Sludge	19.3 ^b	22.6 ^b	26.5 ^c	31.8 ^c	62.6 ^c
Sludge	4.8 ^d	5.7 ^d	8.0 ^e	9.0 ^e	27.5 ^e
1/2 Sludge	6.3 ^c	8.3 ^c	11.0 ^d	11.6 ^d	37.4 ^d

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

表 5. 盤固草各試區試驗前後土壤化學成份之變化

Table 5. The chemical compositions of the soil for pangolagrass plots before and after the fertilizer treatments

Treatment	pH	Organic	Total	Available	Exchangeable			Extract
		matter	N	P	K	Ca	Mg	Cu
		%			$\mu\text{g/g}$			
Before trial	6.14 ^b	1.02 ^b	0.094 ^{bc}	24.7 ^b	33.4 ^a	454.5 ^b	214.3 ^b	4.4 ^a
After trial								
CK	6.10 ^b	1.00 ^b	0.080 ^c	34.5 ^a	35.4 ^a	489.6 ^{ab}	204.8 ^b	2.9 ^b
Chem	6.19 ^b	1.13 ^b	0.098 ^b	23.9 ^b	30.6 ^c	446.7 ^b	210.6 ^b	4.0 ^a
1/2 Chem	6.13 ^b	1.07 ^b	0.091 ^{bc}	23.1 ^b	31.0 ^{bc}	453.8 ^b	220.3 ^b	4.5 ^a
1/2 Chem +	6.34 ^{ab}	1.25 ^a	0.103 ^b	37.4 ^a	32.3 ^{ab}	496.7 ^{ab}	234.5 ^{ab}	4.8 ^a
1/2 Sludge								
Sludge	6.53 ^a	1.34 ^a	0.125 ^a	40.1 ^a	31.8 ^{ab}	523.4 ^a	260.1 ^a	5.0 ^a
1/2 Sludge	6.30 ^{ab}	1.29 ^a	0.114 ^{ab}	38.9 ^a	32.0 ^{ab}	500.1 ^{ab}	247.8 ^a	4.7 ^a

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

多量之污泥，其pH亦最高，而磷及鈣更大幅提高，此結果可能係污泥中含有較高濃度的磷及鈣所致。而污泥中銅含量雖較高，施用後造成土壤中銅含量些微提高，但與施用前及施用化學肥料處理，並未達到顯著差異水準。鍾等(1992)探討下水道污泥對土壤理化性質的影響指出，地下水道污泥對土壤pH值有趨於降低的效果，和本試驗之結果相異，其原因可能係污泥中鈣的濃度較高所致。盧及許(1994)在豬糞尿污泥在盤固草地之利用研究中亦指出污泥可提高土壤pH及交換性鈣及有效性磷。此結果與其類似。

綜合以上所示，豬糞尿污泥可提供盤固草生長所需的部份氮素，如果施用污泥時配合施用一半化學氮肥，可提高污泥中氮的利用率。僅施用污泥而不施用化學氮肥，雖然氮的吸收率及產量隨著割次增加，而逐漸提高，但初期盤固草會因缺乏氮素而使產量明顯偏低。因此建議可利用污泥取代一半的化學氮肥，再施用一半的化學氮肥，如此可提高污泥利用率及增加盤固草產量，亦不影響盤固草初期之生長。

參考文獻

- 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。
- 洪國源、許福星、盧啟信。1999。施用牛、豬糞堆肥對狼尾草產量、品質及土壤地力之影響。畜產研究 (付梓中)。
- 洪嘉謨、龍沙平、林財旺、邱清選。1991。一貫式豬糞尿處理與沼氣利用。臺灣省畜產試驗所專輯第10號。臺灣省畜產試驗所出版。

- 莊作權、張宇旭、陳鴻基。1993。有機質肥料養份供應能力之評估。中華生質能源學會會誌 3 (4): 132 ~ 146。
- 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。
- 蔡宜峰。1999。禽畜堆肥對作物生長及土壤特性之影響。農業有機廢棄物處理與應用研討會專刊。pp 73 ~ 85。
- 盧啟信、許福星。1997。豬糞尿污泥施用於土壤後氮的揮發及碳的礦質化作用。畜產研究。30(4): 311 ~ 320。
- 盧啟信、許福星。1994。豬糞尿污泥在盤固草地之利用。畜產研究 27(3): 219 ~ 216。
- 鍾仁賜、王鐘和、王俊文、王銀波。1999。不同施肥下水稻之生長及氮素吸收與分佈。土壤與環境 2(1): 65 ~ 76。
- 鍾仁賜、王俊文、王鐘和、王銀波。1998。施肥對不同生長期玉米生長與植物體中氮處理成之影響。土壤與環境 1(3): 209 ~ 226。
- 鍾仁賜、林鴻淇、袁紹英、王一雄。1992。都市廢棄物及污泥堆肥對環境之影響。農業資材對環境之影響研討會論文集。pp. 233 ~ 248。中華生質能源學會、國立臺灣大學農業化學系編印。
- 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.
- Barbrika, A., Jr. L. J. Sikora and D. Colacicco. 1985. Factors affecting the mineralization of nitrogen in sewage sludge applied to soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 49:1403 ~ 1406.
- Dyke, G. V., H. D. Patterson and T. W. Barnes. 1976. The Woburn long-term experiments on green manure, 1936 - 1967; Results with barley. Rothamsted Annu. Rep. 2:119 ~ 151.
- Epstein, E., D. D. Keane, J. J. Meisinger and J. O. Legg. 1987. Mineralization of nitrogen from sewage and sewage sludge compost. J. Environ. Qual. 7:217 ~ 221.
- Harmsen, K. and J. T. Moraghan. 1988. A comparison of the isotope recovery and difference methods for determining nitrogen fertilizer efficiency. Plant and Soil 105: 55 ~ 67.
- Hsieh, Y. P., L. A. Douglas and H. L. Moto. 1981. Modeling sewage sludge decomposition in soil: II. Nitrogen transformations. J. Environ. Qual. 10:59 ~ 64.
- 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.
- Jenkinson, D. S. 1977. Studies on the decomposition of plant materials in soil. IV. The effects of rate of addition. J. Soil Sci. 28:417 ~ 423
- Kirchmann, H. 1989. A 3-year N balance study with aerobic, anaerobic and fresh ¹⁵N-labelled poultry manure. pp. 113 ~ 125. In: Hanson, J. A., K. Henriksen (eds). Nitrogen in organic wastes applied to soil. Academic Press, London.
- Kirchmann, H. 1991. Carbon and nitrogen mineralization of fresh, aerobic and anaerobic animal manures during incubation with soil. J. Agric. Res. 21:165 ~ 173.
- Ladd, J. N., R. B. Jackson, M. Amato and J. H. A. Butter. 1983. Decomposition of plant materials in Australian soil. I. The effects of quantity added on decomposition and on residual microbial biomass. Aust. J. Soil Res. 21:563 ~ 570.

- Muller, M. and V. Sundman. 1989. The fate of nitrogen (^{15}N) released from different plant materials during decomposition under field condition. *Plant and Soil*. 105:133 ~ 139.
- Myers, R. J. K. and E. A. Paul. 1971. Plant uptake and immobilization of ^{15}N -labelled ammonium nitrate in a field experiment with wheat. pp 55 ~ 64 In: *Nitrogen-15 in plant-soil studies*. International Atomic Energy Agency Vienna.
- 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.
- Pink, L. A. and F. E. Allison. 1951. Maintenance of soil organic matter. *Soil Sci*. 71:67 ~ 75.
- Ree, R. M., L. Yan and M. Ferguson. 1993. The release and plant uptake of nitrogen from some plant and animal manures. *Biol. Fertil. Soils*. 15:285 ~ 293.
- Thomas, G. W. 1985. Exchangeable cation. pp. 1159 ~ 165. In: Page, A. L. (ed.) *Method of soil analysis. Part 2*. 2nd edition. American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin.
- Wagger, M. G., D. E. Kissel and S. J. Smith. 1985. Mineralization of nitrogen from nitrogen-15 labelled crop residues under field condition. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:1220 ~ 1226.
- Yaccob, O. and C. J. Blair. 1980. Mineralization of ^{15}N -labelled legume residues in soil with different nitrogen contents and its uptake by Rhodes grass. *Plant and Soil*. 57:237 ~ 248.

Effects of Hog Waste Sludge on Nitrogen Uptake and Forage Yield of Pangolagrass⁽¹⁾

Chi-Hsin Lu⁽²⁾ and Fu-Hsing Hsu⁽²⁾

Received Nov. 6, 1999; Accepted Feb. 1, 2000

Abstract

The objectives of this study were to determine the effects of applying hog waste sludge on nitrogen uptake and dry matter yield of pangolagrass (*Digitaria decumbens*). The experiment was conducted with pot experiment under different fertilizer treatments as follows: 1. no N fertilizer and chemical fertilizer with $P_2O_5:K_2O = 144:300$ kg/ha/year (CK), 2. chemical fertilizer with N: $P_2O_5:K_2O = 400:144:300$ kg/ha/year (Chem), 3. chemical fertilizer with N: $P_2O_5:K_2O = 200:144:300$ kg/ha/year (1/2 Chem), 4. half N of treatment Chem replaced by hog waste sludge (1/2 Chem + 1/2 Sludge), 5. N of treatment 1/2 Chem replaced by hog waste sludge (1/2 Sludge), 6. N of treatment Chem replaced by hog waste sludge (Sludge). Both treatment Chem and 1/2 Chem + 1/2 Sludge produced the highest dry matter yield for 4 cuts. The treatment Chem produced the highest forage yield at each cut. The forage yields of treatments applied with sludge (1/2 Chem + 1/2 Sludge, 1/2 Sludge and Sludge) were increased when cutting at different regrowth cycles advanced. The amounts of nitrogen uptake of pangolagrass for all the treatments were increased when cutting at different regrowth cycles advanced except for treatment CK. Both treatment Chem and 1/2 Chem + 1/2 Sludge had higher total amounts of nitrogen uptake than the other treatments. The relative indices of nitrogen uptake and dry matter yield showed that the treatments applied with sludge and chemical N fertilizers simultaneously enhanced the nitrogen uptake and dry matter yield of pangolagrass. The treatments applied with chemical N fertilizer (Chem and 1/2 Chem) had higher percentages of apparent N recovery in pangolagrass than those applied with hog waste sludge (1/2 Chem + 1/2 Sludge, 1/2 Sludge and Sludge) one year after treatment. The pH values and

(1) Contribution paper no. 992 from Taiwan Livestock Research Institute, Council of Agriculture.

(2) Department of Forage Crops, COA-TLRI, Hsinhua, Tainan, Taiwan, R.O.C.

the contents of organic matter, available P, exchangeable Ca and Mg were increased in soil when hog waste sludge was applied.

Key words: *Digiteria decumbens*, Hog waste sludge, Nitrogen uptake, Dry matter yield, Soil property.