

下水道污泥對菊花生長 與礦物成分之影響^{1,3)}

Effect of Sewage Sludge on Growth and Mineral
Composition in Chrysanthemum

李 晔 梁 淑 嫻

by

Nean Lee and Shu-hsien Liang

關鍵字：菊花，下水道污泥，無土介質，大量及微量元素、重金屬

Key words: chrysanthemum, sewage sludge, soilless potting
media, macro and minor elements, heavy metals

摘 要：利用砂/杉木屑或水苔泥炭/蛭石或水苔泥炭/真珠砂之無土混合介質（體積比 1 : 1）拌入 $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ 體積之脫水下水道污泥，栽植 Treasure Chest 及 Wedgewood 盆菊，結果拌有污泥介質，菊葉含氮、磷、鉀、鈣、鎂、硼、鋅、銅、鉬、鎳、鎘和鉛等較高，但除鋅外，均在認為正常濃度範圍。菊葉含鋅量達 2,280ppm，但葉尚未看出鋅毒害症狀。臺北市民生社區之下水道污泥可供為介質、低成分肥料及介質改良劑之用，以之與砂/杉木屑混合可生產具販賣價值之盆菊，但污泥用量不宜超出 $\frac{1}{3}$ 體積。

前 言

文明發展與人口集中都市的結果，單純自來水及廢污水處理而言，雖其處理過程可使水的部份潔淨，但處理時分離出的污泥，不但量大，而且不易加以處理（treatment）及處置（disposal），往往又形成河川污染源之一。就家庭污水而言，如採最常用之活性污泥法（activated sludge process）加以處理，每處理 100 m³ 污水，約產生 2.3 m³ 的生物性污泥（

1) 本文為第二作者碩士論文部分資料。

2) 國立臺灣大學園藝系教授及前研究生。Professor and former graduate student, Department of Horticulture, National Taiwan University.

3) 菊苗係臺北市公園路燈管理處新生公園贈送，礦物元素分析係美國康乃爾大學果樹系 Oberly, 劉富文教授及 Kwong 博士之協助，特表謝忱。Appreciation is expressed to, G.H. Oberly, F. W. Liu and S. S. Kwong, Department of Pomology, Cornell Univ. Ithaca, N. Y. and Shin-sheng Park, Taipei, for mum cuttings.

4) 本文於民國76年6月20日收到。Date received for publication: June 20, 1987.

biological sludge)，目前臺灣地區每日產生家庭污水量約為 500,000 m³，而推動污水處理防治河川污染為政府既定政策之一，故未來必有更多的市鎮污水處理廠陸續建造，則每年由家庭污水處理所排放之生物污泥勢達 29,400,000 m³ 以上⁽¹⁾。

下水道污泥 (sewage sludge) 主要來自家庭污水，一般的處理方法有丟棄於海洋，脫水乾燥後用於填土、焚化和農業利用四種^(25,27,36,40)。由於環境衛生及經濟上的考慮，近年來農業應用漸多。美國農部將下水道污泥與碎木片 (wood chip) 堆置 (composting) 達脫水除臭後，再將碎木片篩出⁽¹⁸⁾，這種堆置過的污泥，狀如腐植質 (humus-like material)，可視為低成分肥料及土壤改良劑 (soil conditioner)^(23,32,33)、視為介質 (medium) 與無土介質混合並可供養分栽培草花⁽¹⁴⁾及觀賞花木⁽³⁹⁾。即使應用於培育番茄，網紋香瓜 (muskmelon) 及甘藍等菜苗，對未來所結果實及甘藍食用部分，不會造成重金屬累積而影響食物鏈 (food chain) 的安全性⁽³⁸⁾。臺北市民生社區之下水道污泥，重金屬含量，鋅 1,042—1,324ppm、銅 160—309ppm、鉛 139—247ppm、鎳 91ppm、鎘 1.89—3.8ppm^(6,8)，屬低金屬污泥⁽¹³⁾，可作為農業利用，施入田間，可增加蘿蔔產量，但未增加其重金屬含量⁽⁸⁾。

歐美各國以大量的有機物如水苔泥炭 (sphagnum peat moss)，樹皮為園藝作物之盆栽介質^(12,30)。臺灣近年園藝用的水苔泥炭均由國外進口，且現階段尚無堆置加工過的樹皮可予利用，本研究室曾採極易獲得之福州杉木屑與河砂混合栽培矮牽牛⁽²⁾及一些草本花苗⁽⁹⁾效果甚佳。下水道污泥中的有機物，約佔固形物的50%，且離子吸附性強，以臺北市民生社區之污泥 N-P₂O₅-K₂O 含量為 0.96-0.58-0.25%^(6,11)，Anderson⁽¹¹⁾分析美國18個來源的污泥，其 N, 0.97-5.96%；P₂O₅, 0.42-7.38%；K₂O, 0.09-0.74%；Ca, 1.8-9.5%；Mg, 0.3-1.8%。上述氮和磷含量均比一般的堆肥和廐肥高，因此將污泥作為農業應用，一方面可解決污泥處置的問題，一方面可取代部分介質及節省肥料的使用^(14,29,33,36)。

Sommers⁽³⁷⁾分析美國150處污水處理廠的污泥，發現大量元素 (macroelements) 含量有限，而一些重金屬如鉛 (Pb)，銅 (Cu)，鎳 (Ni)，鎘 (Cd)，等依處理方法、地理環境、季節變化而含量差異相當的大，微量元素 (minor elements) 如銅，鋅 (Zn)、錳 (Mn)、鉬 (Mo) 及硼 (B) 均相當豐富。這些 Cd、Zn、Cu、Pb、Mn 等重金屬，若過量施用於農地，累積於土壤，不僅造成植物之致毒現象，且將污染食物鏈而危及人類的健康，其中尤以 Cd 為甚^(22,25,31,33,35,40)。故以農業利用於盆栽觀賞植物最為安全實用。本研究室有鑒於此，自1980年起，不斷利用臺北市民生社區下水道污泥，從事觀賞盆栽花卉之試驗，今以盆菊為供試植材，探討污泥用量，植株礦物成分與重金屬含量，供農業利用可行性之依據，其他花卉作物將陸續發表。

材料與方法

盆菊黃色重瓣品種 Treasure Chest 及粉紅色單瓣品種 Wedgewood 於 1980~1981 年之秋冬，插穗於長日處理 (10 PM-2 AM 以 100W 白熾燈照明 4 小時) 下發根後，定植於口徑 12cm 素燒盆，內盛拌入不同體積比污泥之無土介質。定植摘心一週由長日處理移至自然日長下，置於塑膠布防雨棚架上生育。試驗一，砂/杉木屑拌入污泥 1/2 ~ 1/3 體積之試驗，菊株均未除蕾，而試驗二以不同無土介質拌入污泥試驗者，每側枝祇留頂生花朵，其側蕾均盡早除去。每處理 4 盆為四重複，每盆定植一株。栽培期間定期噴施農藥以防病蟲害。

下水道污泥富含磷、微量元素及重金屬^(6,8)，為側其肥效及植物之蓄積重金屬，於拌入不同體積污泥介質試驗中，有不再施液肥，或單施硝酸鉀 (KNO₃) 0.56g/l 含 K, 200ppm; N, 72ppm⁽³⁾，或以硝酸鈣和硝酸鉀配製出氮和鉀各 200ppm 的液肥施用，或以完全培養液⁽¹⁷⁾，其大量元素以 mM 計，N, 16; K, 6; Ca, 4; P, 2; S, 1; Mg, 1; 微量元素以 μM 計，則 Cl, 50

; B, 25; Mn, 2.0; Zn, 2.0; Cu, 0.5; Mo, 0.5; 和 Fe, 20 以比较污泥肥效。试验一每週施液肥三次。试验二則每週施液肥二次。所有施肥, 均以工業用級配製。

菊花摘心後每週紀錄其株高及開花情形, 待花朵半數以上盛開後全株採收, 稱其鮮重, 測其株高, 分枝數, 總葉數, 花朵數及花徑。定植後一個月取自莖頂往下數第七及第八片剛成熟葉片, 每側枝取二片, 每處理四株合併成一樣品, 以蒸餾水洗淨65°C烘乾, 磨粉至20mesh。取0.3g樣品, 加入7ml濃硫酸, 1.5ml 混合酸(過氯酸: 硫酸92:8, V/V) 加以消化分解。全氮分析採 A、O、A、C methods of analysis 11th (2、0、49) Kjeldahl 方法測定。其他元素以 Kenworthy⁽²⁴⁾方法以光電質譜儀 (photoelectric spectrograph) 測定。

介質之物理性狀分析, 取調製好介質完全風乾後, 取一公升置口徑 15cm高 30cm 之玻璃圓柱, 緩緩加入自來水浸滿飽和, 隔天稱重後, 打開下面之排水孔, 經24小時充分排水後再稱重, 再以105°C烘乾24小時後稱重, 以測其容氣量, 保水力及容積比重⁽¹⁹⁾。

結果與討論

一、無土介質拌入污泥对盆菊生育之影响

試驗一以砂/杉木屑依體積比各半混合之無土介質, 拌入 1/3、2/3 體積之污泥, 均能促進菊株之生育, 拌入 2/3 體積之污泥生育不如拌入 1/3 者, 顯示施用 2/3 體積之污泥已過量 (圖 1、3、4 和

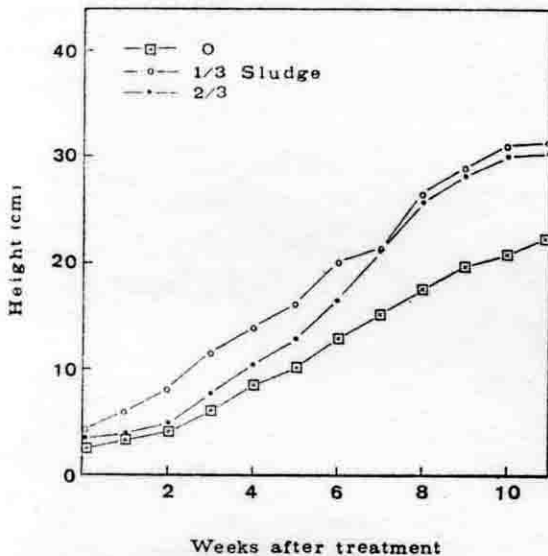


圖 1. 砂/杉木屑混合介質 (1:1) 拌入 1/3 或 2/3 體積污泥在不施肥下对菊花 Treasure Chest 植高之影响

Fig. 1. Effect of sand/sawdust mix amended with various volume of sludge on height of chrysanthemum cv. Treasure Chest. Plants were not applied liquid fertilizers. Experiment started on Sept. 24, and ended on Dec. 28, 1980.

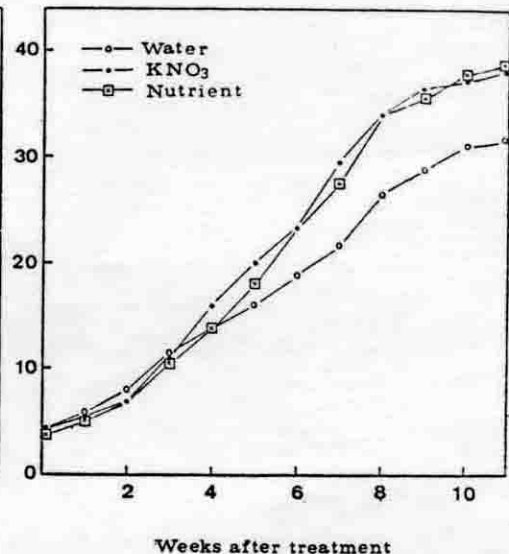


圖 2. 施肥对菊花 Treasure Chest 種於砂/杉木屑 (1:1) 拌入 1/3 體積污泥对植高之影响

Fig. 2. Effect of fertilizers on height of chrysanthemum cv. Treasure Chest grown in sand/sawdust mix amended with 1/3 volume of sludge. Experiment started on Sept. 24, and ended on Dec. 28, 1980.

表1. 砂/杉木屑拌入不同體積污泥及施肥對菊花鮮重之影響

Table 1. Fresh weight of two chrysanthemum cultivars as influenced by sand/sawdust mix amended with various volume of sewage sludge and applied various fertilizers^{1,2}.

Cultivars	CK			KNO ₃			Nutrients		
	0	1/3	2/3	0	1/3	2/3	0	1/3	2/3
Treasure Chest	17.0a	38.9ab	19.6a	17.5a	68.4bc	86.1c	166.4c	117.1d	83.5c
Wedgewood	15.6a	51.2b	59.8b	12.5a	104.7c	100.3c	134.3d	130.7d	106.2c

1. The experiment periods for Treasure Chest and Wedgewood cultivars were 9/24/80 - 12/28/80 and 12/12/80-2/27/81, respectively.

2. CK, no fertilizer application; nutrients, complete nutrient solution.

3. Means in row followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

表2. 介質、污泥含量及施氮、鉀肥或完全培養液對盆菊 Treasure Chest 生育之影響

Table 2. Growth of chrysanthemum cv. Treasure Chest grown in various media amended with sewage sludge and fertilized with NK or complete nutrients twice per week^{1,2}.

Potting Compo- sition	mixes Slud- ge	Fresh wt. g/top		Break No.		Stem le- ngth, cm		LeafNo.		Flower dia. cm	
		NK	com- plete	NK	Com- plete	NK	Com- plete	NK	Com- plete	NK	Com- plete
	0	14.8a	89.4	2.5a	4.5a	24.1	31.6	7.5a	39.3a	7.5a	10.6
P/Ver	1/3	96.8c	117.3	6.5d	7.3d	33.9	34.8	55.0c	64.3c	10.7c	11.1
	1/2	93.5c	122.2	4.9b	6.3c	27.3	34.2	41.3b	60.0bc	9.7b	10.4
P/Per	1/3	76.9b	93.1	5.5bc	5.3b	32.7	31.1	42.8a	53.3b	10.2c	10.4
	1/2	81.3b	114.3	5.0b	5.8bc	29.8	36.9	42.8a	60.5c	10.5c	10.4
S/Saw	1/3	87.6bc	101.4	5.5bc	5.5b	32.3	33.6	48.0b	44.0a	10.3c	10.6
	1/2	86.8bc	83.3	6.0cd	5.6b	31.6	31.6	44.0b	38.8a	10.4c	10.2
		NS				NS	NS				NS

1. The experiments were started on Oct. 3, 1981. and ended on Dec. 17. Each treatment was the mean of 4 replicates and one plant on each. Means in a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test. NS, not significant at 5% level.

2. P, peat; Ver, vermiculite; Per, perlite; S, sand; Saw, sawdust; NK, fertilized with 200 ppm N and 200 ppm K from calcium nitrate and potassium nitrate. Complete, complete Johnson's solution (Epstein, 1972).

表 1)。介質拌入 $\frac{1}{3}$ 體積污泥、不施肥、或單施硝酸鉀液肥、或施完全培養液，處理後之前三週株高相近(圖 2)，顯示介質中添加污泥，在前三週所供應的養分可供菊花生長所需，此與Gouin和Shanks⁽²¹⁾，在聖誕紅、菊花和一些花壇植物所得結果相同。於1980年9月24日種植的 Treasure Chest品種，係採剛由污泥處理廠取回之新鮮脫水污泥，有惡臭，拌入 $\frac{1}{3}$ 體積於砂/杉木屑介質，在不施肥情況下，具有供應養分促進生育之效果，但拌入 $\frac{2}{3}$ 體積者根部褐化生育不良，無促進生長作用；而同批污泥經三個月的自然淋溶與風乾之脫臭污泥，於12月12日栽植 Wedgewood 品種，拌入 $\frac{1}{3}$ 及 $\frac{2}{3}$ 體積的污泥，在不施肥下，均有較佳之肥效；若施完全培養液，以新鮮污泥栽培的 Treasure Chest，鮮重均不如不含污泥者，經放置(aging)的污泥種植 Wedgewood 品種，含 $\frac{1}{3}$ 污泥者相差甚小，但拌入 $\frac{2}{3}$ 體積鮮重，花朵數也較差(表 1，圖 3、4)。由預備試驗得知，盆菊生長六星期後，以一分介質對入二分的水的抽出液測栽培介質拌入污泥後的電導度，含 $\frac{1}{3}$ 及 $\frac{1}{2}$ 污泥者相對地為0.82及1.17mmho/cm，這種電導度所顯示的可溶性鹽類濃度，適宜於一般花卉⁽²⁸⁾，故拌入污泥生育較差，可能係銨毒害(ammonium toxicity)及鋅濃度過高(表 4，5及圖 6)所致。據曾等⁽⁸⁾於10—11月間取九次民生社區污泥分析，其平均銨態氮($\text{NH}_4\text{-N}$) 3,332ppm，最高可達 5,525ppm。銨態氮多，且在臺灣初秋的高溫下，插穗品質較差，菊苗易造成銨毒害現象^(5,10)，到冬天栽植的 Wedgewood 品種，可能氣溫較為冷涼適合菊花生育，加上所用的污泥已放置三個月，其 $\text{NH}_4\text{-N}$ 及其他有害物質減少，而硝酸

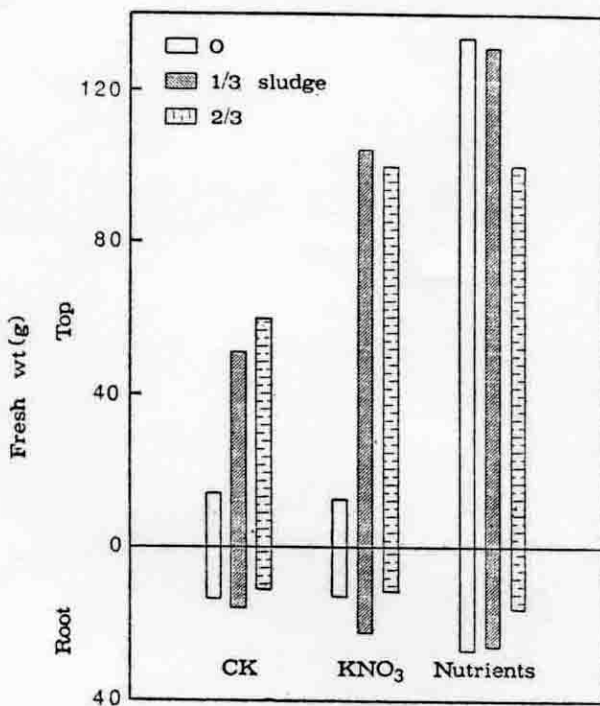


圖 3. 污泥含量與施肥對 Wedgewood 菊花地上部與根鮮重之影響

Fig. 3. Effect of sand/sawdust mixes amended with various volume of sludge and fertilizers on top and root fresh weight of chrysanthemum. cv. Wedgewood. The experiment started on Dec. 12, 1980 and ended on Feb. 27, 1981.

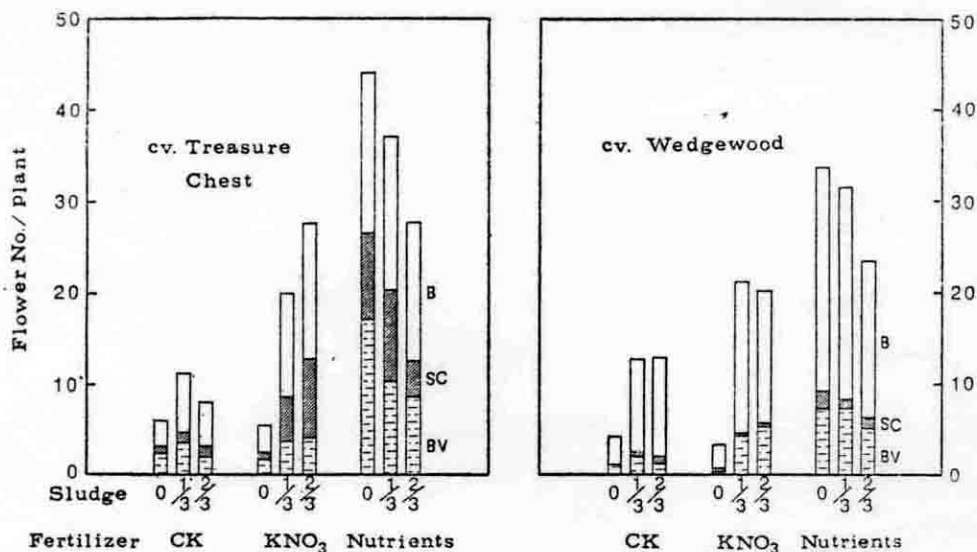


圖 4. 污泥含量與施肥對盆菊花朵數之影響

Fig. 4. Flower number of two chrysanthemum cultivars as influenced by sand/sawdust mix amended with various volume of sludge and fertilizer applications. CK, no fertilizer application; Nutrients, complete nutrients solution. B, bloom; SC, show color; BV, bud visible.

態氮 ($\text{NO}_3\text{-N}$) 增加，致污泥對 Wedgewood 的肥效較秋植 Treasure Chest 品種為佳 (表 1 及圖 3, 4)。如 Valmis⁽³⁹⁾ 分析新鮮下水道污泥， $\text{NH}_4\text{-N}$ 達 2000ppm，經放置一段時間， $\text{NH}_4\text{-N}$ 降到 300ppm 而 $\text{NO}_3\text{-N}$ 則由 500ppm 增到 2,500ppm。可見脫水後尚有惡臭之下水道污泥，應堆置 (composting)⁽¹⁸⁾ 或放置 (aging) 一段時間，以後再利用更為理想。其用量以不超出 $\frac{1}{2}$ 體積的盆栽介質為宜 (表 1, 3 及圖 3, 4)。試驗一砂/杉木屑之無土介質不拌入污泥，每週施硝酸鉀液肥三次者，因介質中缺磷，菊株生育受阻，與不施肥之對照鮮重相近，但若拌入富含磷肥之污泥^(6,11)，則單施氮，鉀，可顯著地促進生育，尤以經過一段時間放置的污泥肥效更佳，惟尚不及不含污泥而施完全培養液者。施硝酸鉀 (0.56g/l)，內含 200ppm 鉀及 72ppm 的氮，可能氮肥不足使生育較差，其葉含氮也較低 (表 1, 4 及圖 3, 4)。試驗二比較三種盆栽無土介質拌入 $\frac{1}{3}$ 或 $\frac{1}{2}$ 體積經放置無臭之污泥，對 Treasure Chest 可促進側芽萌發，葉數及鮮重，且花莖三十多公分高，花徑 10cm 以上，即使單施氮，鉀各 200ppm 每週二次，也可開出 4.9~6.5 花朵 (側枝數即花朵數)；施完全培養液者更佳，二者均可生產出相當高品質的盆菊 (表 2)。採用進口歐美常用的水苔泥炭拌入蛭石 (P/Ver) 或真珠砂 (P/Per) 為介質^(12,30)，與本研究室常用在臺灣極易獲得之河砂及杉木屑為介質相比，拌入污泥 $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{2}$ 後生育非常相近，若水苔泥炭 / 蛭石的介質不加入基肥或不拌入污泥，而每週祇施二次液肥，其側芽，葉數均顯著地減少 (表 2)，顯示污泥可當介質 (medium)，亦可當成基肥，供應氮、磷、鈣、鎂及微量元素等，以節省肥料用量^(6,8,14,29,33,36)。同時可改善介質之物理性狀，使砂/杉木屑較重介質變輕，通氣及保水力增加，而泥炭拌入蛭石或真珠砂的介質變重，以免太輕易於倒伏 (表 2, 3)。砂/杉木屑拌入污泥不祇能培育出具商品化之盆菊，亦可生產其他盆花及花壇植物^(4,9)

表3. 拌入污泥對不同盆栽介質物理性狀之影響

Table 3. Physical properties of soilless mixes amended with sludge¹.

Potting mixes		Bulk density g/c. c.	Air space %	Water holding capacity %	Total air space %
Composition 1:1	Sludge (by volume)				
S/Saw	0	0.93	9	52	61
	1/3	0.69	16	57	73
	1/2	0.75	21	52	73
P/Ver	0	0.11	15	76	91
	1/3	0.42	16	68	84
	1/2	0.50	14	72	86
P/Per	0	0.11	24	49	73
	1/3	0.27	26	46	72
	1/2	0.31	28	54	72

Note 1 as same as Note 2 in Table 2.

是經濟可採之無土介質，也可解決污泥處置問題，不致造成環境的再污染，可說一舉數得，值得推廣應用。

二、下水道污泥對菊葉礦物元素之影響

分析菊葉之礦物元素，N、P、K、Ca 和 Mg 等大量元素，B、Zn、Cu、Mo 等微量元素拌入污泥者含量均增加，Cd、Cr、Ni 和 Pb 等重金屬含量也增，其中以 Zn 含量增加最多，而 Fe、Mn、Co、Al 則含量與不施污泥者相近（表4、5、圖6）。

污泥可供充足的 P、Ca 和 Mg 元素，在不施肥下，因污泥所含K肥甚少，由於離子的平衡原理 (ionic balance)⁽¹⁶⁾及缺肥生育極少下，使菊花大量吸收Ca 和 Mg 又不被生長所稀釋，致葉含量大增（表4）。B、Fe、Mn、Cu 含量與前人認為菊之標準含量相近⁽¹⁵⁾，而 Zn 在對照不添加污泥者，含量 100ppm 左右，與 Petal 等人⁽³⁴⁾分析 Bright Golden Anne 品種相近，但拌入污泥者，葉含量高達843—2280ppm（表4）。第二年之重複試驗，Zn 含量也高，祇是以砂/杉木屑拌入污泥者，葉含 Zn 較低（圖6），可能因木屑之吸附性及離子交換能力不如水苔泥炭和蛭石強⁽³⁰⁾，在澆水施肥時Zn 被淋溶較多之故。Gougue 和 Sanderson⁽²⁰⁾認為高濃度的 Zn 與菊花莖重及莖長呈負相關，但本研究菊葉含 Zn 高達 2280ppm 尚看不出抑制株高（圖1）及葉呈致毒症狀，於1980年 Sanderson 也發現 Suntar 菊花生長於含污泥介質，其葉 Zn 含量亦達 1200ppm，也未見有中毒症狀⁽³⁶⁾。其他重金屬如 Cu、Cr、Ni 及 Pb 含量均在 Kirkham⁽²⁶⁾認為正常範圍之內，祇有 Wedgewood 品種在拌入1/2體積污泥時含Cd略高（表3、4）。綜上所述，臺北市下水道污泥屬低金屬污泥，供盆栽介質之有機物源，配製成各種栽培介質種植觀賞植物及花卉，具有化腐朽為神奇之功效，這種做法在歐美已普遍被採用

表4. 污泥含量與施肥對菊葉不可缺元素含量之影響

Table 4. Essential elements in leaves of two chrysanthemum cultivars grown in sand/sawdust(1:1) mix amended with 1/3 or 2/3 sludge (by volume) and fertilized with KNO₃ or complete nutrient solution^{1,2}.

Elements	Fertilizer	Treasure Chest				Wedgewood			
		Sludge (by volume)				Sludge (by volume)			
		0	1/3	2/3	Mean	0	1/3	2/3	Mean
					%				
N	CK	1.07	1.86	1.90	1.61	2.06	3.20	2.99	2.75
	KNO ₃	2.27	1.75	2.56	2.19	2.37	3.69	3.33	3.13
	Nutrients	3.33	3.21	2.89	3.14	4.11	3.34	3.62	3.69
	Mean	2.22	2.25	2.45		2.65	3.41	3.31	
P	CK	0.21	0.39	0.39	0.33	0.30	0.52	0.69	0.50
	KNO ₃	0.39	0.22	0.30	0.30	0.09	0.39	0.86	0.45
	Nutrients	0.36	0.38	0.35	0.34	0.79	0.70	0.80	0.76
	Mean	0.32	0.33	0.34		0.39	0.54	0.78	
K	CK	3.29	1.20	1.01	1.83	4.57	1.36	1.10	2.34
	KNO ₃	1.12	5.78	4.60	3.83	4.28	8.26	7.24	6.59
	Nutrients	6.08	5.58	3.94	5.20	8.39	7.78	7.95	8.04
	Mean	3.50	4.19	3.18		5.75	5.80	5.43	
Ca	CK	1.39	2.62	2.70	2.34	0.25	3.31	3.16	2.91
	KNO ₃	2.90	1.76	2.26	2.31	0.70	2.04	2.75	1.83
	Nutrients	2.04	2.15	2.57	2.25	2.26	2.38	2.65	2.43
	Mean	2.11	2.18	2.34		1.74	2.58	2.85	
Mg	CK	0.42	1.18	1.08	0.89	0.37	1.82	1.68	1.29
	KNO ₃	1.14	0.29	0.37	0.60	0.16	0.29	0.44	0.30
	Nutrients	0.59	0.44	0.54	0.52	0.38	0.38	0.40	0.40
	Mean	0.72	0.64	0.66		0.31	0.83	0.84	
				ppm					
B	CK	32.8	52.3	54.4	46.5	35.3	59.3	59.7	51.4
	KNO ₃	51.9	26.0	35.6	37.8	30.4	26.1	36.6	31.0
	Nutrients	27.2	30.6	38.8	32.2	21.4	23.1	23.1	22.5
	Mean	37.3	36.3	42.9		29.0	36.2	39.8	
Fe	CK	348	374	501	408	483	309	306	366
	KNO ₃	332	330	488	362	321	274	271	289
	Nutrients	381	337	423	380	254	273	246	258
	Mean	354	347	471		353	285	274	
Mn	CK	299	295	220	271	220	198	222	213
	KNO ₃	225	153	220	199	280	153	282	238
	Nutrients	165	178	205	183	184	211	267	221
	Mean	230	209	215		228	187	257	
Zn	CK	141	2151	1781	1358	—	2280	2183	2232
	KNO ₃	—	1190	2008	1599	116	1385	1939	1147
	Nutrients	60	843	1561	821	70	1239	1884	1064
	Mean	101	1395	1783		93	1635	2002	
Cu	CK	13.6	22.3	20.8	18.9	20.8	20.1	19.7	20.2
	KNO ₃	17.5	17.7	21.1	18.8	17.3	17.2	23.5	19.3
	Nutrients	16.0	18.9	17.5	17.5	13.5	19.0	25.0	19.2
	Mean	15.7	19.6	19.8		17.2	18.8	22.7	
Mo	CK	1.91	1.61	1.06	1.53	3.31	1.36	6.79	3.82
	KNO ₃	0.71	1.47	7.26	3.15	0	2.37	2.79	1.72
	Nutrients	0	0.68	0.95	0.54	8.30	2.24	3.66	4.73
	Mean	1.05	1.25	3.09		3.87	1.99	4.41	

Note 1 and 2 same as Note 1 and 2 in Table 1.

表 5. 污泥含量與施肥對菊葉非不可缺元素含量之影響

Table 5. Nonessential elements in leaves of two chrysanthemum cultivars grown in sand/sawdust (1:1) mix amended with 1/3 or 2/3 sludge (by volume) and fertilized with KNO₃ or complete nutrient solution.^{1,2}

Elements	Fertilizer	Treasure Chest				Wedgewood			
		0	1/3	2/3	Mean	0	1/3	2/3	Mean
		Sludge (by volume)				Sludge (by volume)			
ppm									
Na	CK	1770	3000	2753	2508	2041	3000	3000	2680
	KNO ₃	2027	1789	2048	1955	859	2020	1639	1506
	Nutrients	1268	1603	1711	1527	798	1308	1421	1176
	Mean	1705	2131	2171		1233	2109	2020	
Al	CK	454	415	663	511	720	316	288	441
	KNO ₃	413	526	723	554	446	340	286	357
	Nutrients	495	442	521	486	280	368	263	304
	Mean	454	461	636		482	341	279	
Co	CK	3.03	2.96	2.83	2.94	2.89	1.61	1.20	1.90
	KNO ₃	2.69	2.15	2.96	2.60	1.61	1.61	1.94	1.72
	Nutrients	2.42	2.28	2.76	2.49	1.81	1.94	2.01	1.92
	Mean	2.71	2.46	2.85		2.10	1.72	1.72	
Cd	CK	1.09	1.70	1.49	1.43	2.88	1.22	1.10	1.73
	KNO ₃	1.08	1.65	2.88	1.87	0.81	1.02	4.61	2.15
	Nutrients	0.80	1.91	2.81	1.84	0.54	3.53	7.37	3.81
	Mean	0.99	1.25	2.39		1.41	1.92	4.36	
Cr	CK	6.01	4.83	6.61	5.82	9.99	5.03	4.78	6.60
	KNO ₃	5.03	4.27	10.30	6.53	3.33	3.66	4.56	3.85
	Nutrients	5.92	4.84	5.36	5.37	3.96	4.17	4.27	4.13
	Mean	5.65	4.65	7.42		5.76	4.29	4.54	
Ni	CK	8.1	22.1	14.9	15.0	12.8	8.6	8.1	9.8
	KNO ₃	14.4	9.7	12.9	12.3	3.4	4.6	5.1	4.4
	Nutrients	4.5	6.0	9.6	6.7	3.6	4.9	5.7	4.7
	Mean	9.0	12.6	12.5		6.6	6.0	6.3	
Pb	CK	27.6	20.2	20.1	22.6	43.2	18.1	16.1	25.8
	KNO ₃	17.9	22.8	43.0	27.9	14.3	15.8	16.7	15.3
	Nutrients	24.0	24.7	26.7	25.1	13.2	15.7	15.7	14.9
	Mean	23.2	22.6	29.9		23.6	16.5	16.2	

Note 1 and 2 same as Note 1 and 2 in Table 1.

(36)。臺北市下水道脫水污泥，最好學習歐美處理方法，再經堆置 (composting) 脫水脫臭後施用更為理想，不然也要經一段時間的放置 (aging) 再使用較為安全。

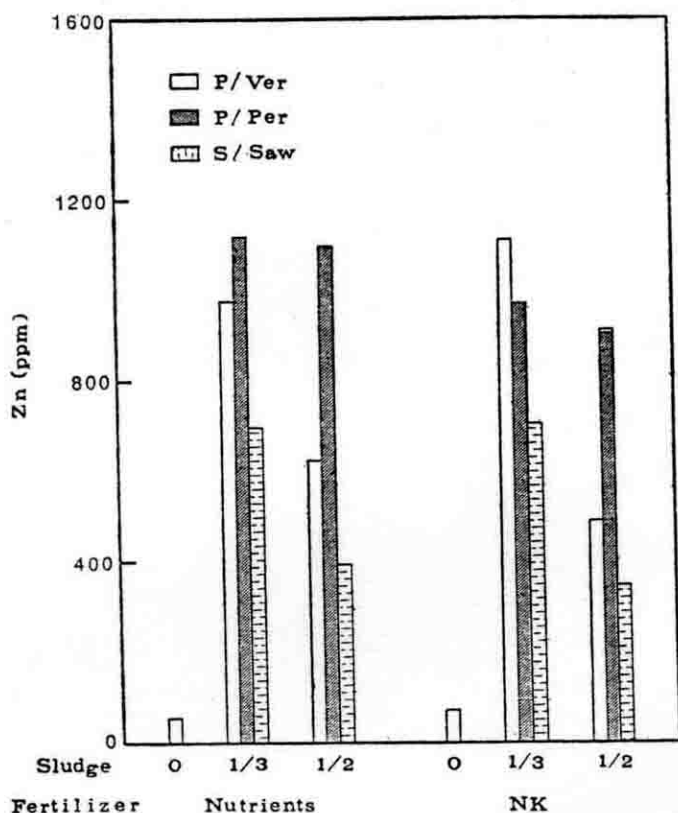


圖 6. 介質、污泥含量與施肥對 Treasure Chest 菊葉鋅含量之影響

Fig. 6. Effect of media, sludge, and fertilizers on Zn content of chrysanthemum cv. Treasure Chest leaves. The experiment started on Oct. 3 and ended on Dec. 17, 1981. P, peat; Ver, vermiculite; Per, perlite; S, sand; Saw, sawdust; NK, 200 ppm N and 200 ppm K from $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ and KNO_3 .

參 考 文 獻

1. 李公哲 1984. 污泥類研究計畫摘要 73年度環境工程研究計畫綜合研討會 p.31. 臺大環境工程系列研討會之四.
2. 李晔 1976. 盆栽介質對矮牽牛生長與開花之影響 中國園藝 22(6): 267-276.
3. 李晔 1984. 氮和鉀源對矮牽牛於無土介質之生長與開花之影響 中國園藝 30(1): 59-67.
4. 岳慶熙 1986. 下水道污泥對花壇植物生長與無機成分之影響 國立臺灣大學園藝系 碩士論文 114 pp.
5. 陳中和、李晔 1980. 不同氮態肥料組合對菊花生長開花之影響 中華農學會報 109: 30-41.
6. 徐世鳳 1979. 喜氣消化污泥之真空過濾脫水及其在農業上應用可行性之研究 國立臺灣大學環境工程研究所 碩士論文 152pp.

7. 梁淑娟 1982. 下水道污泥对盆菊生長、開花及無機成分之影響 國立臺灣大學園系 碩士論文 106 pp.
8. 曾四恭、張仲民、李學勇 1980. 脫水污泥應用於農業之效果及影響 國立臺灣大學環境工程學研究所 環境工程研究報告 No.20 41pp.
9. 莫華榕 1982. 花壇植物栽培技術之研究——栽培介質與季節對一串紅和萬壽菊生長與開花之影響 國立臺灣大學園藝系 碩士論文 129pp.
10. 鄒昌齡、李岷 1978. 不同氮素型態對菊花生長開花之影響 中國園藝 24(1) 25-33.
11. Anderson, M. S. Comparative analysis of sewage sludges. *Sewage and Industrial Wastes* 28: 132-135.
12. Boodley, J.W. and R. Sheldrake Jr. 1973. Cornell peat-lite mixes for commercial plant growing. *N.Y. State College Agri. Inform. Bull.* 43.
13. Chaney, R.L. and P. M. Giordano. 1977. Microelements related to plant deficiencies and toxicities, P. 233-280. In: L. Elliott and F. J. Stevenson (eds). *Soils for management utilization of organic wastes and waste waters*. Amer. Soc. Agri. Madison, Wisc.
14. Chaney, R.L., Munns and H.M. Cathey. 1980. Effectiveness of digested sewage sludge compost in supplying nutrients for soilless potting media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104(4): 485-492.
15. Criley, R. A. and W. H. Calson. 1970. Tissue analysis standards for various floricultural crops. *Florist Rev.* 146(3371): 19-20, 71- 73.
16. DeWit, C. T., Dijkshoorn and J. C. Noggle. 1963. Ionic balance and growth of plant. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 69pp.
17. Epstein, E. 1972. *Mineral nutrition of plants: principles and perspectives*. 412 pp.
18. Epstein, E. and G. B. Wilson. 1974. Composting sewage sludge. *Proc. Natl. Conf. Municipal Sludge Management*. Information Transfer Inc., Rockville, Md. p.123-128.
19. Gessert, G. 1976. Measuring a medium's air space and water holding capacity. *Ornamentals Northwest Extension Notes* 1(8): 11-12.
20. Gouge, G. J. and K.C. Sanderson. 1975. Municipal compost as a medium amendment for chrysanthemum culture. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100: 213-216.
21. Gouin, F. R. and J.B. Shanks. 1981. Composted gelatin waste aids crops. *Bio Cycle* 4: 41-45.
22. Higgins, A.F. 1984. Land application of sewage sludge with regard to cropping system and pollution potential. *J. Environ. Qual.* 13: 441-448.
23. Hornick, S. B., G. B. Wilson. 1980. Recycling organic wastes to improve soil productivity. *HortSci.* 15(2): 162-166.
24. Kenworthy, A.L. 1960. Photoelectric spectrometer analysis of plant materials. Report presented at Annual Meeting of Amer. Soc. for Hort. Sci.
25. Kirkham, M.B. 1974. Disposal of sludge on land: effect of soils, plant, and ground water. *Compost Science* 15(2): 6-10.
26. Kirkham, M. B. 1980. Availability of metal in irradiated sewage sludge. *J. Agri. Food Chem.* 28(3): 663-665.
27. Kiraham, M.B. and W. J. Manning. 1979. Fertilizer value of sludge irradiated with energized electrons. *Compost Science/Land Utilization* 20: 39-42.
28. Laire, A., D. C. Kiplinger, and K. S. Nelson. 1979. Commercial flower forcing. 8th

- ed. McGraw-Hill Book Co. 438pp.
29. Morgan, W.C. 1980. Sewage sludge: processing and marketing converts a problem into beneficial products. Hort Sci. 15(2): 168-169.
 30. Nelson, P.V. 1981. Greenhouse operation and management. 2nd ed. Reston Publ. Co. Virginia. 598pp.
 31. Page, A. L. 1973. Fate and effects of trace elements in sewage sludge when applied to agricultural lands: A literature review study prepared for the Ultimate Disposal Research Program. Environmental Protection Agency. Cincinnati, Ohio. 96pp.
 32. Parr, J. F., Epstein and G. B. Willson. 1978. Composting sewage sludge for land application. Agri. Environ. 4: 123-137.
 33. Parr, J. F. and G. B. Willson. 1980. Recycling organic wastes to improve soil productivity. HortSci. 15(2): 162-166.
 34. Patel, P. M., A. Wallace and R. T. Mueller, 1976. Some effects of copper, cobalt, cadmium, zinc, nickel, and chromium on growth and mineral element concentration in chrysanthemum. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101(5): 553-556.
 35. Powell, G. W., W. J. Miller, J. D. Morton and C.M. Clifton. 1964. Influence of dietary cadmium level and supplemental Zn and Cd toxicity in the bovine. J. Nutrition 84: 205-214.
 36. Sanderson, K.C. 1980. Use of sewage-refuse compost in the production of ornamental plants. HortSci. 15(2): 173-178.
 37. Sommers, L. E. 1977. Chemical composition of sewage sludge and analysis of their potential use as fertilizers. J. Environ. Qual. 6: 225-232.
 38. Sterrett, S.B., C Reynolds, F. D. Schales, R. L. Chaney and L. W. Douglass. 1983. Transplant quality, yield, and heavy-metal accumulation of tomato, muskmelon, and cabbage grown in media containing sewage compost. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(1): 36-41.
 39. Valmis J., D. E. Williams, K. Fong and J. E. Corey. 1978. Metal uptake by barley from field plots fertilized with sludge. Soil Sci. 126: 49-55.
 40. Walker, J. M. 1980. Government regulations on the use of municipal organic materials on agricultural lands. HortSci. 15(2): 166-168.

Summary

Two cultivars of chrysanthemum were grown on sand/sawdust (1:1), peat/vermiculite or peat/perlite mixes amended with $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ volume of digested sewage sludge and fertilized with complete nutrients or NK fertilizers. Sludge supplied much higher amount of N, P, K, Ca, Mg, B, Zn, Cu, Mo, Cd, Cr, Ni and Pb than control. Although the high Zn content (up to 2280ppm) in leaves, they could not show the visual toxic symptom in the leaves of cvs Treasure Chest and Wedgewood chrysanthemum. The sewage sludge was found to be an effective ingredient and as a low analysis fertilizer for potting media for chrysanthemum when nutrients or NK are applied from chemical sources. The results suggested the sand/sawdust mixes could amend half volume of sludge for plant growth.