

水土保持學報 36(1) : 57-70 (2004)
Journal of Soil and Water Conservation, 36(1) : 57-70 (2004)

以 SWOT 分析土地處理系統處理農村生活污水可行性研究

卓富虹⁽¹⁾ 劉鎮榮⁽¹⁾ 陳素珠⁽²⁾ 鄭皆達⁽³⁾ 陳鴻烈⁽³⁾

摘要

本文應用 SWOT 分析法從優勢、劣勢、機會、威脅等方面分析了解以土地處理系統處理農村生活污水之相關問題，並由技術、經濟、環境衛生、社會、法令等方面進行綜合評估，用以了解以土地處理系統處理農村生活污水之可行性。經分析結果顯示，技術、環境衛生等依國外施行經驗皆確實可行，經濟、社會面在現今時空條件亦已成熟，唯法令面需政府提出相關配套措施以利推行，而相關民間團體則需積極扮演推手的角色，始能普及應用。

(**關鍵詞**：土地處理系統、SWOT 分析法、地下式過濾系統)

Application of SWOT Method to Evaluate the Feasibility Study on Land Treatment System of Rural Wastewater

Fu-Hung Tso, Chen-Jung Liu

Graduate Students, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

Su-Chu Chen

Instructor, General Education Center of Nan Kai College

J.D. Cheng, Paris Honglay Chen

Professors, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

ABSTRACT

The study applied SWOT method to analyze rural wastewater disposal for land treatment system. The method considers four major factors : Strength, Weakness, Opportunity, and Threat to carry out integrated evaluation of this system related to technology, economical, sanitation, social, and law. This system had been used in many countries to disposal wastewater successfully. In Taiwan, overall economic and social conditions are favorable for land treatment system. However, the legal aspect should be improved with appropriate regulations. As well, the environmental and conservation NGO groups should play a key role in promoting this land treatment system to do something to push the ecological method.

(**Keywords**: Land treatment system, SWOT method, Subsurface slow system.)

-
- (1) 國立中興大學水土保持學系碩士在職專班研究生
 - (2) 南開技術學院講師
 - (3) 國立中興大學水土保持學系教授

前言

台灣地區隨經濟快速的發展，國民所得大幅提高，高所得帶動高消費，但卻也產生大量的廢棄物及廢（污）水，為台灣地區各河流嚴重破壞的主要原因（李、溫，2002），家庭污水已成為我國河川最大的污染來源（行，1997）。然而，有專用污水下水道系統設施者，多限於都會區，而對於偏遠地區及農村聚落之污水則推廣採用合併式淨化槽方式處理（行，1997）。由於合併式淨化槽很難做到免維護管理（Free maintenance）之自動處理狀況，因此在實際操作下經常出現功能不彰及管理不善等問題，輕則發出異味及造成排水系統故障堵塞，重則嚴重污染環境及衛生（李、溫，2002）。是故，尋求另一適合台灣農村的可行替代處理方式，才能使農村水污染問題得到全面性的解決。

以土地處理系統（Land treatment system）處理污水，在歐美已有長久之應用經驗（Honachefsky，1991），可分為三種典型的方式（徐，1988；USEPA，1984；USEPA，2002）：慢速滲濾（Slow rate；簡稱 SR）是將污水施放到種有植物的土壤，污水經由植物與土壤之攔截、滲濾而得到淨化；快速滲濾（Rapid infiltration；簡稱 RI）是將污水有控制的施放到具良好滲濾性的土壤表面，污水在快速滲濾過程中，藉由沉澱、過濾、氧化、還原等系列作用而淨化；地表漫流（Overland flow；簡稱 OF）是將污水有控制的施放到坡度和緩、土壤滲透性低及具有植物生長的坡面，污水在坡面緩慢流動過程中得到淨化。

因此，本研究之目的即是研究運用以農村土地為土地處理系統處理農村生活污水之可行性。

研究方法與流程

為達成本研究的目的，擬應用「SWOT

分析法」分析「以土地處理系統處理農村生活污水」之優勢、劣勢、機會及威脅所在，從而評估應用土地處理系統處理台灣農村及偏遠地區生活污水的可行性。

SWOT 分析係來自於企業管理理論中的策略性規劃。所謂 SWOT 乃是四個英文字首的複合字，其包含了優勢（Strength）、劣勢（Weakness）、機會（Opportunity）及威脅（Threat）。優勢和劣勢主要在於考量事件的內部條件，是否有利於計畫的進行；機會和威脅是針對事件外部環境進行探索，探討對未來情勢演變之了解。此一思維模式可幫助分析者針對特定事項，分別就四個面向加以考量、分析利弊得失，找出確切之問題所在，並設計對策加以應對（林，1997；宴，1991）。SWOT 分析法之簡要架構如圖 1 所示。

本研究主要內容包括：(1) 以土地處理系統處理農村生活污水之 SWOT 分析，了解其優勢、劣勢、機會及威脅所在；(2) 依上述分析，綜合評估探討土地處理系統在台灣農村應用的可行性；及 (3) 結論與建議。至於研究流程則如圖 2 所示。

結果與討論

依上述「SWOT 分析法」分別對「土地處理系統」處理農村生活污水進行四個向度的分析，其結果說明如下：

一、土地處理系統處理農村生活污水之優勢分析結果

土地處理系統處理農村生活污水之優勢分析結果，經整理有三：(一) 運用自然生態系統運作機制，有效處理淨化污水；(二) 農村地區有較多之邊際土地可供利用為土地處理系統之用地；及 (三) 建造及操作管理維護費用低廉。茲分項細述如下：

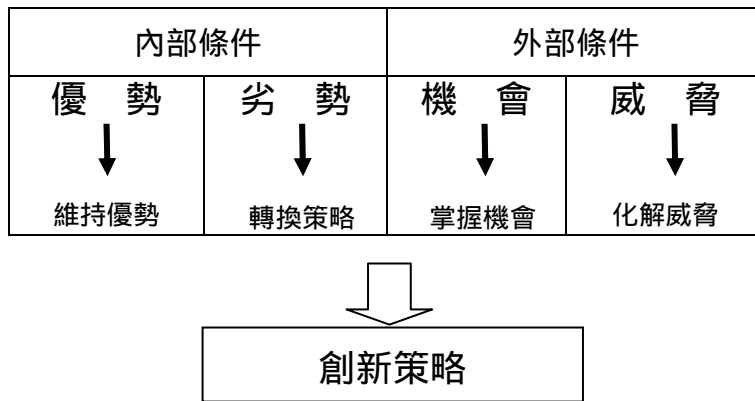


圖 1. SWOT 分析法簡要架構
 Fig. 1. The framework of SWOT method.

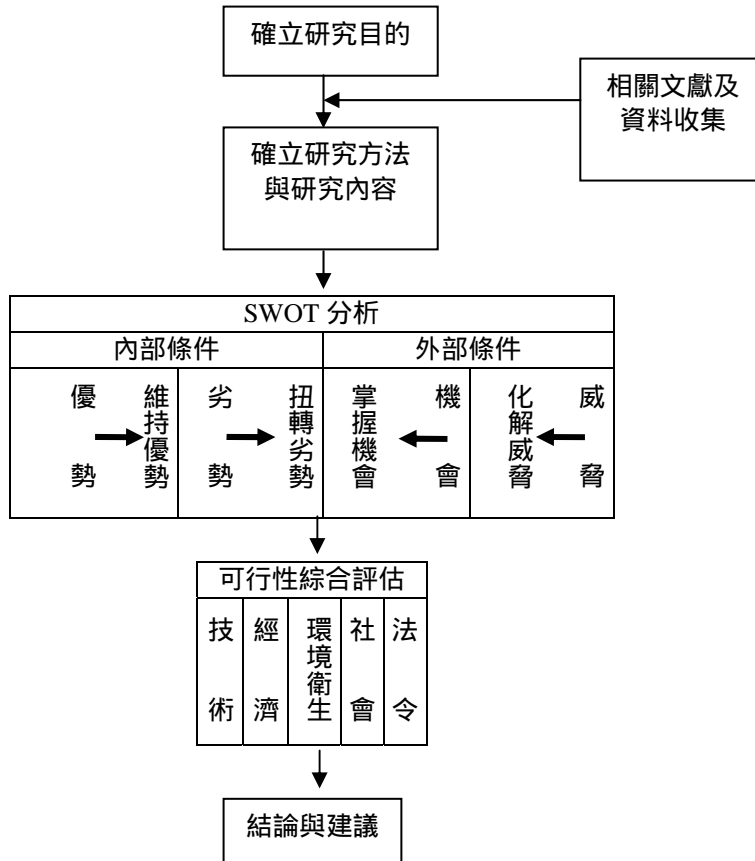


圖 2. 研究流程圖
 Fig. 2. The study flowchart of SWOT method

(一)「運用自然生態系統運作機制有效處理
淨化污水」之優勢

土地處理系統是利用土壤及其中的微生物和植物根系對污染物的吸附淨化能力，即是運用生態系統的自然機制來處理淨化污水 (Koltun, 1989)。由國外許多的研究均顯示，土地處理系統能有效的去除污水中的污染成分，包括 BOD、病原體、SS、氮、磷、有機毒物及重金屬等，能達到淨化污水的效果。

1. 生化需氧量 (BOD) 去除之優勢

污水中的生化需氧量 (BOD) 大部分是在 10~15 厘米厚的表層土中去除，且污水中大多數的有機物都能被土壤中之需氧微生物氧化降解，其中，單糖、澱粉、半纖維、纖維、蛋白質等有機物在土壤中分解較快，而木質素、蠟、單寧、角質和脂肪等有機物則分解緩慢。如果水力負荷或 BOD 負荷超過了土壤的處理能力，則這些難分解的有機化合物便會積累下來，使土壤孔隙堵塞，發生厭氧過程。如發生這種情況，應減少灌溉負荷，使土壤表層恢復富氧的狀況，逐漸將積累的污泥和多糖氧化降解掉。在厭氧過程中形成的硫化亞鐵沉澱，也會被氧化成溶解性的硫酸鐵，從而使堵塞得到消除 (百, 2003)。

依國外的經驗 (ASCE, 1992)，對 BOD 的去除率幾可達 90% 以上，其處理後之濃度更可接近 1 mg/L 左右 (如表 1 所示)。

2. 病原體去除之優勢

污水中的病原包括細菌、病毒、原蟲類 (Protozoan) 與後生動物 (Metazoan) 致病菌，這些病原微生物進入土壤，便面臨競爭環境，例如遇到由其他微生物產生的抗生物質和較大微生物的捕食等。在表層土壤中競爭尤其劇烈，這裡氧氣充足，需氧微生物活躍，在其氧化降解過程中要捕食病原菌、病毒。一般來說，病原菌和病毒在肥沃土壤中的

以及在乾燥和富氧的條件下，比在貧瘠土壤中以及在潮濕和缺氧的條件下之生存期短，殘留率也小，亦會減少臭味的產生 (百, 2003)。

3. 懸浮固體 (SS) 去除之優勢

慢速滲濾 (SR) 與快速滲濾 (RI) 系統均能極為有效地去除污水中的 SS，土壤過濾是主要的去除機制。至於地表漫流 (OF) 系統，其去除 SS 沉澱及植物枯枝落葉層和微生物黏液的截留，效果一般較 SR 與 RI 系統差 (表 2)，但如施入經篩濾的原水或相當於一級處理的污水，其出流水一般要低於經過二級處理的污水 (楊, 1989)。

4. 氮去除之優勢

污水中的氮在土地上有四種形式：有機氮、氨氮、亞硝酸鹽氮和硝酸鹽氮。亞硝酸鹽氮在氧氣存在的條件下易被氧化為硝酸鹽氮。土地上的氮不管呈何種形態，如不揮發，最後都會礦化為硝酸鹽氮，硝酸鹽氮可通過植物的根部吸收和反硝化 (脫硝) 作用去除。在深入到根區以下的土層中，由於呈現缺氧條件，部分硝態氮 (10~80%) 發生脫硝反應，最後有一部分硝態氮會進入地下水中 (百, 2003; Barton, 1998)。

依國外的經驗 (ASCE, 1992)，快濾 (RI) 方式對總氮 (TN) 的去除率約在 40-90% 左右 (視設計需求而定，表 3)。

5. 磷去除之優勢

在污水中以正磷酸鹽形式存在的磷，通過同土壤中的鈣、鋁、鐵等離子發生沉澱反應，被鐵、鋁氧化物吸附和植物吸收而有效地除去。因此，污水土地處理系統的地下水或地下排水系統的水中含磷濃度一般為 0.01~0.1 mg/L。磷在酸性條件下生成磷酸鋁和磷酸鐵沉澱，而在鹼性條件下則主要生成磷酸鈣或羥基磷灰石沉澱。除了純砂土以外，大多數土壤中的磷在 0.3~0.6 米厚的上

表 1. 土地處理系統對 BOD 之去除率 (以快濾 RI 方式為例)

Table 1. Dissolved BOD for land treatment system (by RI).

位 置	BOD 進流濃度		快濾後濃度 (mg/L)	去除率 (%)
	Kg/ha · d	mg/L		
Brookings, SD	13	23	1.3	94
Fort Devens, MA	87	112	12	89
Hollister, CA	177	220	8	96
Lake George, NY	53	38	1.2	97
Phoenix, AZ	45	15-30	0-1	93-100

資料來源：ASCE, 1992。

表 2. 土地處理系統去除 SS 之情況

Table 2. Dissolved SS for land treatment system (by RI).

系統類型	位 置	SS (mg/L)	
		施入污水	系統出水
SR	新罕布什爾州, 易諾佛 (典型值)	60 (120)	<1 (<1)
RI	亞利桑那州, 非尼克斯 加利福尼亞州, 霍利施特 (典型值)	20~100 274 (120)	0 10 2
OF	奧克拉荷馬州, 阿達 (原污水)	160	8
	新罕布什爾州, 易諾佛 (一級處理水)	59	7
	南卡羅來納州, 伊斯萊 (原污水)	186	8
	密西西比州, 尤蒂卡 (氧化塘出水)	30	8

資料來源：楊, 1989。

表 3. 土地處理系統對總氮 (TN) 之去除率 (以快濾 RI 方式為例)

Table 3. Dissolved NT for land treatment system (by RI).

位 置	TN 進流濃度		快濾後濃度 (mg/L)	設計之 BOD : N	去除率 (%)
	Kg/ha · d	mg/L			
Brookings, SD	1330	10.9	6.2	2 : 1	43
Calumet, MI	4170	24.4	7.1	3.4 : 1	71
Fort Devens, MA	15250	50.0	10-20	2.4 : 1	60-80
Hollister, CA	6110	40.2	2.8	5.5 : 1	93
Lake George, NY	6960	12.0	7.5	2 : 1	38
Phoenix, AZ	16710	27.4	9.6	1 : 1	65

資料來源：ASCE, 1992。

表 4. 土地處理系統對磷之去除率 (以快濾 RI 方式為例)

Table 4. Dissolved P for land treatment system (by RI).

位 置	操作年數	進流濃度 (mg/L)	採樣點距離 (m)	快濾後濃度 (mg/L)	去除率 (%)
Brookings , SD	5	3.0	0.8	0.45	85
Calumet , MI	88	3.5	1700	0.03	99
Dan Region , Israel	7	2.1	150	0.03	99
Fort Devens , MA	31	9.0	45	0.10	99
Lake George , NY	38	2.1	600	0.014	99
Phoenix , AZ	15	5.5	30	0.37	93
Vineland , NJ	50	4.8	530	0.27	94

資料來源：ASCE，1992。

表 5. 土地處理系統對微量有機物之去除率 (以慢濾 SR 方式為例)

Table 5. Dissolved the trace organic matter for land treatment system (by SR).

系統地點	污染物	採樣點污染物平均濃度 (ppb)				
		污水	曝氣塘	貯存塘 出水	噴灌後的 污水	1.5 米深處 滲漏處
密執安州 馬斯基根	苯	28	5	2	—	2
	氯仿	425	153	31	—	5
	三氯乙烯	52	18	6	—	6
新罕布什 爾州 議諾佛	氯仿	42	—	—	14	0.73
	甲苯	57	—	—	24	0.02
	二氯甲烷	8	—	—	2	0.04
	三氯乙烯	62	—	—	23	0.40

資料來源：楊，1989。

層便幾乎被全部除去 (百，2003)。

依外國的經驗 (ASCE，1992)，快濾 (RI) 方式對磷的去除率如表 4 所示。

6. 有機毒物去除之優勢

污水中可能含有微量的有機毒物，如鹵代烴類、多氯聯苯、酚化物以及有機氯、有機磷和有機汞農藥等，它們的濃度一般遠低於 1 mg/L，在土壤中透過土壤膠體吸附、植物攝取、微生物降解、化學破壞揮發等途徑而被有效地去除 (百，2003)。

依外國的經驗 (ASCE，1992)，以慢濾 (SR) 方式對微量有機物的去除如表 5 所示。

7. 微量金屬去除之優勢

一般認為黏土礦、鐵、鋁和錳的水合氧化物四種土壤組成分以及有機物和生物是控制土壤溶液中微量金屬的重要因素。它們去除微量金屬的方式有：層狀矽酸鹽以表面吸附或以形成表面絡合離子穿入晶格和離子交換等方式吸附；不溶性鐵、鋁和錳的水合氧化物對金屬離子的吸附；有機物如腐植酸對鎘、汞等重金屬的吸附，形成金屬氧化物或氫氧化物沉澱，植物的攝取和固定。微量重金屬的去除以吸附作用為主；常量重金屬的去除往往以沉澱作用為主 (百，2003)。表 6 為美國加州霍利斯特快速滲濾系統在操作 33

表 6. 土地處理 (快濾 RI) 系統地下水中微量金屬濃度

Table 6. The concentration of trace metals in groundwater for land treatment system (by RI).

地 點	金 屬	平均濃度 (mg/L)
加州霍利斯特	Cd	0.028
	Co	0.010
	Cr	0.014
	Cu	0.038
	Fe	0.36
	Mn	0.96
	Ni	0.13
	Pb	0.09
	Zn	0.081

資料來源：楊，1989。

年後，其淺層地下水中各種重金屬之平均濃度。除 Cd、Co、Cr 與正常水準相若，其他濃度則較背景值高，但仍低於美國農業土壤標準之下限 (楊，1989)。

(二)「農村地區有較多邊際土地可供利用為土地處理系統之用地」的優勢

農村地區土地利用普遍較都會區為低，在居住、生產等土地利用之外，有許多畸零土地，常任其閒置荒蕪，甚或棄置雜物，成為病媒滋生的溫床；又我國加入 WTO 之後，對農業造成衝擊，預估將有更多的土地因不符經濟效益而閒置休耕，故農家可利用閒置的土地，提供為自家或鄰近住戶處理污水使用，能提高土地利用之效用。

(三)「建造及操作管理維護費用低廉」之優勢

以下分別對土地處理系統與合併式淨化槽等用於處理小規模污水處理之設施設置與操作管理費用進行推估比較：

1. 合併式淨化槽之建造及操作管理維護費用估

建造費用擬以廠商提供之報價資料為

參考，每年操作管理支出，至少應包括藥劑及機電部分之電費及保修費用，本研究擬以建造費用之 5% 估算。

2. 土地處理系統之建造及操作管理維護費用估

本文用以處理農村生活污水係指小規模的土地處理系統 (USEPA, 1992)，而推薦採用的方式為地下式慢濾系統 (Subsurface slow rate system)，並以此系統概算相關的費用如下：

(1) 建造費用估

本文參考楊景輝等 (1989) 譯自 S. C. Reed 及 R. W. Crites 所著「Handbook of Land Treatment Systems for Industrial and Municipal Wastes」中有關小規模系統之面積推估公式，再由面積大小推估建造投資成本。

A. 用地面積推估 (全年運轉)

$$A = (1.94 \times 10^{-4})Q \implies$$

$$A = (2.08 \times 10^{-2})Q$$

A = 所需土地總面積

Q = 日平均污水量

表 7. 慢速滲濾系統所需處理面積推估表

Table 7. The required area to disposal wastewater by SR.

日平均污水量 (Q)	面積 (ha)
25 CMD (約 100 人)	0.5200
12.5 CMD (約 50 人)	0.2600
5 CMD (約 20 人)	0.1040
1.5 CMD (約 6 人)	0.0312

註：污水量以建管單位之設計標準每人 250 lpcd 估算。

表 8. 合併式淨化槽與土地處理系統建造費用估算比較表

Table 8. Compared structure costs for treatment tank and land treatment system.

日平均 污水量 (CMD)	合併式 淨化槽 (萬元)	土地處理方式 (以 SSR 為例) (萬元)	合併式淨化槽 單位建造成本 (萬元/CMD)	土地處理單位建造 成本 (以 SR 為例) (萬元/CMD)	單位建造 成本差 (萬元/CMD)
1.5 (6 人)	14.4	5	9.6	3.33	6.27
5 (20 人)	16.9	11	3.38	2.2	1.18
12.5 (50 人)	24.4	18	1.952	1.44	0.512
25 (100 人)	37.3	31	1.492	1.24	0.252

註：1. 污水量以建管單位之設計標準 250 lpcd 估算。

2. 合併式淨化槽之建造費用係參考廠商報價。

3. 土地處理系統之建造費用以用地面積估算。

其中，上式單位為英制 (A：acre；
Q：gal/d) 轉換為下式之公制 (A：ha；
Q：CMD)。不同日平均污水量推估面積
整理如表 7。

B. 慢速滲濾系統 (SR)

主要建設投資項目 (Pope, 1996；
SSSA, 1986) 可包括整地、貯存槽 (含
抽水機)、布水設施 (滴灌)，其依不同
污水量推估之建造成本與合併式淨化
槽比較如表 8。由表中之單位建造成本
差可發現，當處理規模愈小時，其二者
之差額有愈大之趨勢，故應用於小規模
之污水處理，土地處理系統之建造成本
更形經濟。

(2) 操作管理費用估算

由於土地處理系統係利用自然的
機制來淨化污水，而小規模系統之運
轉並不需另聘專業人員特別管理，可
由住戶自行處理。日常之支出以抽水
機之電費為主，故操作管理費用以建
造費用之 3% 估算，合併式淨化槽與土
地處理系統操作管理費用估算比較如
表 9。

由表中之單位操作管理成本差可
發現當處理規模愈小時，其二者之差
額有愈大之趨勢，故土地處理系統之
操作管理成本較為經濟。

表 9. 合併式淨化槽與土地處理系統操作管理費用估算比較表

Table 9. Compared O & M costs for treatment tank and land treatment system.

日平均 污水量 (CMD)	合併式 淨化槽 (萬元)	土 地 處理方式 (萬元)	合併式淨化槽 單位操作 管理成本 (萬元/CMD)	土地處理方式 單位操作 管理成本 (萬元/CMD)	單位操作 管理成本差 (萬元/CMD)
1.5 (6 人)	0.72	0.15	0.48	0.1	0.38
5 (20 人)	0.85	0.33	0.17	0.066	0.104
12.5 (50 人)	1.22	0.54	0.0976	0.0432	0.0544
25 (100 人)	1.87	0.93	0.0748	0.0372	0.0376

註：1. 污水量以建管單位之設計標準 250 lpcd 估算

2. 合併式淨化槽之建造費用係參考廠商報價，每年操作管理以建造費用之 5% 估算。
3. 土地處理系統以 SR 為例，每年操作管理以建造費用之 3% 估算。

故綜合以上之分析，土地處理系統之建造及操作管理維護費用較合併式淨化槽低廉，且有規模愈小愈經濟的趨勢，應用於小規模之處理，極具競爭力。

[維持優勢]：土地處理系統有運用自然生態的機制，有效處理淨化污水的優勢，而應用於小規模之處理更有建造及操作管理維護費用低廉之相對重大優勢，故宜加強宣導，推廣施行。

二、土地處理系統處理農村生活污水之劣勢分析結果

土地處理系統處理農村生活污水之劣勢分析結果，經整理有二：(一) 一般需較大用地；(二) 對環境衛生有影響的疑慮。茲分項細述如下：

(一)「一般需較大用地」之劣勢

土地處理系統是利用土壤自然的生態特性處理去除生活污水中的污染物質，故較使用物理化學或生物處理方式的污水處理廠及合併式淨化槽，需有較大之處理用地，故於地狹人稠的台灣，在應用上較受到限制。

[劣勢之扭轉]：農村地區有較多如畸零地、保安林地等，就經濟面而言，被視為是邊際土地；另由於產業快速變遷，農林漁牧等一級產業生產意願低落，更由於加入 WTO 的衝擊，政府亦加強輔導農民轉型，政策上並推動農地釋出，故潛在有更多農地可提供為土地處理之用地。

(二)「對環境衛生有影響的疑慮」之劣勢

不同的土地處理系統在操作的過程中，有造成食物、地下水、地表水等不同程度環境污染的可能性 (表 10)。

[劣勢之扭轉]：如表 10 之可能影響可依基地特性選擇適當的處理系統和正確的規劃設計，如隔離設施或隔離 (綠) 帶等之設置而避免其可能的影響。本文則推薦地下式慢濾系統，其污水的散佈與處理皆在地表下進行，杜絕了上述對環境衛生之可能影響。

三、土地處理系統處理農村生活污水之機會分析結果

土地處理系統處理農村生活污水之機會分析結果，經整理有二：(一) 產業變遷及加入 WTO 將使農村土地利用方式更趨多元；

表 10. 土地處理系統對環境衛生可能之影響
Table 10. The sanitation by land treatment system.

系統類型	食物污染	地下水污染	地表水污染	噴霧狀 (Aerosols)
慢 濾 (SR)	+	+	+	++
快 濾 (RI)	-	++	-	-
地表漫流 (OF)	-	-	++	+

註：“-”表示非常少或不可能發生；“+”表示有可能發生；“++”表示可能性非常高。

資料來源：Kowal, 1986。

(二) 合併式淨化槽，在實際操作下經常出現功能不彰及管理不善等問題。茲分項細述如下：

(一)「產業變遷及加入 WTO 將使農村土地利用方式更趨多元」之機會

近十餘年來產業快速變遷，從事農業生產的所得偏低，使得務農意願低落，造成農地的荒廢或違規使用；政府亦隨產業結構的轉變而發布「農地釋出方案」，擬釋出一般的農地為其他使用。依農委會估計，可釋出農地面積約 16 萬公頃；再則，台灣在加入世界貿易組織 (WTO) 後，對台灣農業將造成衝擊，而有部分農地，勢將必須加速移為其他使用，故使用地的可能來源將更為充裕。

[機會之掌握]：有識之士宜凝聚民間團體力量，於鄉村地區設立示範據點，據以大力推廣，並敦促政府將此系統納入政策宣導，為休耕閒置的農村土地，找到另一種使用方式，能有效發揮土地的效力。

(二)「合併式淨化槽在實際操作下經常出現功能不彰及管理不善等問題」之機會

市售之合併式淨化槽雖皆取得環保署之審核認可始准販售，唯一般在運轉階段仍需專業人員進行維護與管理，而實務上卻常遭忽略，致常發生功能不彰及管理不善等問

題，而影響處理的品質。

[機會之掌握]：土地處理系統係利用土壤與植物等自然的機制，污水導入後即可自行運作，無須另聘專業人員，亦不會產生類似合併式淨化槽的問題。

四、土地處理系統處理農村生活污水之威脅分析結果

土地處理系統處理農村生活污水之威脅分析結果，經整理有二：(一) 政策鼓勵農村偏遠地區採用合併式淨化槽；(二) 應用於處理一般小規模家庭生活污水，申辦過程顯得繁雜。茲分項細述如下：

(一)「政策鼓勵農村偏遠地區採用合併式淨化槽」之威脅

合併式淨化槽雖有上述管理維護的問題，而於政策上卻仍鼓勵農村偏遠地區採用，而捨棄如土地處理系統等更適合農村偏遠地區的處理方案。

[威脅之化解]：相關民間團體應加強推動，並敦促相關主管機關應以開放的態度，允許有更多元的方案提供選擇。

(二)「應用於處理一般小規模家庭生活污水，申辦過程顯得繁雜」之威脅

表 11. 以土地處理系統處理農村生活污水之 SWOT 分析表

Table 11. Evaluation of the rural wastewater disposal of land treatment system by SWOT.

優勢 (Strength)	維持優勢	劣勢 (Weakness)	扭轉劣勢
<ul style="list-style-type: none"> ◇ 運用自然生態系統運作機制，有效的處理淨化污水，是符合環保的處理方式。 ◇ 農村地區有較多之邊際土地。 ◇ 建造及操作管理費用低廉 	加強宣導。	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 常需較大用地。 ◇ 對環境衛生有影響的疑慮。 	<ul style="list-style-type: none"> 政府政策鼓勵農地釋出，增加用地的來源。 可藉由良好的規劃設計而避免，如採地下式慢濾系統或設隔離帶。
機會 (Opportunity)	掌握機會	威脅 (Threat)	化解威脅
<ul style="list-style-type: none"> ◇ 產業變遷及加入 WTO 將使農村土地利用方式更趨多元。 ◇ 合併式淨化槽，在實際操作下經常出現功能不彰及管理不善等問題。 	<ul style="list-style-type: none"> 民間主動推廣，並促政府配合。 自然機制自行運轉，無須專業人員維護管理。 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 政策鼓勵農村偏遠地區採用合併式淨化槽。 ◇ 應用於處理一般小規模家庭生活污水，申辦過程顯得繁雜。 	<ul style="list-style-type: none"> 民間主動推廣，並闡明農村多邊際土地利於土地處理之採行。 促政府簡化申辦流程並訂定相關配套措施，推廣鼓勵民眾採行。

依據行政院環保署訂定之水污染防治法及土壤處理標準等環保法令之規定，污水採行土壤處理應先申請土壤排放許可證，而其中對於污水量小於 20 CMD 者，可簡化檢附文件之內容，但雖然如此，所需之文件與申請程序，恐非一般大眾皆能勝任。

[威脅之化解]：相關民間團體應敦促相關主管機關，進一步訂定相關配套措施，簡化申辦流程，推廣鼓勵民眾採用。

綜合評估

將上節 SWOT 分析的結果整理如表 11 可知，土地處理系統係運用自然生態的機制來有效的處理淨化污水，是符合環保的處理

方式。且其建造及操作管理費用低廉，雖需較大用地，但因產業變遷及加入 WTO 的影響，將使農村土地利用方式更趨多元。而對環境衛生有影響的疑慮，亦可藉由良好的規劃設計而避免，故政府相關主管機關實應訂定相關配套措施，推廣鼓勵民眾採行。

以下將就技術、經濟、環境衛生、社會、法令等方面之可行性進行綜合評估。

一、技術可行性

土地處理污水的技術在歐美等先進國家之應用已有久遠的歷史，在台灣亦允許申請採行土地（壤）處理污水。由上述之回顧皆顯示能利用土壤及其中的微生物和植物根系對

污染物的吸附淨化能力來有效的淨化污水。由前述國外的文獻資料顯示：生化需氧量 (BOD) 之去除率約在 90% 以上；病原體在進入土壤後便面臨嚴酷的競爭環境而被捕食或死亡；懸浮固體 (SS) 則是透過沉澱、過濾、截留等作用，有效的降低其濃度；污水中的氮在土地上不管呈何種形態，如不揮發最後都會礦化為硝酸鹽氮。硝酸鹽氮可通過植物的根部吸收和反硝化 (脫硝) 作用去除；在污水中以正磷酸鹽形式存在的磷，通過同土壤中的鈣、鋁、鐵等離子發生沉澱反應，被鐵、鋁氧化物吸附和植物吸收而有效地除去；污水中可能含有微量的有機毒物，它們的濃度一般遠低於 1 mg/L，在土壤中藉由土壤膠體吸附、植物攝取、微生物降解、化學破壞揮發等途徑而被有效地去除；至於微量重金屬的去除，是以黏土礦、鐵、鋁和錳的水合氧化物等土壤組成分以及有機物和生物為控制土壤溶液中微量金屬的重要因素，以吸附作用為主；而常量重金屬的去除則以沉澱作用為主。

污水散佈施放方式之技術已成熟可行，如慢濾、快濾、地表漫流等方式。本文則推薦採用地下式的慢濾系統，應用於小規模的生活污水處理，在良好的規劃設計下，無須特別專業管理即能達到預期的效果。

二、經濟可行性

使用土地處理系統處理農村的小規模生活污水，利用農村休耕閒置之邊際土地及土壤自然的生態特性，其建造及管理維護成本低廉，將其與政策鼓勵於農村地區採行的合併式淨化槽比較，仍具經濟上的優勢。由表 8、表 9 之數據顯示，與合併式淨化槽市售產品相等之處理規模，土地處理系統皆低於合併式淨化槽，且每 CMD 之單位建造成本或管理維護成本在規模愈小，更突顯土地處理系統經濟上的優勢。如單位建造成本在 25

CMD (100 人) 與 1.5 CMD (6 人) 之規模時，其二者單位成本差額由 0.252 萬元/CMD 增為 6.27 萬元/CMD，單位操作維護成本差額亦由 0.0367 萬元/CMD 增為 0.38 萬元/CMD，故土地處理系統明顯的較合併式淨化槽為經濟，且能夠有效的處理污水及充分利用土地資源。此外，最重要的是土地處理系統能運用自然生態環境中的自淨功能，不但能有效處理人類生活產生的污水，更將人類產生之廢物導入自然界的循環系統中，進一步轉化為有用的資源來循環使用。故其優點，除了低成本之量化效益外，其在生態、土地使用等方面所產生難以量化之效益更是值得重視。

三、環境衛生可行性

如上述分析，土地處理系統能有效的去除病菌，而採用適合基地條件之水力負荷，使土壤保持富氧狀態，能有效處理污水並減少臭味的產生；且農村地區人口密度較低，土地處理系統可選擇離住家適當距離的基地，在經由了解基地特性及良好的規劃設計下，配合設置適當綠化緩衝帶予以隔離，均可減少視覺與人員實質接觸的機會。本文更建議採用地下式慢濾方式 (Subsurface slow rate)，污水經由管線直接施放於土壤中，經由土壤及植物根部吸附過濾，杜絕產生污染的可能性，不會對環境衛生造成影響。

四、社會可行性

在早期台灣還是農業社會時，使用人畜糞便排遺做為肥料澆灌作物或製作堆肥是十分普遍的行為，但隨著工商業的發達，民眾生活水準的提昇，垃圾場、污水處理設施等則是眾人避之唯恐不及的嫌惡設施，究其原因，不外乎其髒、亂、易產生惡臭及傳播病菌等。而如上述分析，土地處理系統依基地特性選擇適當的處理方式及良好的規劃設計，如本文建議採用的地下式慢濾方式，則可避免其可能產生的環境衛生影響疑慮。

一般民眾對於我們所處環境及對自然資源的認知與自覺持續在提高，對自然資源使用狀況的了解亦持續增加。另外，關於環境問題的關切也因媒體的廣為宣傳而持續受到重視，故若能有成功的案例並配合宣導，並和民眾進行溝通，則可去除民眾的疑慮，將推行之阻力降至最低。

五、法令可行性

依據水污染防治法及土壤處理標準等環保法令之規定，污水採行土壤處理應先申請土壤排放許可證，而對於污水量小於20CMD者，可簡化檢附文件之內容，故只要符合相關條文之規定，即可取得許可。

而在實際執行上除環保法規外尚涉及地政方面的規定，在地政（土地使用）方面，現行用地可直接應用為污水處理之使用者，於非都市土地僅有林業用地及經劃定供污水處理使用之都市土地，其他土地則需透過用地變更的手續，否則仍需透過修法的程序，或以解釋令擴大可使用的範圍。

結論與建議

一、結論

由上述之分析可知，以土地處理系統處理農村生活污水，其處理機制為土壤的過濾截留、物理和化學的吸附、化學分解和沉澱、植物和微生物的攝取、微生物氧化降解等，都能有效淨化污水，且不需大興土木。故在建造成本及維護管理上，亦不需投注大量的人力及財力。在環境衛生方面，宜視現地特性及人畜可及情況採用適當的設計，配合適宜之隔離設施，或地下式之慢濾方式，均能避免髒亂臭味及傳染疾病影響之可能，故配合宣導，去除居民的疑慮，應能讓居民接受。而法令上亦容許使用，唯土地使用有待相關主管機關進一步解釋或修法，擴大適用地的範圍。

二、建議

(一) 以地下式慢濾方式來降低對環境衛生可能造成的影響

以土地處理系統能有效的處理污水，其中地下式慢濾方式，以滴灌的方式直接將污水散佈於土壤中，可避免病原的傳播，並縮減緩衝帶的設置寬度。

(二) 合併式淨化槽應降低管理門檻

中央主管建設機關擬以推廣合併式淨化槽，對於土地受限或基地條件特殊之案例，有其方便性，唯在後續排放水質監督上，環保主管機關僅對500人以上之處理規模有所管制，以下則未見有相關的配套規定來約束用戶。故一般小規模的用戶多數並無固定之操作管理，以控制排放水質達到標準，形成水污染防治上的漏洞。因此，環保主管機關應盡速訂定相關的管理規定，以杜絕此一漏洞。

(三) 簡化申辦流程並推廣獎助土地處理系統之應用

社會的發展愈趨多元化，故對於污水處理亦應容許有更多不同的替代方式。而對於小規模之生活污水採行土地處理，相關主管機關應以更開放的態度，簡化申請流程，修改相關應用管理監督的法令，並推廣獎助這種符合生態的污水處理方式。此外，民間相關團體則應積極配合推動宣導，使土地資源能得到有效的利用，並使水污染問題得到全面性的處理與防治。惟有政府與民間通力合作，才能有效的提昇環境品質。

參考文獻

1. 行政院國家永續發展委員會 (1997) 「二十一世紀議程 - 中華民國永續發展策略綱領」 國家永續發展全球資訊網，網址：<http://ww2.epa.gov.tw>。

2. 行政院農業委員會 (2003) 「農業政策」
網址：<http://www.coa.gov.tw>。
3. 百科知識網 (2003) 「土地處理」 網
址：<http://www.wordpedia.com>。
4. 全國法規資料庫 (2003) 「環保法規」
網址：<http://law.moj.gov.tw>。
5. 李東峰、溫子文 (2002) 「民生污水處理
及水回收利用系統之遠端監控技術介紹」
節約用水季刊，第 26 期，第 6~9 頁。
6. 林大侯等 (1997) 「農田水利會多角化經
營可行性評估」台灣綜合研究院，台北。
7. 徐念文編譯 (1988) 「廢水工程」 國立
編譯館，台北。
8. 宴國祥 (1991) 「SWOT 分析與策略行銷
核心之整合理論及實務運用」 碩士論
文，國立政治大學國際貿易研究所，台
北。
9. 楊景輝等譯 (1989) 「工業和城鎮污水土
地處理系統手冊」 中國環境科學出版
社，北京。
10. ASCE (1992) ”*Design of Municipal Was
tewater Treatment Plants*” vol. , Joint
Task Force of the American Society of
Civil Engineers and the Water Pollution
Control Federation, New York.
11. Barton, L. (1998) ”*Denitrification i
n the Upland Soils of a Forested
Land Treatment System*” PHD thesis,
University of Waikato, New Zealan
d.
12. Honachefsky, W.B. (1991)” *Land Planne
r’s Environmental Handbook*” Noyes Pu
blications, N.J.
13. Koltun, D. (1989) ” *Land Treatment: A
Technology to Meet Municipal Wastewa
ter Needs*” Illinois Municipal Review, p
p.13~14.
14. Kowal, N.E. (1986) ”*Utilization, Treatm
ent, and Disposal of Waste on Land –
Health considerations in applying minim
um treated wastewater to land*” Soil Sci
ence Society of America, Wis.
15. Pope, D. (1996) ”*Land Treatment Unit
Case Study: Champion International Sup
erfund Site*” Seminars on Bioremediation
of Hazardous Waste Sites: Practical Ap
proaches to Implementation, USEPA, W
ashington D.C.
16. USEPA (1984) ”*Land Treatment: Rapid
Infiltration – Plan, Design and Construc
t for Success*” EPA#: 832/R-84-107.
17. USEPA (1992)” *Manual: Wastewater Tre
atment/Disposal for Small Communities*”
EPA#: 625/R-92-005.
18. USEPA (2002)” *Onsite Wastewater Treat
ment Systems Manual*” EPA#: 625/R- 00
-008.

93 年 02 月 03 日 收稿
93 年 03 月 08 日 修改
93 年 03 月 15 日 接受