

## 鎘污染地復育草種之研究

顏正平<sup>(1)</sup> 林志儒<sup>(2)</sup>

### 摘要

台灣地區農田受鎘污染漸趨嚴重，造成稻米中鎘含量過高，而危害人體健康。政府目前對於鎘污染地之處理，大多採用廢耕方式，或輔導種植非食用作物，台灣地小人稠、資源寶貴，污染地之復育工作刻不容緩。

本研究選取常用之復育草種，包括百慕達草、地毯草、類地毯草、假儉草、百喜草及五節芒等草種，分別施以不同鎘濃度處理，調查其生長情形，藉以篩選各草種在鎘污染地中生長較好者，以及對鎘吸收度較佳者，期對鎘污染地做復育之工作，並供環境復育之參考。試驗結果摘述如下：

供試草種受鎘毒害之臨界濃度皆在 50ppm 以下，草種受鎘污染之性狀大致相同，植株具矮小，新葉黃化，根細少等癥狀，鎘濃度愈高癥狀愈明顯。植體之株高、根長、乾重等與鎘處理呈顯著負相關。鎘處理會抑制植體養分之吸收量，使植株生長因缺乏養分而致生長不良。惟百慕達草對 N、P、K、Na、Ca、Mg、Fe、Cu 等元素之吸收，各處理間未達顯著水準，差異不大，百慕達草對 Mn 之吸收量與鎘處理濃度呈顯著負相關，而對 Zn 之吸收量呈顯著正相關。供試草種中，地毯草、類地毯草、百喜草與五節芒等對鎘之耐受度較差，百慕達草及假儉草，植株受鎘處理的影響不大，能吸收土壤中之鎘，對鎘污染土壤有顯著的復育效果，其中以百慕達草對鎘之耐受度及吸收度最佳，為鎘污染地適當之復育草種。

(關鍵詞：鎘污染、復育、黃化現象)

## A Study of Conservation Grass for Restoration of Cd-contaminated Soils

*Cheng-ping Yen*

Professor, Soil and Water Conservation Department,

National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

---

(1) 國立中興大學水土保持研究所教授

(2) 國立中興大學水土保持研究所碩士

*Chih-zu lin*

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

**ABSTRACT**

High concentration of Cd in rice grains is harmful to human being's health. Cd-contaminated fields are often abandoned or converted to plant non-edible crops.

Conservation grasses including Bermuda grass (Carpet grass, Carpet grass (*Axonopus affinis* Chase), Centipede grass, Bahia grass and Japanese silver grass )were treated with different concentration of Cd and their growth of grasses rate monitored. The purpose of this study is to determine suitable conservation grass for the reclamation of Cd-contaminated soils and establish the data base of suitable conservation grass for Cd-contaminated soils. The results are summarized as follows:

Tested grasses are all showing the same symptoms of toxicity at the 50ppm treatment of Cd concentration. Stunted growth, chlorosis and undeveloped root systems are the major symptoms and can be identified obviously at high concentration of Cd. Plant height, root length, and dry weight of grasses decreased significantly by increasing Cd concentration. High Cd concentration results in poor nutrients uptake and stunted growth for tested grasses except Bermuda grass. Bermuda grass shows no significant difference on nutrients uptake except Mn and Zn under Cd treatment. Increasing Cd concentration inhibits Mn-uptake, but enhances Zn-uptake for Bermuda grass tissue. Compared with Bermuda grass and Centipede grass, Carpet grass, Carpet grass (*Axonopus affinis* Chase), Bahia grass, and Japanese silver grass showed worse tolerance to Cd-contaminated soils. Bermuda grass and Centipede grass shows no significant difference in growth among the Cd-contaminated levels and both are having good ability to absorb Cd element from the soils. Both them can be as the suitable grasses (especially Bermuda grass) for the use of restoration of Cd-contaminated soils.

(**Keywords** : Cd-contaminated、chlorosis、Restoration)

**前 言**

近年台灣因工商業發達，各式工廠林立，又政府初期並無完整法規，以管制工廠所排放之廢棄物，業者又無環保概念，致未將廢棄物作適當處理，而隨處棄置，導致環境污染。重金屬造成的環境污染問題更為嚴重，因重金屬污染與有機物污染不同，重金屬不像有機物會分解而消失，移除不易，且其對人體

健康危害相當大。

鎘不是生物體必需成分，而且鎘在植物體內移動性較其他重金屬大，可大量累積在植物之葉與果實等部分，易經食物鏈危害人類。台灣地區農田受鎘污染情形已相當嚴重，農田受鎘污染而造成稻米中鎘含量過高，影響人民健康。如桃園縣觀音鄉大潭村高銀化工廠附近、桃園縣蘆竹鄉中福村基力化工廠附近，及雲林縣虎尾鎮台灣色料廠附近農

田鎘污染最受社會注目，污染區土壤中鎘平均含量有高達 150ppm 者，另外彰化市西庄支線灌溉區電鍍綜合污染區農田鎘含量亦達 35ppm 左右。台灣地小人稠，自然資源寶貴，污染地復育工作亦相形重要。

政府目前對於鎘污染地之處理，大多採用廢耕方式，或輔導種植非食用作物，本研究之目的在篩選水土保持植物在鎘污染地中生長較好者，及對重金屬吸收度較佳者，以期對重金屬污染地作復育之工作，並建立保育草類耐污染性

之資料庫，俾供環境復育工作之參考。

## 研究材料與方法

本研究選取水土保持常用草類，百慕達草，地毯草、類地毯草、假儉草、百喜草、五節芒等六種草種為植物材料。各草種簡介如下表 1

栽培介質以砂土和有機土(滿肥三號)混合；重量比 5:1，作為栽培介質，其土壤之理化性質如下表 2。

表 1 供試植物之性狀

Table 1 The characteristics of tested plants.

植物	海拔分布	形態	繁殖方法
百慕達草	低海拔 (600m 以下)	多年、走莖、宿根	分株、播種
地毯草	低海拔 (200m 以下)	多年、走莖	扦插、播種
類地毯草	中、低海拔(2000m 以下)	多年、匍匐莖	分株、播種
假儉草	中、低海拔(1800m 以下)	多年、匍匐莖	分株、播種
五節芒	中、低海拔(2500m 以下)	多年、叢生	分株、播種
百喜草	低海拔	多年、走莖	分株、播種

表 2 供試土壤化學性質

Table 2 Chemical properties of tested soil.

pH	E.C.	N	有效性 P	交換性				萃取性			
				K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	mmhos/cm			----- % -----				----- ppm -----			
6.15	0.72	0.26	0.18	0.015	0.06	0.20	0.038	604.8	72.5	86.0	2.4

鎘處理濃度(ppm)	0	50	100	150	200	250
鎘實測濃度(ppm)	2	46	93	143	191	237

### 一、盆栽試驗

試驗的處理方式，於栽培用土壤中分別添加不同濃度之氯化鎘( $\text{CdCl}_2$ )，使其為鎘濃度 0, 50, 100, 150, 200, 250ppm 等六種處理，以播種方式栽植，每日澆適量之蒸餾水，並於栽種期間觀察植株生長情形，加以記錄。種植地點位於水土保持館三樓之溫室內，約一個多月後收成。

### 二、農藝性狀調查

盆栽試驗收成後，將植株由盆中取出，並將根部的土壤清洗乾淨，進行拍照存檔，調查並記錄每盆之發芽率及植株之鮮重、乾重、株高、根長、葉片數、葉長、葉寬等農藝性狀，進行統計分析，藉以探討鎘污染不同濃度對各草種發芽及生長之影響。

### 三、土壤理化性質分析

土壤化學性質分析主要是依據美國農藝學會(American Society of Agronomy)所出版之土壤分析方法(Page, 1982)。土壤分析項目與方法如下所示：

1. 土壤反應—以水與土為 1:1(重量比)之混合液，用 pH 計測定。
2. 電導度—水與土為 1:1(重量比)之混合液，振盪過濾後以電導度計測定。
3. 有效性磷—依 Bray No.1 法測定。
4. 交換性陽離子(K、Na、Ca、Mg)—用中性醋酸銨溶提後以火燄光度計及原子吸光儀測得。
5. 萃取性微量元素(Fe、Mn、Zn、Cu、Cd)—以 0.1N HCl 萃取後以原子吸光儀測定。

### 四、植物體分析

將植株徹底洗淨後，置於烘箱內 24 小時，烘箱溫度 60°C。植株烘乾後，以研磨

機將植株磨成粉狀，進行植株之養分及重金屬含量之分析。

分析植體養分。植物體養分含量(N、P、K、Na、Ca、Mg)：係採用硫酸-過氧化氫分解法(李蘭帝, 1966, 1968)。取 0.1g (植物體) + 2 cc  $\text{H}_2\text{SO}_4$  置數天，混勻後於電爐加熱，並同時慢慢加一滴滴之過氧化氫，混勻，約 10~12 滴即可，溶液變為清色，加蒸餾水過濾入 100 cc 量瓶 (=100 倍)。N、P 以比色計測定，K、Na、Ca 以火焰光度計測定，Mg 以原子吸光儀測定。

植物體 Fe、Mn、Zn、Cu、Cd 之含量：係採用硝酸-過氯酸分解法(謝慶芳等, 1985)。取 1g (植物體) + 10 cc 硝酸硝化置 24 小時，然後加過氯酸 5 cc，放熱爐煮成乳白色(差不多 5 cc 左右)。以原子吸光儀測定。

## 結果與討論

### 一、植株農藝性狀與鎘污染濃度之關係

供試草種受不同濃度鎘處理後，植株皆較為矮小，新葉有黃化現象，植株之根皆較為細少，在鎘濃度愈高時徵狀則愈為明顯。

植株農藝性狀調查分析結果如表 3~表 8，供試草種植株農藝性狀與鎘污染濃度之關係分述如下：

百慕達草之株高、葉長、葉寬、葉片數受鎘處理有顯著影響，達 5% 顯著水準，根長、鮮重、乾重受鎘處理影響不顯著。株高在鎘濃度 50ppm 以後即明顯比對照組小，葉長在鎘濃度 150ppm 以後才有明顯減少，葉寬在鎘濃度 100ppm 以後明顯增加，葉片數在鎘濃度 50ppm 以後明顯增加。地

毯草、百喜草、五節芒之株高、根長、葉長、葉寬、葉片數、鮮重、乾重受鎘處理皆有顯著影響，達 5%顯著水準，各值在鎘濃度 50ppm 以後，皆明顯較對照組為小。類地毯草與地毯草相似，除葉片數受鎘處理影響不顯著外，其餘受鎘處理皆有顯著影響，各值皆在鎘濃度 50ppm 以後明顯減少。假儉草之株高、葉長、葉片數、鮮重、乾重受鎘處理有顯著影響，達 5%顯著水準，各值皆在鎘濃度 50ppm 以後明顯減少，根長除在鎘濃度 100ppm 時明顯較對照組小外，其他處理與對照組無顯著差異，葉寬除在鎘濃度 100ppm 時明顯較對照組大外，其他處理與對照組無顯著差異。

歸納上述結果，可知各草種之株高皆在鎘濃度 50ppm 時有明顯較對照組小，表示各草種受鎘毒害之臨界濃度皆在 50ppm 以下，供試草種中除百慕達草及假儉草外，其他草種受鎘污染之性狀大致相同，植體之株高、根長、葉寬、葉片數、鮮重、乾重等與鎘處理呈顯著負相關，各值皆隨鎘濃度增加而減少，且在鎘濃度 50ppm 以後

皆明顯比對照組減少，而在鎘濃度 200ppm 時各值減少的幅度更大，由此可知其在鎘濃度 50ppm 時，植株即受毒害而影響其生長，當鎘濃度到達 200ppm 時受毒害更深，植株生長幾乎停頓，甚至死亡。百慕達草與假儉草受鎘處理後之株高雖皆比對照組小，但差距不大，且並無隨鎘濃度增加而減少之現象，各處理間差異不大，表示其對鎘污染的忍受度較高。

由此可知，供試草種中以百慕達草與假儉草對鎘污染之耐受度較佳，植株之生長受鎘污染影響不大，其他草種在鎘濃度大於 50ppm 時，植株生長明顯受到抑制，株高、根長、鮮重、乾重等值大幅減少，鎘濃度大於 200ppm 時，植株生長幾乎停頓，甚至死亡，對鎘污染之耐受度較差。

## 二、植體養分吸收量之探討

各供試草種對營養元素之吸收情形如表 9.~表 14.，各草種除百慕達草外，其餘草種受鎘處理後之植體養分吸收量，與對照組相較達顯著影響，各元素之吸收量在鎘濃度大於 50ppm 時，皆明顯比對照組小，

表 3 百慕達草不同鎘處理濃度農藝性狀調查分析

Table3 Agronomic characteristics of Bermuda grass under different Cd concentration.

鎘濃度 (ppm)	株高 (cm)	根長 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉片數 (片)	鮮重 (g)	乾重 (g)
0	45.6 <sup>a</sup>	25.0	9.23 <sup>a</sup>	0.15 <sup>c</sup>	8.8 <sup>c</sup>	0.355	0.0975
50	40.1 <sup>b</sup>	27.4	8.83 <sup>a</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	10.5 <sup>abc</sup>	0.447	0.1208
100	40.0 <sup>b</sup>	28.0	8.05 <sup>a</sup>	0.19 <sup>ab</sup>	10.5 <sup>abc</sup>	0.506	0.1070
150	37.7 <sup>b</sup>	29.5	5.65 <sup>b</sup>	0.19 <sup>ab</sup>	10.5 <sup>abc</sup>	0.277	0.0755
200	36.7 <sup>b</sup>	22.5	5.33 <sup>b</sup>	0.20 <sup>a</sup>	12.0 <sup>ab</sup>	0.290	0.0710
250	36.5 <sup>b</sup>	25.3	5.85 <sup>b</sup>	0.19 <sup>ab</sup>	12.3 <sup>a</sup>	0.410	0.0993

註：相同字母表示處理間未達 5%顯著水準之差異(Duncan's multiple range test)

表 4 地毯草不同鎘處理濃度農藝性狀調查分析

Table4 Agronomic characteristics of Carpet grass under different Cd concentration.

鎘濃度 (ppm)	株高 (cm)	根長 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉片數 (片)	鮮重 (g)	乾重 (g)
0	29.8 <sup>a</sup>	19.0 <sup>a</sup>	11.38 <sup>a</sup>	0.29 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	0.563 <sup>a</sup>	0.0998 <sup>a</sup>
50	15.9 <sup>b</sup>	10.9 <sup>b</sup>	4.88 <sup>b</sup>	0.16 <sup>b</sup>	4.0 <sup>b</sup>	0.038 <sup>b</sup>	0.0105 <sup>b</sup>
100	15.6 <sup>b</sup>	11.9 <sup>b</sup>	3.40 <sup>c</sup>	0.11 <sup>c</sup>	4.3 <sup>b</sup>	0.025 <sup>b</sup>	0.0080 <sup>b</sup>
150	9.0 <sup>c</sup>	5.7 <sup>c</sup>	3.13 <sup>c</sup>	0.10 <sup>c</sup>	3.8 <sup>b</sup>	0.023 <sup>b</sup>	0.0043 <sup>b</sup>
200	4.1 <sup>d</sup>	2.1 <sup>cd</sup>	1.58 <sup>d</sup>	0.10 <sup>c</sup>	4.3 <sup>b</sup>	0.014 <sup>b</sup>	0.0028 <sup>b</sup>
250	2.3 <sup>d</sup>	0.8 <sup>d</sup>	1.30 <sup>d</sup>	0.05 <sup>d</sup>	3.0 <sup>b</sup>	0.005 <sup>b</sup>	0.0015 <sup>b</sup>

註：同表 3

表 5 類地毯草不同鎘處理濃度農藝性狀調查分析

Table5 Agronomic characteristics of Carpet grass (*Axonopus affinis* Chase) under different Cd concentration.

鎘濃度 (ppm)	株高 (cm)	根長 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉片數 (片)	鮮重 (g)	乾重 (g)
0	29.0 <sup>a</sup>	18.4 <sup>a</sup>	17.35 <sup>a</sup>	0.35 <sup>a</sup>	4.3	0.570 <sup>a</sup>	0.0943 <sup>a</sup>
50	24.9 <sup>b</sup>	13.4 <sup>b</sup>	6.38 <sup>b</sup>	0.16 <sup>b</sup>	5.0	0.097 <sup>b</sup>	0.0195 <sup>b</sup>
100	14.0 <sup>c</sup>	12.7 <sup>b</sup>	3.90 <sup>c</sup>	0.13 <sup>bc</sup>	4.8	0.05 <sup>b</sup>	0.0107 <sup>b</sup>
150	4.3 <sup>d</sup>	1.9 <sup>c</sup>	2.00 <sup>d</sup>	0.10 <sup>cd</sup>	4.8	0.019 <sup>b</sup>	0.0030 <sup>b</sup>
200	5.2 <sup>d</sup>	3.1 <sup>c</sup>	2.03 <sup>d</sup>	0.10 <sup>cd</sup>	4.3	0.016 <sup>b</sup>	0.0038 <sup>b</sup>
250	2.5 <sup>d</sup>	0.9 <sup>c</sup>	1.40 <sup>d</sup>	0.08 <sup>d</sup>	4.0	0.007 <sup>b</sup>	0.0020 <sup>b</sup>

註：同表 3

表 6 假儉草不同鎘處理濃度農藝性狀調查分析

Table6 Agronomic characteristics of Centipede grass under different Cd concentration.

鎘濃度 (ppm)	株高 (cm)	根長 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉片數 (片)	鮮重 (g)	乾重 (g)
0	36.00 <sup>a</sup>	20.25 <sup>ab</sup>	12.01 <sup>a</sup>	0.34 <sup>bc</sup>	12.8 <sup>a</sup>	1.97 <sup>a</sup>	0.476 <sup>a</sup>
50	31.00 <sup>ab</sup>	25.25 <sup>a</sup>	7.92 <sup>b</sup>	0.30 <sup>c</sup>	8.3 <sup>b</sup>	0.78 <sup>b</sup>	0.205 <sup>b</sup>
100	22.50 <sup>c</sup>	17.50 <sup>b</sup>	6.94 <sup>b</sup>	0.43 <sup>a</sup>	5.3 <sup>b</sup>	0.52 <sup>b</sup>	0.131 <sup>b</sup>
150	31.00 <sup>ab</sup>	22.00 <sup>ab</sup>	7.95 <sup>b</sup>	0.40 <sup>ab</sup>	7.5 <sup>b</sup>	0.75 <sup>b</sup>	0.196 <sup>b</sup>
200	33.00 <sup>ab</sup>	23.00 <sup>a</sup>	9.39 <sup>b</sup>	0.35 <sup>ab</sup>	8.5 <sup>b</sup>	0.80 <sup>b</sup>	0.187 <sup>b</sup>
250	26.25 <sup>bc</sup>	21.25 <sup>ab</sup>	7.39 <sup>b</sup>	0.39 <sup>ab</sup>	8.5 <sup>b</sup>	0.78 <sup>b</sup>	0.169 <sup>b</sup>

註：同表 3

表 7 百喜草不同鎘處理濃度農藝性狀調查分析

Table7 Agronomic characteristics of Bahia grass under different Cd concentration.

鎘濃度 (ppm)	株高 (cm)	根長 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉片數 (片)	鮮重 (g)	乾重 (g)
0	31.75 <sup>a</sup>	25.50 <sup>a</sup>	11.78 <sup>a</sup>	0.33 <sup>a</sup>	17.8 <sup>a</sup>	2.59 <sup>a</sup>	0.604 <sup>a</sup>
50	25.00 <sup>ab</sup>	18.75 <sup>ab</sup>	9.00 <sup>ab</sup>	0.24 <sup>ab</sup>	9.0 <sup>b</sup>	0.87 <sup>ab</sup>	0.199 <sup>b</sup>
100	19.50 <sup>bc</sup>	15.50 <sup>b</sup>	5.63 <sup>bc</sup>	0.14 <sup>bc</sup>	5.5 <sup>b</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.017 <sup>b</sup>
150	13.00 <sup>cd</sup>	10.25 <sup>bc</sup>	4.75 <sup>bc</sup>	0.20 <sup>bc</sup>	5.5 <sup>b</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.016 <sup>b</sup>
200	8.00 <sup>d</sup>	5.50 <sup>c</sup>	3.00 <sup>c</sup>	0.15 <sup>bc</sup>	5.0 <sup>b</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.005 <sup>b</sup>
250	12.75 <sup>cd</sup>	9.75 <sup>bc</sup>	4.50 <sup>bc</sup>	0.13 <sup>c</sup>	5.0 <sup>b</sup>	0.09 <sup>b</sup>	0.016 <sup>b</sup>

註：同表 3

表 8 五節芒不同鎘處理濃度農藝性狀調查分析

Table8 Agronomic characteristics of Japanese silver Grass under different Cd concentration.

鎘濃度 (ppm)	株高 (cm)	根長 (cm)	葉長 (cm)	葉寬 (cm)	葉片數 (片)	鮮重 (g)	乾重 (g)
0	44.75 <sup>a</sup>	25.00 <sup>a</sup>	25.50 <sup>a</sup>	0.71 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	2.44 <sup>a</sup>	0.655 <sup>a</sup>
50	26.50 <sup>b</sup>	20.00 <sup>ab</sup>	8.25 <sup>b</sup>	0.33 <sup>b</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	0.29 <sup>b</sup>	0.080 <sup>b</sup>
100	28.25 <sup>b</sup>	23.25 <sup>a</sup>	6.88 <sup>b</sup>	0.29 <sup>b</sup>	5.3 <sup>ab</sup>	0.19 <sup>b</sup>	0.061 <sup>b</sup>
150	18.75 <sup>bc</sup>	13.50 <sup>bc</sup>	6.03 <sup>b</sup>	0.26 <sup>b</sup>	5.3 <sup>ab</sup>	0.24 <sup>b</sup>	0.068 <sup>b</sup>
200	17.25 <sup>bc</sup>	12.25 <sup>bc</sup>	6.65 <sup>b</sup>	0.28 <sup>b</sup>	5.8 <sup>ab</sup>	0.19 <sup>b</sup>	0.055 <sup>b</sup>
250	10.50 <sup>c</sup>	6.50 <sup>c</sup>	4.90 <sup>b</sup>	0.25 <sup>b</sup>	4.5 <sup>b</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.032 <sup>b</sup>

註：同表 3

表示鎘會抑制植體養分之吸收量，此係因鎘在植物體內移動性不大，植物吸收後主要累積在根部，而當鎘的累積量超過植株所能忍受範圍時，即會造成植株根部機能的障礙，而影響對土壤中營養元素之吸收，使植株生長不良(王銀波，1985)。百慕達草鎘處理對 N、P、K、Na、Ca、Mg、Fe、Cu 等元素之吸收，無顯著影響，對 Mn、Zn 之吸收則有顯著影響，對 Mn 之吸收量隨

鎘濃度增加而減少，對 Zn 之吸收量隨鎘濃度增加而增加。前人研究中不少學者提出 Cd 與 Mn 之間有拮抗作用(Chear, 1981)，與本實驗結果相同，另外對於鎘造成植物葉片黃化現象，多數學者認為係植株缺鐵所致(Chear, 1981)，本研究中供試植物植株鐵之含量並無顯著變化，可能是鐵之移動性較小，易累積在植物根部，實驗係以全株分析，故無法顯示出葉片之缺鐵現象。

表9 百慕達草不同鎘處理濃度各營養元素之吸收情形(單位： $\mu\text{g/plant}$ )  
**Table9 Nutrients uptake of Bermuda grass under different Cd concentration.**

鎘濃度 (ppm)	N	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
0	720.0 <sup>b</sup>	221.3	1576.9	2145.0	408.5	179.8	38.30 <sup>b</sup>	67.39 <sup>a</sup>	5.72 <sup>b</sup>	0.99
50	891.7 <sup>b</sup>	260.8	1893.2	4950.8	460.2	283.0	84.09 <sup>a</sup>	67.48 <sup>a</sup>	16.17 <sup>a</sup>	1.18
100	1003.4 <sup>ab</sup>	245.0	2029.9	3959.0	321.0	259.1	47.77 <sup>ab</sup>	27.39 <sup>b</sup>	11.34 <sup>ab</sup>	1.45
150	975.8 <sup>ab</sup>	165.4	1556.6	3699.5	295.9	191.1	32.45 <sup>b</sup>	15.77 <sup>b</sup>	7.84 <sup>ab</sup>	1.06
200	776.9 <sup>b</sup>	166.1	1647.9	3266.0	270.6	178.6	29.51 <sup>b</sup>	13.12 <sup>b</sup>	10.11 <sup>ab</sup>	1.19
250	1647.9 <sup>a</sup>	258.0	2695.7	4962.5	421.1	286.9	62.19 <sup>ab</sup>	15.00 <sup>b</sup>	13.15 <sup>ab</sup>	1.85

註：相同字母表示處理間未達 5%顯著水準之差異(Duncan's multiple range test)

- 生物量太少無測定

表10 地毯草不同鎘處理濃度各營養元素之吸收情形(單位： $\mu\text{g/plant}$ )  
**Table10 Nutrients uptake of Carpet grass under different Cd concentration.**

鎘濃度 (ppm)	N	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
0	1609.2 <sup>a</sup>	198.5 <sup>a</sup>	4887.8 <sup>a</sup>	8179.5 <sup>a</sup>	192.5 <sup>a</sup>	252.5 <sup>a</sup>	52.31	28.45	6.61	1.55
50	227.8 <sup>b</sup>	17.1 <sup>b</sup>	274.4 <sup>b</sup>	840.0 <sup>b</sup>	37.0 <sup>b</sup>	39.1 <sup>b</sup>	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

註：相同字母表示處理間未達 5%顯著水準之差異(Duncan's multiple range test)

- 生物量太少無測定

表11 類地毯草不同鎘處理濃度各營養元素之吸收情形(單位： $\mu\text{g/plant}$ )  
**Table11 Nutrients uptake of Carpet grass (*Axonopus affinis* Chase) under different Cd concentration.**

鎘濃度 (ppm)	N	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
0	1084.8 <sup>a</sup>	168.7 <sup>a</sup>	3110.3 <sup>a</sup>	4901.2 <sup>a</sup>	278.4 <sup>a</sup>	284.5 <sup>a</sup>	43.63	46.03	6.25	1.03
50	144.3 <sup>b</sup>	34.1 <sup>b</sup>	643.5 <sup>b</sup>	1033.5 <sup>b</sup>	77.5 <sup>b</sup>	78.0 <sup>b</sup>	-	-	-	-
100	110.5 <sup>b</sup>	16.2 <sup>b</sup>	234.9 <sup>bc</sup>	451.5 <sup>bc</sup>	30.7 <sup>bc</sup>	34.9 <sup>bc</sup>	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

註：相同字母表示處理間未達 5%顯著水準之差異(Duncan's multiple range test)

- 生物量太少無測定



表 12 假儉草不同鎘處理濃度各營養元素之吸收情形(單位： $\mu\text{g/plant}$ )  
 Table12 Nutrients uptake of Centipede grass under different Cd concentration.

鎘濃度 (ppm)	N	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
0	8025.4 <sup>a</sup>	714.0 <sup>a</sup>	6296.8 <sup>a</sup>	27132 <sup>a</sup>	1408.5 <sup>a</sup>	1075.5 <sup>a</sup>	154.82 <sup>a</sup>	43.12 <sup>a</sup>	19.55 <sup>a</sup>	5.33 <sup>a</sup>
50	2568.5 <sup>b</sup>	298.2 <sup>b</sup>	2809.3 <sup>b</sup>	8793.5 <sup>b</sup>	604.8 <sup>b</sup>	447.3 <sup>b</sup>	43.81 <sup>b</sup>	2.61 <sup>b</sup>	9.86 <sup>b</sup>	2.15 <sup>b</sup>
100	2518.7 <sup>b</sup>	199.3 <sup>b</sup>	1726.1 <sup>b</sup>	6394.5 <sup>b</sup>	401.5 <sup>b</sup>	280.1 <sup>b</sup>	46.53 <sup>b</sup>	2.43 <sup>b</sup>	5.61 <sup>b</sup>	1.04 <sup>b</sup>
150	1610.9 <sup>b</sup>	320.3 <sup>b</sup>	2537.3 <sup>b</sup>	5474.2 <sup>b</sup>	850.5 <sup>b</sup>	412.4 <sup>b</sup>	80.01 <sup>b</sup>	4.58 <sup>b</sup>	8.75 <sup>b</sup>	1.86 <sup>b</sup>
200	1488.5 <sup>b</sup>	281.8 <sup>b</sup>	2872.3 <sup>b</sup>	7106.2 <sup>b</sup>	487.5 <sup>b</sup>	416.5 <sup>b</sup>	46.32 <sup>b</sup>	3.75 <sup>b</sup>	6.99 <sup>b</sup>	1.35 <sup>b</sup>
250	3227.6 <sup>b</sup>	246.5 <sup>b</sup>	2670.4 <sup>b</sup>	8801.1 <sup>b</sup>	553.7 <sup>b</sup>	463.5 <sup>b</sup>	49.35 <sup>b</sup>	4.98 <sup>b</sup>	6.63 <sup>b</sup>	1.11 <sup>b</sup>

註：相同字母表示處理間未達 5%顯著水準之差異(Duncan's multiple range test)

- 生物量太少無測定

表 13 百喜草不同鎘處理濃度各營養元素之吸收情形(單位： $\mu\text{g/plant}$ )  
 Table13 Nutrients uptake of Bahia grass under different Cd concentration.

鎘濃度 (ppm)	N	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
0	6040.3 <sup>a</sup>	730.3 <sup>a</sup>	9222.5 <sup>a</sup>	32616.1 <sup>a</sup>	1557.8 <sup>a</sup>	1400.8 <sup>a</sup>	929.54 <sup>a</sup>	24.12 <sup>a</sup>	23.81 <sup>a</sup>	4.18 <sup>a</sup>
50	1844.9 <sup>b</sup>	406.3 <sup>b</sup>	4782.3 <sup>b</sup>	9962.5 <sup>b</sup>	416.3 <sup>b</sup>	529.5 <sup>b</sup>	380.52 <sup>b</sup>	4.13 <sup>b</sup>	15.59 <sup>ab</sup>	2.35 <sup>ab</sup>
100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

註：相同字母表示處理間未達 5%顯著水準之差異(Duncan's multiple range test)

- 生物量太少無測定

表 14 五節芒不同鎘處理濃度各營養元素之吸收情形(單位： $\mu\text{g/plant}$ )  
 Table14 Nutrients uptake of Japanese silver grass under different Cd concentration.

鎘濃度 (ppm)	N	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
0	14006.3 <sup>a</sup>	791.3 <sup>a</sup>	8272.3 <sup>a</sup>	18326.0 <sup>a</sup>	1478.8 <sup>a</sup>	1262.5 <sup>a</sup>	342.83	61.45	26.88	5.60
50	1548.8 <sup>b</sup>	113.8 <sup>b</sup>	1014.1 <sup>b</sup>	3907.8 <sup>b</sup>	328.4 <sup>b</sup>	254.8 <sup>b</sup>	-	-	-	-
100	989.8 <sup>b</sup>	62.0 <sup>b</sup>	721.8 <sup>b</sup>	4042.5 <sup>b</sup>	321.5 <sup>b</sup>	195.5 <sup>b</sup>	-	-	-	-
150	4735.2 <sup>b</sup>	95.5 <sup>b</sup>	1024.8 <sup>b</sup>	4845.8 <sup>b</sup>	256.8 <sup>b</sup>	183.3 <sup>b</sup>	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

註：相同字母表示處理間未達 5%顯著水準之差異(Duncan's multiple range test)

- 生物量太少無測定

### 三、植體對鎘吸收量之探討

供試草種對鎘之吸收量如表 15，地毯草、類地毯草及五節芒等在鎘處理大於 50ppm；百喜草在鎘處理大於 100ppm 時，因生物量太少，植體對鎘之吸收量已無測定價值。百慕達草、假儉草及百喜草等草種，各處理中對鎘之吸收量皆明顯較對照組高，達 5%顯著水準，表示上述草種皆能

夠吸附土壤中之鎘，而達到復育土壤之效果。百慕達草各處理間鎘吸收量之差異不大，而假儉草對鎘吸收量有隨鎘濃度增加而增大的趨勢，各草種中以百慕達草對鎘的吸收量最大，在相同鎘處理濃度下，百慕達草對鎘的吸收量為假儉草之 2.2~5.6 倍。

表 15 供試草種對鎘之吸收量(單位： $\mu\text{g}/\text{plant}$ )  
Table 15 Cadmium uptake of tested grasses under different Cd concentration

鎘濃度 (ppm)	百慕達草	地毯草	類地毯草	假儉草	百喜草	五節芒
0	0.26 <sup>b</sup>	0.32	0.31	3.05 <sup>c</sup>	3.67 <sup>b</sup>	4.21
50	126.21 <sup>a</sup>	-	-	22.25 <sup>bc</sup>	28.65 <sup>a</sup>	-
100	110.78 <sup>a</sup>	-	-	26.21 <sup>abc</sup>	-	-
150	96.64 <sup>a</sup>	-	-	43.75 <sup>ab</sup>	-	-
200	128.82 <sup>a</sup>	-	-	41.31 <sup>ab</sup>	-	-
250	163.63 <sup>a</sup>	-	-	49.25 <sup>a</sup>	-	-

註：相同字母表示處理間未達 5%顯著水準之差異(Duncan's multiple range test)  
- 生物量太少無測定

### 四、復育草種之篩選

供試的六種草種中，地毯草、類地毯草、百喜草與五節芒等草種在鎘濃度超過 50ppm 以後，植株生長皆明顯受到抑制，鎘濃度大於 200ppm 時，甚至導致死亡，這四種草種對鎘污染之忍受度明顯較差，而百慕達草及假儉草，植株受鎘處理的影響不大，且能夠吸收土壤中之鎘，對鎘污染土壤有顯著的復育效果，其中以百慕達草對鎘之耐受度及吸收度最佳，且發芽率亦高，生長迅速，可快速達成植被，為鎘污染地適生之復育草種。

### 結 論

各草種發芽率受鎘處理並無顯著影響，表鎘污染土壤並不會影響草種之發芽率。六種供試草種中，以百慕達草及假儉草發芽率最高，平均發芽率達 60%。

各草種受鎘污染後，植株皆較為矮小，新葉有黃化現象，植株之根皆較為細少，在鎘濃度愈高時微狀則愈為明顯。

各草種受鎘毒害之臨界濃度皆在 50ppm 以下，供試草種中除百慕達草及假儉草外，其他草種受鎘污染之性狀大致相同，植體之株高、根長、葉寬、葉片數、鮮重、乾

重等與鎘處理呈顯著負相關。百慕達草之株高、葉長、葉寬、葉片數受鎘處理有顯著影響，根長、鮮重、乾重受鎘處理影響不顯著。假儉草之株高、葉長、葉片數、鮮重、乾重受鎘處理有顯著影響，根長、葉寬受鎘處理影響不顯著。

各草種除百慕達草外，經鎘處理會抑制植體養分之吸收量，使植株生長因缺乏養分而致生長不良。百慕達草鎘處理對 N、P、K、Na、Ca、Mg、Fe、Cu 等元素之吸收，無顯著影響，對 Mn 之吸收量隨鎘濃度增加而減少，對 Zn 之吸收量隨鎘濃度增加而增加。

供試草種中，地毯草、類地毯草、百喜草與五節芒等對鎘之耐受度較差，百慕達草及假儉草，植株受鎘處理的影響不大，且能夠吸收土壤中之鎘，對鎘污染土壤有顯著的復育效果，其中以百慕達草對鎘之耐受度及吸收度最佳，為鎘污染地適當之復育草種。

## 參考文獻

1. 王銀波(1985)，「重金屬鉻銅鋅鎘鉛對作物毒性之研究」，公害對農業生產之影響研討會論文集。
2. 王銀波，(1988)，「台灣農用重金屬污染」中國農業工程學會 77 年度學術研討會，農業環境污染與管理論文集。
3. 行政院環保署，(1990)，「台灣地區土壤重金屬含量調查總報告」。
4. 呂世宗、張嵩林、李澤民、洪正中、易國禎，(1984)，「台灣鎘、鉛污染區水質、泥土及稻米含鎘、鉛量之追蹤調查」，行政院農業發展委員會補助計畫(73-農建-4.1-57(3))。
5. 李蘭帝，(1966)，「大量植物樣本氮磷鉀之迅速測定法」，農業研究 15(2)：pp.1-5。
6. 李蘭帝，(1968)，「硫酸之應用對 EDTA 法測定植物體鈣鎂之影響」，農業研究 17(2)：pp.40-48。
7. 何念祖、孟賜福(1987)，「植物營養原理」，上海科學技術出版社。
8. 林信輝、呂金誠、林昭遠(1989)，「水土保持植物簡介」行政院農委會。
9. 張明輝、李達源、陳尊賢(1992)，「鎘、鉛在砂質與粘質污染土壤中移動之初步評估」，中國農業化學會誌 30(2)：pp.204-215。
10. 許東榮、張怡怡、陳美玉、王豐惠，(1982)「新竹貝類養殖區重金屬及有機物牡蠣污染之調查」，中華營養學會月刊。
11. 陳麗芬(1982)，「鎘對綠豆生長及生理之影響」，國立中興大學碩士論文。
12. 謝慶芳(1985)，「中區之煙害及重金屬污染改良試驗」，中華民國土壤肥料學會七十四年度年會特刊，pp.146-147。
13. 謝慶芳、林昭遠、賴杜松(1985)，「客土及施用穀殼對遭受銅素污染稻田之改良效果」，台灣省台中區農業改良場。
14. 顏正平(1996)，「水土保持應用草類耐污染性之研究」，農委會林業特刊第五十一號，行政院農委會編印。
15. Chear, B. A. and A. G. Wollum.(1981), "Effect of cadmium on symbiotic soybean." "J. Environ. Quality 10(2): pp.216-221

87 年 6 月 15 日收稿

87 年 6 月 26 日修正

87 年 7 月 7 日接受