

有機肥料對小白菜生長及氮素組成的影響

王斐能

摘 要

本研究在探討施用有機質肥料對小白菜生長及氮素組成的影響。盆栽試驗採用四種有機質肥料、化學肥料(尿素、過磷酸鈣、氯化鉀)及化學肥加石灰，共六種處理，十重複。結果顯示，產量以太空包堆肥處理最高，豬糞堆肥處理次之，僅施化學肥料的對照組產量最低，石灰及有機質肥料的添加有助於提高產量。化學肥料、豌豆穀殼堆肥、牛糞蔗渣堆肥三種處理小白菜生長受到顯著阻礙。土壤氮素組成方面：有效性氮素組成隨添加堆肥種類而異。收穫後牛糞蔗渣堆肥處理之土壤中硝酸態氮高達 98 mg/kg，而豬糞堆肥處理僅 4 mg/kg。豌豆穀殼堆肥處理土壤中的銨態氮高達 211 mg/kg，其餘處理則介於 15~70 mg/kg 之間。各處理植體中醃胺態氮的濃度均甚低，不溶性氮以豬糞堆肥處理最低而豌豆穀殼堆肥處理最高，硝酸態氮及總氮均以豬糞堆肥處理最低。豬糞堆肥處理之不溶性氮佔總氮的 93%，再依序為，石灰處理 84%，豌豆穀殼堆肥處理 77%，太空包堆肥處理 56% 和牛糞蔗渣堆肥處理 53%。各處理總氮濃度由高至低依序為，牛糞蔗渣堆肥、太空包堆肥、豌豆穀殼堆肥、化學肥料加石灰與豬糞堆肥。植體中硝酸鹽含量與土壤有效性氮素的總量及銨態氮和硝酸態氮比例有關。

關鍵詞：有機肥料、白菜、硝酸鹽、氮素組成。

前 言

全世界耕地中有 20 億公頃酸性土壤，酸性土壤的性質較不利於作物生長，為提高酸性土壤的生產力，則應瞭解土壤之特性與植物間相互作用的關係。酸性土壤限制植物生長的主要因素是：一、鋁和錳的毒害；二、鹽基性離子、磷和鉬缺乏；三、在高氫離子濃度下導致養分吸收不平衡。最常用之改善方法為施用石灰資材，而有機物的施用亦有相當大的效果^(10,19)，不但可以改變土壤的理化性質且提高土壤肥力^(4,12,20)，如黃氏與蔡氏之研究指出，紅壤施用 20 t/ha 乾豬糞可使菠菜及萵苣各增產 113% 及 80%⁽⁶⁾。

亞硝酸鹽對人體的危害從 1895 年以來即已受到科學界的關注，它可引起血紅蛋白中的鐵氧化變性 (hemoglobin→methemoglobin)，而失去載氧功能，造成高鐵血紅蛋白症 (methemoglobinemia)。長期攝取亞硝酸鹽會造成智力遲鈍，與二級胺結合則形成致癌的亞硝胺，會導致消化系統癌症及遺傳突變，如胃癌、肝癌和畸形兒等。目前發現有 120 多種亞硝酸鹽，其中 90% 具致癌性。人們攝取的硝酸鹽大多來自蔬菜，因一般蔬菜中含有相當高量的硝酸鹽類，在人體的消化道內硝酸鹽類可被微生物還原成亞硝酸鹽類而危害健康。聯合國衛生組織限定每人每天攝取硝酸態氮的最高容許量為 3.6 mg/kg⁽¹⁾。有研

究報告顯示，施用有機肥料可降低植體中硝酸鹽含量，並提高蛋白質、胺基酸及維生素含量，改善蔬菜品質^(5,8,15)。

植物累積硝酸鹽是一種自然現象，因為通氣良好的土壤有利硝酸態氮形成，且由於銨態氮在 pH > 7 時易形成有毒性的氨分子，故植物所吸收的銨態氮大多在根部就進入麩胺酸(glutamate)循環而被同化，硝酸態氮則經木質部(xylem)運送至葉片才進行同化作用⁽²¹⁾。其同化速率主要受硝酸還原酵素(NR)和亞硝酸還原酵素(NiR)的活性影響，當硝酸態氮吸收速率超過其還原速率時即會造成累積⁽¹⁾，因此，如何控制蔬菜中硝酸態氮濃度也是重要的研究課題。

材料與方法

一、材料

土壤採自桃園縣楊梅鎮茶葉改良場，為酸性紅壤。堆肥種類有豌豆穀殼堆肥、牛糞蔗渣堆肥、太空包堆肥及豬糞堆肥四種，基本性質如表 1 所示。作物品種為秀珍白菜 (*Brassica chinensis* L. var. 'Show Jean')，生長快速、株形直立、適於溫暖期至高溫栽培、播種期三月至十月為宜，播種後 30 天可採收。

表 1. 試驗用堆肥性質

Table 1. Some properties of composts used in the experiment (mg/g, dry weight basis).

堆肥 Compost	酸鹼度 pH (1:10)	電導度 EC (1:5) (dS/m)	銨態氮 NH ₄ -N	硝酸態氮 NO ₃ -N	不溶性氮 Insoluble N	總氮 Total N
			----- (mg/g) -----			
豌豆穀殼堆肥 Pea and rice hull	6.26	8.7	6.79	0.005	16.9	23.7
牛糞蔗渣堆肥 Bagasse	5.73	7.4	1.21	1.04	14.7	17.0
太空包堆肥 Mushroom medium	7.21	12.4	1.44	2.13	23.7	27.3
豬糞堆肥 Swine slurry	7.40	7.1	1.11	0.009	16.2	17.4

二、方法

本試驗共六種處理：1. 豌豆穀殼堆肥、2. 牛糞蔗渣堆肥、3. 太空包堆肥、4. 豬糞堆肥、5. 化學肥料、6. 化學肥料加石灰。四種堆肥處理分別秤取 2.3 kg 的土壤，豌豆穀殼堆肥添加量為土壤重量的 10%，其他處理均以相同的總氮量來計算堆肥施用量。堆肥與土壤充分混合後再裝入 1/5,000 a 的 Wagner 盆中，加水 1.5 L 使土壤保持濕潤。化學肥料與石灰處理每盆秤取 3.5 kg 的土壤，氮、磷與鉀用量分別為 0.35、0.5 與 0.4 g，使用尿素、氯化鉀及過磷酸鈣，石灰處理另添加碳酸鈣 14 g/pot，混合均勻後加水 1 L 待 pH 值達平衡，一週後再加入肥料並混合均勻，裝入 1/5,000 a 的 Wagner 盆中，加水使土壤保持濕潤。小白菜種子以 0.5% 次氯酸鈉消毒，浮選除去不良種子後用介質育苗。

幼苗長至三片葉時進行移植，每處理十盆，每盆種三株，採逢機完全區集排列。移植後第三十七天採收，植株由幼葉算起，分為第 3 至 5 葉葉片部分 (Leaves II) 及葉柄部分 (Petioles II) 與其餘葉片 (Leaves I) 及其餘葉柄 (Petioles I)，共四部分。每盆各以採土器採取土壤，土樣經風乾後保存。土壤測定 pH 值、EC 值、質地、陽離子交換能量、凱氏氮、銨態氮、硝酸態氮。堆肥分析 pH 值、EC 值、含水量、凱氏氮、銨態氮、硝酸態氮、不溶性氮。植體分析葉綠素、醯銨態氮、硝酸態氮、不溶性氮。

結果與討論

一、小白菜生長的影響

化學肥料處理植株移植後五天新長出的第四片葉即呈現明顯黃化現象，牛糞蔗渣堆肥處理新生葉葉緣黃化。移植後第七天，豌豆穀殼堆肥處理也發生葉緣黃化現象，此外，上述三種處理亦出現葉片捲曲、葉緣有褐色斑點及葉片塊狀白化現象，嚴重程度依序為化學肥料、牛糞蔗渣堆肥及豌豆穀殼堆肥處理。移植後第十天，於晴天上午各處理均呈現葉片萎凋，下午又恢復直立之情形。第十二天，太空包堆肥、豬糞堆肥及石灰三種處理之葉片邊緣亦呈現少許黃化徵狀。上述徵狀較輕者植株長得較好，徵狀愈明顯者植株生長所受阻礙愈大。植後第二十四天，石灰處理的植株經常萎凋，可能是土壤水勢能較低，根部吸收水分困難。添加堆肥之處理因堆肥保水力較好，能提供較多的水分而較少呈現凋萎症狀。萎凋較嚴重的處理有：石灰、太空包堆肥和豬糞堆肥處理。初期豬糞堆肥處理葉片顏色淡綠且葉型較寬圓，第三十天起葉片顏色轉深綠與其他處理相近，僅老葉仍為淡綠色。

白菜產量以太空包堆肥處理最高，平均每株地上部乾重為 8.04 g，顯著高於其他處理。其次為豬糞堆肥處理的 6.38 g，石灰處理的 4.69 g，而化學肥料處理則為 0.95 g，顯示在紅壤添加石灰或堆肥均可提高作物產量^(6,18) (表 2)。收穫後，太空包和豬糞兩種堆肥處理的土壤 pH 值分別為 6.4 和 6.3 與石灰處理的 6.6 無顯著差異 (表 4)，但前者產量卻較高，顯示紅壤之土壤酸鹼度不是影響作物生長唯一因子，就本試驗而言，雖以石灰中和其 pH 至接近中性，但作物生長仍受到限制。有研究認為氧化土中和至接近中性時，對磷的吸附作用更強^(11,16)，可能為本研究中石灰處理作物生長受限的原因之一，亦有研究指出添加堆肥可提高土壤中有效性磷量^(7,23)，此結果也顯示有機肥料的養分供給有利於作物生長。從表 4 也可看出石灰處理土壤中的無機態氮濃度為各處理最低者，也可能是石灰處理作物生產量少之另一原因。牛糞蔗渣堆肥處理平均每株地上部乾重為 4.13 g，與石灰處理無顯著差異，此處理的植株生長受到阻礙的現象，應與本處理土壤的 pH 值低和銨離子濃度高有關，若在添加堆肥前先以石灰性資材調整土壤 pH 則作物應有較高的產量。豌豆穀殼堆肥處理平均每株地上部乾重為 3.03 g，種植後土壤 pH 5.0 與牛糞蔗渣堆肥處理的 pH 4.9 無顯著差異，但產量較低且有顯著差異。根據表 1 堆肥氮素組成及表 4 土壤中銨態氮與硝酸態氮的比例，因豌豆穀殼堆肥處理以銨態氮為主，但秀珍白菜為喜好硝酸態氮的植物，因此在銨態氮供應過多的環境下不利作物對氮素的吸收而阻礙生長，而牛糞蔗渣堆肥處理的土壤是以硝酸態氮為主，因此產量比豌豆穀殼堆肥處理高。豬糞堆肥處理雖也以銨態氮為主，但土壤中銨態氮濃度僅為豌豆穀殼堆肥處理的 1/9 倍 (表 4)，故並無造成作物生長阻礙情形。

葉綠素是一種色素蛋白複合體，基本單位是 porphyrin 環狀結構，環中央是鎂原子，葉綠素在

綠葉中的含量約佔鮮重的 0.5~2.0 mg/g^(z)，缺氮、缺鎂、缺鐵和缺鉀等因素都會造成葉綠素缺乏及光合作用速率慢而影響生長發育。豬糞堆肥處理在生長期間葉片呈淡綠色，用肉眼即可判定其葉綠素濃度顯著較低，但約於移植後三十天起葉色轉綠，採收時葉綠素總濃度 1.43 mg/g（表 3），與其他三種堆肥處理均無顯著差異，顯示四種堆肥對葉片中葉綠素濃度的影響不顯著。豬糞堆肥處理之可溶性氮濃度為四種堆肥中最低者（表 1），可能造成試驗初期氮素供給不足，使葉片呈淡綠色，有機態氮經礦化作用釋放出氮素供作物吸收才使葉片轉綠。本試驗中葉綠素 a 大約是葉綠素 b 的三倍（表 3），各處理間均無顯著差異。石灰處理葉綠素 a、葉綠素 b 和總濃度皆顯著高於堆肥處理，原因尚待進一步了解。

表 2. 不同處理對小白菜乾重的影響

Table 2. Effect of different treatments on the dry weight of Chinese cabbage (g/plant, dry weight basis).

處理 Treatment	其餘葉片 Leaves I	成熟葉片 Leaves II	合計 Sum	其餘葉柄 Petioles I	成熟葉柄 Petioles II	合計 Sum	總量 Total
豌豆穀殼堆肥 Pea and rice hull	1.22 ^{c z)}	0.82 ^{cd}	2.04	0.55 ^d	0.43 ^d	0.98	3.03 ^d
牛糞蔗渣堆肥 Bagasse	1.64 ^b	0.76 ^d	2.40	1.13 ^c	0.59 ^c	1.72	4.13 ^c
太空包堆肥 Mushroom medium	3.21 ^a	1.29 ^a	4.50	2.37 ^a	1.17 ^a	3.54	8.03 ^a
豬糞堆肥 Swine slurry	3.15 ^a	0.88 ^c	4.03	1.66 ^b	0.68 ^{bc}	2.34	6.38 ^b
化學肥 Chemical fertilizer	--- ^{y)}	---	0.68	---	---	0.28	0.95 ^e
化學肥加石灰 Lime and fertilizer	1.89 ^b	1.04 ^b	2.93	0.99 ^c	0.77 ^b	1.76	4.69 ^c

z) Means followed by the same letter are not significantly ($p=0.05$) different according to the Duncan's multiple range test.

y) The yields were too poor to divide.

表 3. 不同處理對小白菜葉綠素濃度的影響

Table 3. Effect of different treatments on the chlorophyll concentration of Chinese cabbage (mg/g, fresh weight basis).

處理 Treatment	葉綠素 A Chl a	葉綠素 B Chl b	葉綠素 A、B 比值 Chl a : Chl b	總葉綠素 Total chlorophyll
豌豆穀殼堆肥 Pea and rice hull	1.02 ^{b z)}	0.32 ^c	3.07 ^a	1.34 ^c
牛糞蔗渣堆肥 Bagasse	1.03 ^b	0.33 ^c	3.11 ^a	1.3 ^{bc}
太空包堆肥 Mushroom medium	1.12 ^b	0.38 ^b	3.04 ^a	1.49 ^b
豬糞堆肥 Swine slurry	1.08 ^b	0.34 ^{bc}	3.10 ^a	1.43 ^{bc}
化學肥加石灰 Lime and fertilizer	1.49 ^a	0.48 ^a	3.07 ^a	1.97 ^a

z) Means followed by the same letter are not significantly ($p=0.05$) different according to the Duncan's multiple range test.

表 4. 不同處理對收穫後土壤性質的影響

Table 4. Effect of different treatments on some soil properties after harvesting.

處理 Treatment	酸鹼度 pH (1:1)	電導度 EC (1:1) (dS/m)	銨態氮	硝酸態氮	無機態氮	銨態氮與硝酸態氮比
			NH ₄ -N	NO ₃ -N	Inorganic N	NH ₄ -N : NO ₃ -N
----- (mg/kg) -----						
豌豆穀殼堆肥 Pea and rice hull	5.0 ^{c,z)}	1.0 ^c	211 ^a	27 ^{bc}	238 ^a	7.8
牛糞蔗渣堆肥 Bagasse	4.9 ^c	2.0 ^b	38 ^c	98 ^a	136 ^b	0.4
太空包堆肥 Mushroom medium	6.4 ^b	3.1 ^a	23 ^d	37 ^b	60 ^d	0.6
豬糞堆肥 Swine slurry	6.3 ^b	2.3 ^b	24 ^d	4 ^d	28 ^e	6.0
化學肥 Chemical fertilizer	4.6 ^d	0.4 ^d	69 ^b	11 ^{cd}	80 ^e	6.3
化學肥加石灰 Lime and fertilizer	6.6 ^a	0.9 ^e	16 ^d	13 ^{cd}	29 ^e	1.2

z) Means followed by the same letter are not significantly ($p=0.05$) different according to the Duncan's multiple range test.

二、土壤有效性氮素

有機態氮需先經微生物分解為無機態氮後再被作物吸收利用，土壤 pH 值、通氣性、溫度、濕度、土壤養分等理化性質均會影響微生物相及其活性。另外，堆肥在製造過程中新接的菌種，也會影響土壤微生物相及有機物分解速率⁽¹³⁾。由表 1 得知，豌豆穀殼堆肥與豬糞堆肥的硝酸態氮所佔比例甚低，均不到總氮的 1%；太空包堆肥的硝酸態氮最高，約佔總氮的 8%，是唯一硝酸態氮多於銨態氮的堆肥；牛糞蔗渣堆肥的硝酸態氮約佔總氮的 6%；豌豆穀殼堆肥的銨態氮最高，約佔總氮的 30%，其他堆肥的銨態氮僅佔總氮的 5~7%；四種堆肥均以不溶性氮為主，佔總氮的比例由 70%到 90%不等。植物吸收氮素以無機態的銨態氮與硝酸態氮為主，有偏好硝酸態氮者如白菜與菠菜等，也有偏好銨態氮者如高苣、芹菜及小黃瓜等⁽¹⁷⁾。因此，土壤中銨態氮與硝酸態氮之總量和所佔比例將影響作物的生長速率、產量，並影響植體中的氮素組成及其生理反應。

如表 4 所示，種植後土壤中銨態氮濃度高於硝酸態氮的處理有四種，分別是豌豆穀殼堆肥、化學肥料、豬糞堆肥及石灰處理，其中以豌豆穀殼堆肥處理的銨態氮濃度顯著較高，且高達 211 mg/kg 約是硝酸態氮的八倍。由於豌豆穀殼堆肥主要原料為豌豆苗剪下後之剩餘物，其中仍含有大量蛋白質等易礦化之有機態氮，因此，經堆肥作用後，形成高濃度的銨態氮，此種在土壤中累積高濃度銨態氮的現象，可能即為本處理小白菜生長不好的原因之一。化學肥料處理添加之尿素經水解成銨態氮，亦有在土壤中累積的現象。石灰處理因作物生長旺盛，吸收較多量的氮素，或因石灰的添加造成部分銨態氮以氣態氨揮發損失，導致土壤中銨態氮與硝酸態氮濃度相近的情形。種植後的牛糞蔗渣堆肥與太空包堆肥兩組處理土壤中硝酸態氮濃度高於銨態氮，可能是堆肥本身之硝酸態氮濃度高，且土壤微生物銨態氮氧化成硝酸態氮。太空包堆肥處理土壤中硝酸態氮濃度比牛糞蔗渣堆肥處理低的理由，除土壤的 pH 條件利於硝化作用進行之外，作物產量高而吸

收較多之硝酸態氮也是原因之一。另外，土壤中銨態氮與硝酸態氮合計之濃度以豌豆穀殼堆肥處理最高，牛糞蔗渣堆肥處理次之，化學肥料與太空包堆肥處理再次之，豬糞堆肥和石灰處理最少。其無機態氮總濃度低者相對的作物產量較高，可能是被作物吸收的結果，此類堆肥礦化之速率將不足以供給下期作物足夠的養分。

表 4 土壤中銨態氮與硝酸態氮的比值高於 6.0 的處理有豌豆穀殼堆肥、化學肥料及豬糞堆肥，豬糞堆肥處理種植後土壤之硝酸態氮濃度僅 4 mg/kg，顯示硝化作用進行速率不足以供給作物充裕氮源，在此情形下作物吸收銨態氮比例應高於其他處理，並可減少植體中硝酸鹽的累積。豌豆穀殼堆肥處理之硝酸態氮濃度雖然只為銨態氮的 1/8 倍，但其銨態氮高達 211 mg/kg 造成生長阻礙，而硝酸態氮濃度是 27 mg/kg 顯著高於豬糞堆肥處理，仍有足夠硝酸態氮可吸收利用。

三、植體的氮素組成與吸收量

遮陰、採收時間、栽培方式及營養元素的供應均會影響植體中硝酸態氮的濃度⁽³⁾。植體中硝酸態氮濃度由高至低依序為牛糞蔗渣堆肥、太空包堆肥、豌豆穀殼堆肥、石灰、豬糞堆肥處理(表 5)，葉柄中的硝酸態氮濃度均顯著高於葉片，因硝酸態氮的還原主要在葉片中進行，而葉柄不但是運輸之中途站，且為暫時之儲藏所。牛糞蔗渣堆肥處理之小白菜葉柄中硝酸態氮之平均濃度高達 41 mg/g，葉片則為 10 mg/g；太空包堆肥處理的葉柄也高達 35 mg/g，葉片為 9 mg/g。土壤中硝酸態氮濃度低之石灰處理，植體中亦顯示較低的硝酸態氮濃度，而堆肥及土壤中硝酸態氮濃度最低之豬糞堆肥處理，其植體中的硝酸態氮濃度顯著低於其他處理，Leaves II 所顯示濃度為 0.01 mg/g，Petioles II 為 0.06 mg/g，Leaves I 和 Petioles I 則為 0.1 mg/g 及 1.3 mg/g。此結果比文獻上同為豬糞堆肥處理之蔬菜所分析資料值低⁽⁹⁾，顯示利用低硝酸態氮的豬糞堆肥栽培作物可以有高的產量，且其植體中的硝酸態氮濃度可降至極低的標準。

每株植體之硝酸態氮吸收量由高至低依序為太空包堆肥、牛糞蔗渣堆肥、豌豆穀殼堆肥、石灰、豬糞堆肥處理(表 6)。太空包堆肥處理因產量高而使其每株植體中硝酸態氮的量超過濃度較高的牛糞蔗渣堆肥處理，豬糞堆肥處理因硝酸態氮濃度甚低，雖有高產量但每株植體中硝酸態氮量仍為各處理中最低者。考慮土壤中硝酸態氮與銨態氮濃度，顯示土壤中硝酸態氮濃度低者，植體中硝酸態氮的濃度也相對較低，但土壤中硝酸態氮與銨態氮的比例與植體中硝酸態氮濃度高低沒有一定的關係。豌豆穀殼堆肥處理葉柄(Petioles I)中硝酸態氮量(7.8 mg/g)是葉片(Leaves I)(4.4 mg/g)的兩倍，又如豬糞堆肥處理葉柄(Petioles I)中硝酸態氮量(2.9 mg/g)是葉片(Leaves I)(0.3 mg/g)的十倍，其他處理葉柄中硝酸態氮量是葉片的二至六倍左右。硝酸態氮被植物吸收後，需經硝酸還原酵素還原成銨態氮再進入麩胺酸循環合成胺基酸，少部分硝酸態氮在根部被還原，其餘由輸導組織經葉柄運送至葉片進行同化作用。硝酸態氮對植物不具毒性，因此葉柄可以累積高濃度的硝酸態氮。除豌豆穀殼堆肥處理之外，成熟葉(Leaves II 和 Petioles II)硝酸態氮濃度比其餘葉(Leaves I 和 Petioles I)低，雖然其餘葉(Leaves I 和 Petioles I)包括了老葉與幼葉兩部分，但是因幼葉所佔比例小，所以其硝酸態氮濃度較高的理由應是老葉中含高濃度的硝酸態氮。如表 7 所示，總硝酸態氮的量在太空包堆肥和牛糞蔗渣堆肥處理約佔總氮量的 42%，豌豆穀殼堆肥處理約佔 20%，石灰處理 10%，而豬糞堆肥處理僅佔 2% 且其中大都集中在葉柄部分，意即豬糞堆肥處理的葉片所含之硝酸態氮極少。

植體中存在的銨態氮在中性與鹼性的條件下會形成氨，氨對植物有毒害作用⁽¹⁴⁾，因此在正常狀態下，植體內的銨態氮濃度很低。銨離子被吸收後，在根部即進行同化作用，而吸收過多的銨

態氮大多以醃胺類(amides)存在植體中⁽²²⁾。硝酸根離子則不具毒性，是安全的儲藏型態，吸收過多的硝酸態氮會在植體中累積。在鉍態氮供應較多的情況下，植體中常會有小分子有機態氮累積，如醃胺類。本試驗各處理的土壤均有相當量的鉍態氮，如豌豆穀殼堆肥處理土壤之鉍濃度高達 211 mg/kg (表 4)，鉍離子之吸收應無法避免。豌豆穀殼堆肥處理的葉柄中醃胺態氮的濃度最高，顯示鉍態氮的過度營養造成醃胺類的累積，但是進入葉片之後則又很快被進一步同化，故葉片中醃胺態氮的濃度反而較低。石灰處理葉柄中醃胺態氮的濃度也較高，葉片中的醃胺態氮則為各處理中最高 (表 5)。

表 5. 不同處理對小白菜氮素濃度的影響

Table 5. Effect of different treatments on the concentration of nitrogen in Chinese cabbage (mg/g).

處 理 Treatment	其餘葉片 Leaves I	成熟葉片 Leaves II	葉片平均 Leaves	其餘葉柄 Petioles I	成熟葉柄 Petioles II	葉柄平均 Petioles	總平均 Average
醃胺態氮 Amide-N							
Pea and rice hull ^z	1.4 ^{by}	1.1 ^c	1.3 ^{bc}	2.6 ^a	2.6 ^a	2.6 ^a	1.7 ^b
Bagasse	1.2 ^b	1.1 ^c	1.1 ^c	2.1 ^b	1.9 ^b	2.0 ^b	1.5 ^b
Mushroom medium	1.5 ^b	1.6 ^b	1.5 ^b	1.6 ^c	1.5 ^c	1.5 ^c	1.5 ^b
Swine slurry	1.4 ^b	1.0 ^c	1.3 ^{bc}	0.8 ^d	0.8 ^d	0.8 ^d	1.1 ^c
Lime and fertilizer	1.8 ^a	2.7 ^a	2.1 ^a	1.8 ^{bc}	2.3 ^a	2.0 ^b	2.1 ^a
硝酸態氮 NO ₃ -N							
Pea and rice hull	3.7 ^c	4.9 ^b	4.1 ^c	14.5 ^c	28.1 ^b	20.5 ^c	9.5 ^c
Bagasse	11.7 ^a	6.9 ^a	10.2 ^a	42.8 ^a	38.5 ^a	41.4 ^a	23.4 ^a
Mushroom medium	10.3 ^b	5.4 ^b	8.9 ^b	39.1 ^b	25.9 ^b	34.8 ^b	20.3 ^b
Swine slurry	0.1 ^e	0.01 ^e	0.1 ^e	1.3 ^e	0.06 ^d	1.0 ^e	0.5 ^e
Lime and fertilizer	1.7 ^d	0.7 ^c	1.4 ^d	9.8 ^d	5.6 ^c	8.0 ^d	3.9 ^d
不溶性氮 Insoluble-N							
Pea and rice hull	49.3 ^a	49.2 ^b	49.2 ^a	13.2 ^a	10.2 ^a	11.9 ^a	37.1 ^a
Bagasse	40.7 ^{bc}	52.0 ^b	44.2 ^b	8.7 ^b	8.1 ^b	8.5 ^b	29.2 ^c
Mushroom medium	38.2 ^c	58.2 ^a	43.8 ^b	7.7 ^c	7.6 ^b	7.6 ^c	27.9 ^c
Swine slurry	27.8 ^d	27.3 ^c	27.7 ^c	6.9 ^d	6.6 ^c	6.8 ^d	20.0 ^d
Lime and fertilizer	43.5 ^b	49.6 ^b	45.6 ^b	9.2 ^b	7.7 ^b	8.5 ^b	31.7 ^b
總 氮 Total-N							
Pea and rice hull	54.4 ^a	55.2 ^c	54.7 ^a	30.2 ^c	40.9 ^b	34.9 ^c	48.2 ^b
Bagasse	53.5 ^a	60.0 ^b	55.5 ^a	55.2 ^a	48.6 ^a	51.9 ^a	54.1 ^a
Mushroom medium	49.9 ^b	65.3 ^a	54.3 ^a	48.4 ^b	35.0 ^c	44.0 ^b	49.7 ^b
Swine slurry	29.4 ^c	28.3 ^d	29.1 ^c	9.0 ^e	7.3 ^e	8.6 ^e	21.6 ^d
Lime and fertilizer	47.0 ^d	53.0 ^c	49.1 ^b	20.9 ^d	15.6 ^d	18.6 ^d	37.6 ^c

z) Pea and rice hull (豌豆穀殼堆肥)、Bagasse (牛糞蔗渣堆肥)、Mushroom medium (太空包堆肥)、Swine slurry (豬糞堆肥)、Lime and fertilizer (化學肥加石灰)。

y) Means followed by the same letter are not significantly ($p=0.05$) different according to the Duncan's multiple range test.

植物由根部吸收的無機態氮經同化作用後轉變為蛋白質、核酸等化合物，是氮素組成的主要部分。各處理的不溶性氮佔總氮含量百分比如下：太空包堆肥和牛糞蔗渣堆肥處理 55%、豌豆穀

殼堆肥 77 %、化學肥加石灰處理 84 %、豬糞堆肥 93 %，顯示豬糞堆肥處理吸收的無機態氮素大部分已被同化（表 7）。各處理葉片中不溶性氮的濃度和量均高於葉柄，因同化作用在葉片中進行需要最多的蛋白質及核酸等含氮物質。無論在葉片或葉柄，不溶性氮濃度均以豌豆穀殼堆肥處理最高，應是此處理生長受到阻礙造成濃縮之現象，且此處理吸收銨態氮的比例高於太空包堆肥和牛糞蔗渣堆肥處理。豬糞堆肥處理不溶性氮濃度最低，在 Leaves I 中是因稀釋效應造成的結果，在 Leaves II 則是呈現缺氮現象，因 Leaves II 之不溶性氮濃度及吸收量皆是所有處理中最低者。不溶性氮總量以太空包堆肥處理顯著較高，表示此處理的作物生長最旺盛，形成最多之蛋白質及核酸等化合物。

表 6. 不同處理對小白菜氮素含量的影響

Table 6. Effect of different treatments on the amount of nitrogen in Chinese cabbage (mg/plant).

處理 Treatment	其餘葉片 Leaves I	成熟葉片 Leaves II	葉片合計 Leaves	其餘葉柄 Petioles I	成熟葉柄 Petioles II	葉柄合計 Petioles	總量 Total
醃胺態氮 Amide-N							
Pea and rice hull ^{z)}	1.8 ^{y)}	0.9 ^c	2.7 ^c	1.3 ^c	1.0 ^b	2.3 ^c	5.0 ^d
Bagasse	1.9 ^c	0.8 ^c	2.7 ^c	2.3 ^b	1.1 ^b	3.4 ^b	6.1 ^c
Mushroom medium	4.6 ^a	2.0 ^b	6.6 ^a	3.7 ^a	1.8 ^a	5.5 ^a	12.1 ^a
Swine slurry	4.6 ^a	0.8 ^c	5.4 ^b	1.3 ^c	0.5 ^c	1.8 ^c	7.2 ^c
Lime and fertilizer	3.4 ^b	2.7 ^a	6.1 ^a	1.8 ^{bc}	1.8 ^a	3.6 ^b	9.6 ^b
硝酸態氮 NO ₃ -N							
Pea and rice hull	4.4 ^c	3.7 ^c	8.1 ^c	7.8 ^c	11.9 ^c	19.7 ^c	28 ^c
Bagasse	19.3 ^b	4.9 ^b	24.2 ^b	49.0 ^b	22.8 ^b	71.8 ^b	96 ^b
Mushroom medium	32.7 ^a	6.7 ^a	39.4 ^a	92.6 ^a	29.8 ^a	122.4 ^a	162 ^a
Swine slurry	0.3 ^d	0.01 ^d	0.3 ^e	2.9 ^c	0.04 ^e	2.9 ^d	3 ^d
Lime and fertilizer	3.3 ^{cd}	0.7 ^d	4.0 ^d	9.6 ^c	4.2 ^d	13.8 ^c	18 ^c
不溶性氮 Insoluble-N							
Pea and rice hull	60.3 ^d	37.7 ^c	98.0 ^c	7.2 ^c	4.3 ^c	11.5 ^c	110 ^c
Bagasse	67.2 ^{cd}	37.4 ^c	104.6 ^{bc}	10.1 ^{bc}	4.8 ^{bc}	14.9 ^{bc}	119 ^c
Mushroom medium	122.7 ^a	72.5 ^a	205.2 ^a	18.0 ^a	8.9 ^a	26.9 ^a	222 ^a
Swine slurry	88.7 ^b	23.0 ^d	111.7 ^{bc}	11.7 ^b	4.5 ^c	16.2 ^b	128 ^{bc}
Lime and fertilizer	82.1 ^{bc}	50.1 ^b	132.2 ^{bc}	9.1 ^{bc}	5.8 ^b	14.9 ^{bc}	147 ^b
總氮 Total-N							
Pea and rice hull	66.4 ^c	42.3 ^c	108.7 ^c	16.4 ^c	17.3 ^c	33.7 ^c	142 ^d
Bagasse	88.3 ^b	43.0 ^c	131.3 ^b	64.6 ^b	28.7 ^b	93.3 ^b	221 ^b
Mushroom medium	160.0 ^a	81.2 ^a	241.2 ^a	114.3 ^a	40.5 ^a	154.8 ^a	396 ^a
Swine slurry	93.6 ^b	23.8 ^d	117.4 ^{bc}	15.9 ^c	4.9 ^e	20.8 ^d	138 ^d
Lime and fertilizer	88.7 ^b	53.4 ^c	142.1 ^b	20.5 ^c	11.7 ^d	32.2 ^c	174 ^c

z) Pea and rice hull (豌豆穀殼堆肥)、Bagasse (牛糞蔗渣堆肥)、Mushroom medium (太空包堆肥)、Swine slurry (豬糞堆肥)、Lime and fertilizer (化學肥加石灰)。

y) Means followed by the same letter are not significantly ($p=0.05$) different according to the Duncan's multiple range test.

表 7. 不同處理對小白菜氮素組成的影響

Table 7. Effect of different treatments on the proportion of different nitrogen fractions in Chinese cabbage.

處理 Treatment	葉片 Leaves		葉柄 Petioles		合計 Total	
	(mg)	(%)	(mg)	(%)	(mg)	(%)
醃胺態氮 Amide-N						
Pea and rice hull ^z	2.7	2	2.3	2	5.0	4
Bagasse	2.7	1	3.4	2	6.1	3
Mushroom medium	6.6	2	5.5	1	12.1	3
Swine slurry	5.4	4	1.8	1	7.2	5
Lime and fertilizer	6.1	3	3.6	2	9.7	6
硝酸態氮 NO ₃ -N						
Pea and rice hull	8.1	6	19.7	14	27.8	20
Bagasse	24.2	11	71.8	32	96.0	43
Mushroom medium	39.4	10	122.4	31	161.8	41
Swine slurry	0.3	0.2	2.9	2	3.2	2
Lime and fertilizer	4.0	2	13.8	8	17.8	10
不溶性氮 Insoluble-N						
Pea and rice hull	98.0	69	11.5	8	109.5	77
Bagasse	104.6	47	14.9	7	119.5	53
Mushroom medium	195.2	49	26.9	7	222.1	56
Swine slurry	111.7	81	16.2	1	127.9	93
Lime and fertilizer	132.2	76	14.9	9	147.1	84
總氮 Total-N						
Pea and rice hull	108.7	76	33.7	24	142.4	100
Bagasse	131.3	58	93.3	42	224.6	100
Mushroom medium	241.2	61	154.8	39	396.0	100
Swine slurry	117.4	85	20.8	15	138.2	100
Lime and fertilizer	142.1	82	32.2	18	174.3	100

z) Pea and rice hull (豌豆穀殼堆肥)、Bagasse (牛糞蔗渣堆肥)、Mushroom medium (太空包堆肥)、Swine slurry (豬糞堆肥)、Lime and fertilizer (化學肥加石灰)。

依過去試驗報告，採收期小白菜植體中的總氮濃度約為 38 mg/g，本試驗除豬糞堆肥和石灰處理外，各處理植體之總氮平均濃度均高於 38 mg/g (表 5)。雖豬糞堆肥處理之小白菜地上部總氮平均濃度為 21.6 mg/g，葉片為 29.1 mg/g，但是其生長卻為各處理中次高者。為兼顧產量並使植體中不會累積過多的硝酸鹽類，秀珍白菜植體中最適之總氮濃度應低於 38 mg/g。

參考文獻

1. 庄舜堯、孫秀廷。1995。氮肥對蔬菜硝酸鹽累積的影響。土壤學進展 23: 30-35。
2. 林安秋。1991。作物之光合作用。台灣商務印書館 p.19-20。
3. 吳正宗、王銀波。1995。一些影響小白菜 (*Brassica chinensis* L.) 硝酸態氮含量的環境因子。中國農業

化學會誌 33: 125-133。

4. 孟賜福、傅慶林。1995。施石灰石粉後紅壤化學性質的變化。土壤學報 32: 300-307。
5. 倪禮豐。1994。有機質肥料及採收時間對青梗白菜及介藍菜氮組成的影響。國立台灣大學農業化學研究所碩士論文，台北，台灣。50 pp。
6. 黃祥慶、蔡宜峰。1993。不同用量乾豬糞對菠菜及葉萵苣生育及產量之影響。台中區農業改良場研究彙報 38: 37-43。
7. 翁玉娥。1993。有機肥料的添加對磷在土壤中的轉變及有效性的影響。國立中興大學土壤研究所碩士論文，台中，台灣。? pp。
8. 蔡素蕙、黃山內、楊秋忠。1992。有機及化學肥料對小白菜生長、硝態氮及維生素含量的影響。中華農學會報 158: 77-85。
9. 鄭雙福。1990。有機肥料、爐渣及氮肥對蔬菜產量及硝酸態氮累積之影響。土壤肥料試驗報告，p.181-188。
10. Amau, F., and K. H. Tan. 1986. Effect of lime and organic matter on soybean seedlings grown in aluminum toxic soil. *Soil Sc. Soc. Am. J.*, 50: 656-661.
11. Anjos, J. T., and D. L. Rowell. 1987. The effect of lime on phosphorus adsorption and barley growth in three acid soils. *Plant Soil*, 103: 75-83.
12. Guidi, G., A. Pera, M. Giovannetti, G. Poggio, and M. Bertoldi. 1988. Variations of soil structure and micro-biol population in a compost amended soil. *Plant Soil*, 106: 113-119.
13. Haynes, K. J. 1986, The decomposition process: mineralization, immobilization, humus formation, and degradation. In "Mineral Nitrogen in the Plant-Soil System". p.52-126. Haynes, K. J. (ed), Academic Press, Inc., New York.
14. Haynes, R. J., and K. M. Goh. 1978. Ammonium and nitrate nutrition of plants. *Biol. Rev.*, 53: 465-510.
15. Heuer B. 1991, Growth, photosynthesis and protein content in cucumber plants as affected by supplied nitrogen form. *J. Plant Nutrition*, 14: 363-373.
16. Hunter, D. J., L. G. G. Yapa, N. V. Hue, and M. Eaquib. 1995. Comparative effects of sweet corn and chemical properties of an acid oxisol in western Samoa. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 26: 375-388.
17. Ikeda, H. 1991, Utilization of nitrogen by vegetable crops. *JARQ*, 25: 17-124.
18. Innocent, Y. D. Lawson, K. Muramatsu, and Ichio Nioh. 1995. Effect of organic matter on the growth, nodulation, and nitrogen fixation of soybean growth under acid and saline conditions. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 41: 721-728.
19. Krotzchmar, R. M., H. Hafnar A. Bationo and H. Marschner. 1991. Long and short term effects of crop residues on aluminum toxicity, phosphorus availability and growth of pearl millet in an acid sandy soil. *Plant Soil*, 136: 215-223.
20. Marchesini, A., L. Allievi, E Comotti, and A. Ferrari. 1988. Long-term effects of quality-compost on soil. *Plant Soil*, 106: 253-257.
21. Peuke, A. D., and W. D. Jeschke. 1993. The uptake and flow of C, N and ions between roots and shoots in *Ricinus communis* L. *J. Exp Bot.*, 44: 1167-1176.
22. Reissenauz, H, M. 1982. Absorption and utilization of ammonium nitrogen by plants. In "Nitrogen in the Environment" Part 2. p.157-189. Nielsen, D. R., and J. G. MacDonuld (ed.) Academic Press, New York.

23. Sharpley, A. N., and S. J. Smith. 1995. Nitrogen and phosphorus forms in soils receiving manure, *Soil Sci*, 159: 253-258.

Effect of Organic Fertilizers on the Growth and Nitrogen Composition of Chinese Cabbage

F. N. Wang

Summary

A greenhouse experiment was conducted to compare the effectiveness on Chinese cabbage with chemical fertilizer, chemical fertilizer with lime, and four kinds of composts. The results indicate that the soil properties were markedly affected by organic fertilizer applications. The concentration of $\text{NH}_4\text{-N}$ in pea and rice hull compost treated soil was the highest of all plots, which was 211 mg/kg. The $\text{NO}_3\text{-N}$ concentrations of bagasse and swine slurry compost treated plots were 98 mg/kg and 4 mg/kg respectively. The shoot yield of Chinese cabbage in the mushroom medium compost treated plot was the highest (8.0 g/plant), that of the swine slurry compost treated plot ranked the second (6.4 g/plant), and chemical fertilizer was the lowest (1.0 g/plant). The growth of Chinese cabbage was significantly retarded in the chemical fertilizer, pea and rice hull and bagasse treatments. The leaves of the above-mentioned three treatments showed marginally necrotic, chlorotic and seriously distorted. The $\text{NO}_3\text{-N}$ concentrations of the newly matured leaves of the swine slurry compost treated plot was as low as 0.01 mg/g, however, the bagasse and mushroom medium composts treated plots were 6.9 mg/kg and 5.4 mg/kg, respectively. The insoluble nitrogen concentration of swine slurry composts treated plots was the lowest and these of pea and rice hull compost treated plot was the highest of all. The proportion of insoluble nitrogen to the total nitrogen occurred in the following orders: swine slurry treated (95 %), chemical fertilizer with lime treated (84 %), pea and rice hull treated (77 %), mushroom medium treated (56 %), and bagasse treated (53 %). However, the total nitrogen concentration decreased in the following order: bagasse treated, mushroom medium treated, pea and rice hull treated, chemical fertilizer with lime treated, and swine slurry treated. Soil available total nitrogen and the ratio of $\text{NH}_4\text{-N}$ to $\text{NO}_3\text{-N}$ influenced the nitrate amounts in Chinese

cabbage plants.

Key word: Organic fertilizers, Chinese cabbage, Nitrate, Nitrogen composition.