

高風險農地不同玉米品種對鎘吸收能力 之研究¹

毛王杰、黃瑞彰²

摘 要

毛王杰、黃瑞彰。2022。高風險農地不同玉米品種對鎘吸收能力之研究。臺南區農業改良場研究彙報 79：67-90。

為了瞭解不同玉米品種對鎘吸收能力之比較，以解決高風險農地產出鎘吸收超標農產品的風險。本研究選擇位於高風險地區受低度鎘污染的農田進行不同玉米品種田間栽培試驗，並於玉米收穫時同時採取玉米穗樣品及其根域土壤樣品，分析玉米粒的鎘濃度、土壤鎘濃度、pH 值及陽離子交換能量 (cation exchange capacity, CEC)。由供試玉米的生物濃縮因子 (bioconcentration factor, BCF) 可知，玉米粒鎘累積能力以食用玉米品種類別較高，硬質玉米品種類別則較低，因此，於高風險農地種植低鎘吸收的玉米品種，將有助於提高高風險農地玉米生產的安全性，以降低產出鎘超標農產品的風險。

現有技術：國內外文獻顯示在各種蔬果鎘累積能力比較，玉米屬中低能力等級，但不同玉米品種間的田間試驗鎘吸收能力則少有研究。

創新內容：本研究透過高風險鎘污染農地田間試驗篩選，除了 BCF 外，另依據土壤不同鎘濃度、pH 值、陽離子交換能力等分組比較出不同玉米品種間對鎘吸收能力。

對產業影響：提供應用適合在高風險農地種植的低鎘吸收能力玉米品種資訊。

關鍵字：鎘、高風險農地、生物濃縮因子、安全性

接受日期：2022 年 4 月 7 日

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告第 547 號。

2. 行政院農業委員會臺南區農業改良場助理研究員與副研究員。712009 臺南市新化區牧場 70 號。

前 言

重金屬在自然環境中無法自行分解而消失，而且重金屬亦會隨著食物鏈中累積到不同的生物體內，其中「鎘」污染是現代相當嚴重的環境重金屬污染問題。日本的衛生福利部 1968 年證實「痛痛病」是由「鎘」所引起的⁽¹⁰⁾，因此，為了確保國內農產品食用安全，行政院衛生福利部（前衛生署）針對國人日常生活飲食最大宗的食米及蔬果類等作物，訂定有重金屬限量標準，以規範食米及蔬果類作物的鎘、鉛含量（2011 年 5 月 30 日行政院衛生署授食字第 1001301183 號令訂定發布，2011 年 6 月 1 日施行）⁽⁸⁾。此外，行政院環境保護署針對栽種食用作物的農田土壤，亦訂有較一般土壤更為嚴格的重金屬污染管制標準（2001 年 11 月 21 日行政院環境保護署環署水字第 0073684 號令土壤污染管制標準，鎘的管制標準值為 20 mg kg⁻¹，食用作物農地為 5 mg kg⁻¹；2011 年 1 月 31 日行政院環境保護署環署土字第 1000008485 號令土壤污染監測標準⁽⁷⁾，鎘的監測標準值為 10 mg kg⁻¹，食用作物農地為 2.5 mg kg⁻¹）。

然而，鎘在土壤中經由植物吸收並轉運至可食用部位的多寡，受到土壤、氣候因子、植物種類及不同的品種特性及不同的農業栽培管理等因素而有所影響；鎘對動物或人類毒害的濃度低於一般作物，在作物還能正常生長的濃度下，動物或人類食用該作物後便可能造成健康的危害。Zhang 等人 (2014) 採集珠江三角洲地區 170 組蔬菜與土壤樣品分析，其結果顯示種植在 pH 值較高的土壤的蔬菜鎘濃度比較低⁽¹⁴⁾。Yang 等人 (2010) 將 28 種蔬菜種植於鎘濃度 1 mg kg⁻¹ 土壤中約 40 天後採收地上部進行分析，結果顯示蔬菜地上部鎘濃度因作物種類而有明顯的不同，其中以菠菜為最高⁽¹³⁾。Lune 和 Zwart (1997) 以小型田間試驗，研究底土中的鎘對作物吸收鎘的影響，顯示菠菜及芹菜等葉菜類最高，玉米及馬鈴薯最低⁽¹²⁾。

在臺灣不同地區因為母質和氣候條件的不同，以致土壤性質相當複雜及多變。因此，重金屬濃度符合土壤污染管制標準之農田，產出之食米、蔬果不符合食米或蔬果類作物重金屬限量標準的事件偶有所聞。為了提高高風險農業生產區所生產作物之安全性，於土壤鎘濃度未達土壤污染管制標準，但農民所種植水稻等食用作物之鎘、鉛含量，卻超過食品安全衛生管理法所訂食米或蔬果植物類鎘鉛限量標準之『高污染風險農地』，必須進行監測及建議種植低鎘吸收之作物。

玉米為國人食用及飼料用重要糧食及蔬菜作物種類，同時也具有越來越多的收穫生產量，近年來食品安全的議題亦愈來愈受到民眾的重視。本研究目的為瞭解玉米粒不同品種間對重金屬鎘吸收累積能力的差異性。

材料與方法

- 一、本研究採田間試驗方式進行
- 二、本研究試驗地點：高風險農地輕度鎘污染試驗田（如圖 1 所示）
- 三、本研究供試玉米品種來源、種植及採收時間

本研究於 104 年至 110 年度於高風險農地試驗田，分批分年度種植總共 23 個玉米品種，其中包括食用玉米華珍、玉美珍、雪珍、黑美珍、臺南 23 號、臺南 26 號、夏強、夏蜜、美粒甜、雙發、佳穗 9 號、168 號、彩珍、金珍珠、白光甜、金蜜、白龍王、

802 及金鳳等 19 個品種；硬質玉米明豐 3 號、農興 688 號、臺農 1 號及臺南 24 號等 4 個品種進行低鎘吸收作物篩選試驗，種子除了臺南 23 號、臺南 26 號、明豐 3 號、農興 688 號、臺農 1 號、臺南 24 號等 6 個品種由臺南區農業改良場朴子分場提供外，其餘供試玉米品種為市面上種子銷售廠商購買取得。104 年 1 月初種植華珍於 3 月底採收。9 月種植雪珍、黑美珍、玉美珍、臺南 23 號、臺南 26 號、明豐 3 號、農興 688 號、臺農 1 號、臺南 24 號，於 11 月陸續採收。105 年 10 月種植金蜜，於 12 月採收。106 年 4 月種植夏強、夏蜜、美粒甜、雙發，佳穗 9 號、168 號，於 6、7 月陸續採收。106 年 7 月種植彩珍、金珍珠、白光甜，於 9 月陸續採收。107 年 5 月種植白龍王，於 8 月採收。109 年 1 月初種植 802，於 3 月底採收。110 年 1 月初種植金鳳，於 3 月底採收。以上玉米品種夏季種植約 60 ~ 70 天不等，冬季種植約 90 ~ 100 天不等進行採收。

四、田區設計

田區採作畦栽培方式，畦面寬約 1.5 公尺，畦面長約 40 公尺，每座畦面種植 2 行，行距約為 0.6 公尺，株距約為 0.3 公尺，以種子直播方式播種，每穴播種 2 ~ 3 粒種子，依照鎘濃度梯度分佈圖，作成八條畦面，每畦作分批分年度進行不同供試品種之種植作業，每個供試玉米品種採樣為 10 ~ 44 個樣品重複數不等。

五、玉米及土壤採樣

田間以小區為採樣單位，每個採樣單位分別採取玉米樣品與土壤樣品。不同玉米品種依照其採收適期不同時間進行採收，採樣時係取 3 ~ 5 穗玉米進行混合成為一個樣品，並於採取玉米的同時採取其根域土壤混合成一個土壤樣品。所有植體樣品及土壤樣品均需裝於乾淨的塑膠密封袋內，並盡快送至實驗室進行處理。

六、樣品前處理

玉米粒樣品經自來水與去離子水沖洗，以紙巾吸乾表面水分；去除非可食用部位，玉米粒樣品若需要削粒時採用陶瓷刀進行削粒作業，稱量鮮重；以陶瓷刀切成小塊，置入烘箱以 70°C 烘至恆重；秤量其乾重，使用鈦刀磨粉機進行粉碎後，置入塑膠罐中儲存備用。土壤樣品經風乾後，以木製磨土棍粉碎，過 2 mm 篩網，此樣品用以分析 pH、EC、有機質含量。

七、樣品分析

(一) 玉米粒鎘濃度

秤取 0.4 g 玉米粒樣品，加入 12 mL 硝酸 + 4 mL 鹽酸，以微波消化裝置(MARS 5; CEM, Mathews, NC, USA) 加熱分解，加熱條件如下：第一階段功率設定 1,600W；升溫時間 10 分鐘，溫度設定 180°C，持溫時間 5 分鐘。溫度設定 200°C，持溫時間 10 分鐘。分解液以 Whatman no.42 濾紙過濾，以去離子水定量至 50 mL。濾液以感應耦合電漿光譜儀 (Ultima 2C, Horiba jobin Yvon, Irvine, CA, USA) 測定鎘濃度。

(二) 土壤鎘濃度

秤取 0.5 g 土壤樣品，加入 8mL (HNO₃:H₂O₂, 3:1, v/v)，以微波消化裝置(MARS 5; CEM, Mathews, NC, USA) 加熱分解，加熱條件如下：功率設定 1,600 W；升溫時間 20 分鐘，溫度設定 180°C，持溫時間 20 分鐘。分解液以 Whatman no.42 濾紙過濾，以去離子水定量至 50 mL。濾液以感應耦合電漿光譜儀 (Ultima 2C, Horiba jobin Yvon, Irvine, CA, USA) 測定鎘濃度。

- (三)土壤 pH 值：取 30 g 的土壤樣品於 100 mL 的塑膠杯內，加入 30 mL 的去離子水，充分攪拌後靜置一小時(期間攪拌數次)，以 pH meter (Radiometer PHM210, Villeurbanse Cedex, France) 測定土壤懸浮液之 pH 值。
- (四)土壤 EC 值：取 15 g 的土壤樣品於 100 mL 的塑膠杯內，加入 75 mL 的去離子水，充分攪拌後靜置一小時(期間攪拌數次)，以 EC meter 測定土壤懸浮液之 EC 值。
- (五)土壤有機質：首先稱量坩鍋空重 W_0 ，挖取一匙土壤樣本約 5 g，置入坩鍋並稱量坩鍋加土壤樣本重。將坩鍋加土壤樣本放入高溫烘箱以 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 至少加熱 12 小時，降溫至 50°C 後放入乾燥箱冷卻至室溫狀態後，稱量坩鍋加土壤樣本重 W_1 ，並紀錄。再次將坩鍋加土壤樣本放入高溫爐以 $400 \pm 40^{\circ}\text{C}$ 加熱 8 小時，降溫至 50°C 後放入乾燥器冷卻至室溫狀態後，稱量坩鍋加土壤樣本重 W_2 ，並紀錄在數據表。結果處理： $W_0 =$ 坩鍋重 $W_1 = W_1$ 105°C 烘乾後重量 $W_2 = W_1$ 400°C 烘乾後重量 $OM\% = [(W_1 - W_2) / (W_1 - W_0)] \times 100\%$

八、數據計算及分析

生物濃縮因子 (bioconcentration factor, 簡稱 BCF)

$BCF = \text{玉米粒鎘濃度} \div \text{土壤鎘濃度}$

其中玉米粒鎘濃度以鮮重計算，土壤鎘濃度則為乾重計。

結果與討論

一、土壤性質及鎘濃度

本研究田間試驗之主要土壤性質分布詳如表 1 所示，其中土壤 pH 值分布範圍為 4.97 ~ 7.95，本研究試驗田主要土壤酸鹼值大部分為中度偏鹼性，CEC 分布範圍為 3.79 ~ 9.07 cmol kg^{-1} ，土壤鎘濃度(乾重)分布範圍為 0.23 ~ 3.53 mg kg^{-1} ，玉米粒鎘濃度(鮮重)分布範圍為 0 ~ 0.1 mg kg^{-1} ，數據顯示田間土壤 pH 值、CEC、土壤鎘濃度及玉米粒鎘濃度分布相當廣泛。

二、不同玉米品種之玉米粒對土壤鎘累積的能力之比較結果

由表 1 及圖 1 之不同玉米品種 BCF 可知，各個玉米品種的玉米粒對鎘累積能力的差異性相當大。在 23 種玉米品種中，BCF 排列順序依序為 802 > 白龍王 > 玉美珍 > 華珍 > 金鳳 > 彩珍 > 金蜜 > 金珍珠 > 雪珍 > 臺南 23 號 > 夏強 > 雙發 > 佳穗 9 號 > 夏蜜 > 明豐 3 號 > 黑美珍 > 美粒甜 >> 白光甜 > 168 > 臺南 26 號 > 農興 688 > 臺農 1 號 > 臺南 24 號。

以玉米品種種類來區分，以食用玉米類玉米粒鎘累積能力相對較高，硬質玉米類則較低，由圖 1 結果亦可以看出，不同玉米品種間的鎘累積能力也有極大的差異。

由圖 1 之玉米品種 BCF 可知，BCF 最高前三名分別為 802、白龍王、玉美珍，皆屬於食用玉米品種，BCF 最低後三名分別為以農興 688、臺農 1 號、臺南 24 號，皆屬於硬質玉米品種。

以玉米粒顏色種類來區分，其中鎘吸收能力前三名 802、白龍王、玉美珍都屬於白皮白色玉米粒的玉米品種種類，黃皮黃色玉米粒、深色玉米粒或雙色玉米粒的玉米品種種類則鎘吸收能力較低。

由表 2 可知，在 23 種玉米品種中，其中華珍、雪珍、臺南 26 號、夏強、夏蜜、美

表 1. 各玉米品種玉米粒鎘濃度及其採樣田區之土壤性質分布範圍

Table 1. Overview of pH, CEC, and total Cd of soil, and Cd concentrations of fresh vegetables (FW) along with BCF, and BCF rank of Cd in corns

玉米品種	樣品數 (土壤 + 植體)	pH 範圍	陽離子交換能 力 CEC 範圍 (cmol kg ⁻¹)	土壤鎘濃度 (mg kg ⁻¹)	玉米粒鮮 重鎘濃度 (mg kg ⁻¹ FW ⁻¹)	生物濃縮因子 BCF (玉米粒鎘濃度 ÷ 土 壤鎘濃度)	生物濃縮因子 (BCF) 排序
食用玉米類							
華珍	40 + 40	6.34 ~ 7.69	5.14 ~ 8.11	0.23 ~ 0.81	0.003 ~ 0.02	0.01 ~ 0.03	4
玉美珍	44 + 44	5.54 ~ 7.24	5.04 ~ 7.32	0.31 ~ 1.36	0 ~ 0.1	0.04 ~ 0.199	3
雪珍	20 + 20	6.33 ~ 6.78	4.83 ~ 5.91	1.73 ~ 2.30	0.02 ~ 0.03	0.01 ~ 0.02	9
黑美珍	20 + 20	6.22 ~ 7.05	5.19 ~ 6.28	1.03 ~ 2.04	0.003 ~ 0.05	0.002 ~ 0.03	16
臺南 23 號	20 + 20	6.05 ~ 7.27	5.58 ~ 6.52	0.83 ~ 2.27	0.005 ~ 0.05	0.004 ~ 0.03	10
臺南 26 號	20 + 20	6.46 ~ 7.41	5.15 ~ 6.47	0.76 ~ 2.07	0.03 ~ 0.01	0.002 ~ 0.008	20
夏強	30 + 30	6.5 ~ 7.57	5.56 ~ 6.31	1.67 ~ 2.74	0.01 ~ 0.03	0.0106 ~ 0.017	11
夏蜜	30 + 30	6.2 ~ 7.2	4.54 ~ 5.90	1.40 ~ 3.53	0.009 ~ 0.02	0.004 ~ 0.17	14
美粒甜	30 + 30	7.3 ~ 7.87	5.53 ~ 8.78	0.64 ~ 2.35	0.0004 ~ 0.002	0.004 ~ 0.01	17
雙發	30 + 30	6.94 ~ 7.87	5.43 ~ 6.53	1.00 ~ 2.39	0.001 ~ 0.03	0.001 ~ 0.02	12
佳穗 9 號	35 + 35	6.7 ~ 7.9	4.33 ~ 6.21	0.63 ~ 2.27	0.01 ~ 0.04	0.005 ~ 0.03	13
168	30 + 30	6.98 ~ 7.94	4.93 ~ 6.26	0.70 ~ 2.09	0.0008 ~ 0.01	0.0005 ~ 0.09	19
彩珍	30 + 30	6.88 ~ 7.9	5.61 ~ 6.25	0.52 ~ 2.44	0.01 ~ 0.03	0.009 ~ 0.03	6
金珍珠	30 + 30	7.1 ~ 7.71	5.15 ~ 6.24	0.52 ~ 2.72	0.009 ~ 0.03	0.008 ~ 0.02	8
白光甜	19 + 19	7.08 ~ 7.8	5.53 ~ 7.00	0.51 ~ 1.33	0.001 ~ 0.008	0.003 ~ 0.01	18
金蜜	10 + 10	4.97 ~ 6.32	5.04 ~ 5.84	0.67 ~ 1.16	0.009 ~ 0.02	0.01 ~ 0.02	7
白龍王	20 + 20	5.05 ~ 6.41	4.15 ~ 5.43	1.73 ~ 2.40	0.03 ~ 0.07	0.01 ~ 0.03	2
802	20 + 20	5.98 ~ 7.95	5.33 ~ 6.17	0.67 ~ 1.63	0.021 ~ 0.066	0.024 ~ 0.067	1
金鳳	30 + 30	5.74 ~ 7.35	4.95 ~ 6.25	0.25 ~ 0.51	0.003 ~ 0.011	0.011 ~ 0.029	5
硬質玉米類							
明豐 3 號	20 + 20	6.35 ~ 7.28	5.19 ~ 6.41	0.57 ~ 2.52	0.003 ~ 0.02	0.006 ~ 0.01	15
農興 688	20 + 20	6.13 ~ 7.15	4.91 ~ 9.07	0.55 ~ 2.82	0.002 ~ 0.02	0.002 ~ 0.01	21
臺農 1 號	20 + 20	6.62 ~ 6.95	5.35 ~ 6.76	0.56 ~ 2.66	0 ~ 0.01	0 ~ 0.008	22
臺南 24 號	20 + 20	6.44 ~ 7.39	3.79 ~ 6.61	0.49 ~ 2.65	0 ~ 0.003	0 ~ 0.002	23
總計	588 + 588	4.97 ~ 7.94	3.79 ~ 9.07	0.23 ~ 3.53	0 ~ 0.1	0 ~ 0.199	

粒甜、雙發、168、彩珍、金珍珠、白光甜、金蜜、明豐 3 號、農興 688、臺農 1 號、臺南 24 號、金鳳等 17 種樣品全部未超過衛福部蔬果重金屬鎘的限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計)，其中玉美珍、黑美珍、臺南 23 號、佳穗 9 號、白龍王、802 等 6 個品種有部分樣品超過衛福部蔬果重金屬鎘的限量標準 0.05 mg kg^{-1} 。由此可見食用玉米品種中以 802 白色玉米是鎘吸收能力相當強的品種，而臺南 26 號、168、白光甜、臺農 1 號、臺南 24 號等 5 個品種則是鎘吸收能力相當低的玉米品種。

由表 3 可知，在相同土壤鎘濃度範圍內不同玉米品種的玉米粒鎘濃度與 BCF 進行品種間比較排序相似，主要還是以食用玉米類玉米粒鎘累積能力較高，硬質玉米類則較低。

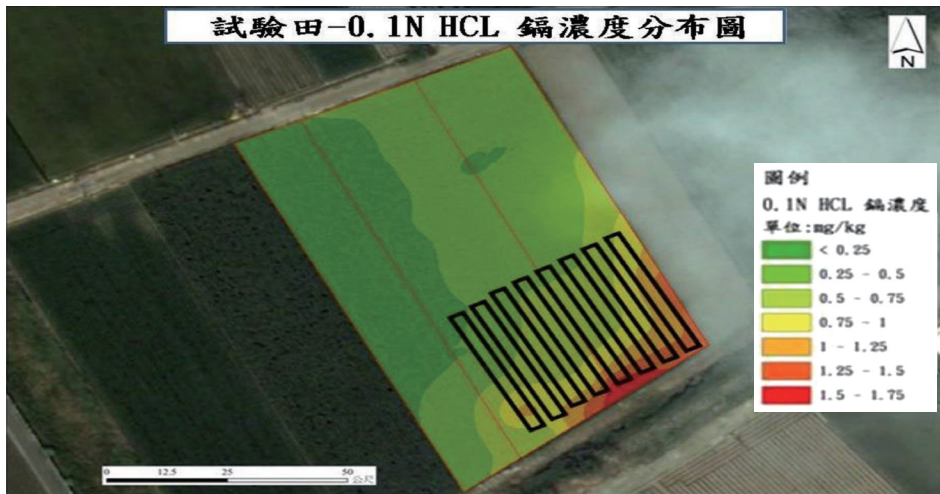


圖 1. 試驗田區土壤鎘濃度分布圖

Fig. 1. Distribution of Cd concentrations at experimental site

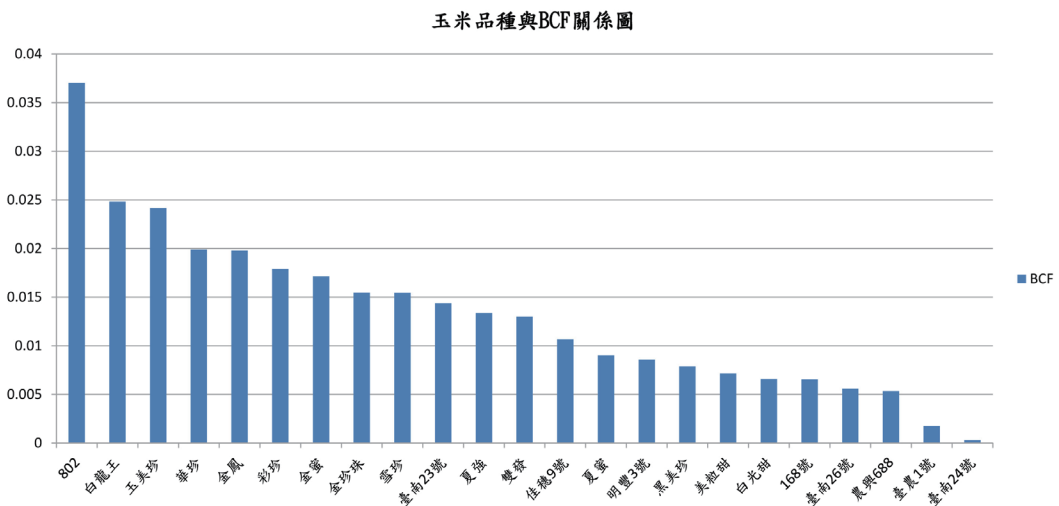


圖 2. 各種玉米品種生物濃縮因子值關係圖

Fig. 2. The BCF value of corns surveyed

表 2. 各玉米品種玉米粒鎘濃度與衛福部蔬果重金屬鎘濃度的限量標準統計表

Table 2. Compared of cadmium concentration in beans between corns and the standard of cadmium concentration of fruits and vegetables of Ministry of health and welfare (MOHW)

	未超過限量標準 (0.05 mg kg ⁻¹)	部分超過限量標準 (0.05 mg kg ⁻¹)
品種	華珍、雪珍、臺南 26 號、夏強、夏蜜、美粒甜、雙發、168、彩珍、金珍珠、白光甜、金蜜、明豐 3 號、農興 688、臺農 1 號、臺南 24 號、金鳳	玉美珍、黑美珍、臺南 23 號、佳穗 9 號、白龍王、802

註明：本試驗 23 個玉米品種依照不同時期分批種植於試驗田，試驗田採 8 座畦面進行種植，土壤鎘濃度梯度如圖 1 所示。

由表 4 可知，在相同土壤 pH 值範圍內不同玉米品種的玉米粒鎘濃度比較，也是以食用玉米類玉米粒鎘累積能力偏高，硬質玉米類則偏低。同品種在 pH 值低的範圍內玉米粒鎘濃度較高，反之則較低。由此可以驗證鎘在 pH 值偏酸的情況下，容易被玉米吸收到玉米粒植體內。

由表 5 可知，在相同陽離子交換能力 CEC 範圍內不同玉米品種的玉米粒鎘濃度比較，也是以食用玉米類玉米粒鎘累積能力較高，硬質玉米類則較低。同品種在陽離子交換能力 CEC 較高的範圍下，鎘為帶正電的陽離子容易被土壤吸附住，因此被玉米吸收到植體的濃度則較低，反之則較高。

三、不同玉米品種之玉米粒對土壤鎘累積的能力之預測曲線結果分析

本研究主要採田間現地種植採樣調查試驗分析，玉米採樣與土壤採樣點對點的方式進行調查，每個採樣點的土壤鎘濃度、pH 值及 CEC 的變異性分布也不平均，因此採取玉米品種為縱軸與鎘濃度為橫軸繪製成散佈圖，再依據其散佈圖的趨勢，預測其可能分布向上延伸曲線，來進行風險性評估。

- (一) 由圖 3 顯示華珍玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，華珍在土壤鎘濃度 1 mg kg⁻¹ 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg⁻¹ (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 3 mg kg⁻¹ 以下，華珍玉米品種超過限量標準風險性較低。
- (二) 由圖 4 顯示玉美珍玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，扣除掉少量幾個疑似誤差的超標樣品，玉美珍在土壤鎘濃度 1.4 mg kg⁻¹ 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg⁻¹ (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 2 mg kg⁻¹ 以下，玉美珍玉米品種超過限量標準風險性較低。
- (三) 由圖 5 顯示雪珍玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，雪珍在土壤鎘濃度 2.5 mg kg⁻¹ 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg⁻¹ (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 3 mg kg⁻¹ 以下，雪珍玉米品種超過限量標準風險性較低。
- (四) 由圖 6 顯示黑美珍玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，扣除掉少量幾個疑似誤差的超標樣品，黑美珍在土壤鎘濃度 2.5 mg kg⁻¹ 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg⁻¹ (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 3 mg kg⁻¹ 以下，黑美珍玉米品種超過限量標準風險性較低。
- (五) 由圖 7 顯示臺南 23 號玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，扣除掉少量幾個疑似誤差的超標樣品，臺南 23 號在土壤鎘濃度 2.5 mg kg⁻¹ 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg⁻¹ (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 3 mg kg⁻¹

表 3. 各種玉米品種在相同土壤鎘濃度範圍內的玉米粒鎘濃度比較表

Table 3. Comparison table of cadmium concentration in corn grains of various corn varieties in the same soil cadmium concentration range

排序	玉米品種	土壤乾重鎘濃度 0.5 ~ 1 (mg kg ⁻¹) 範圍下玉米粒鮮重鎘濃度 (µg kg ⁻¹)	玉米品種	土壤乾重鎘濃度 1 ~ 1.5 (mg kg ⁻¹) 範圍下玉米粒鮮重鎘濃度 (µg kg ⁻¹)
1	802	30.88 ± 9.09	802	49.63 ± 14.18
2	臺南 23 號	22.18 ± 7.24	白龍王	47.21 ± 9.20
3	玉美珍	18.39 ± 24.64	金珍珠	20.12 ± 5.10
4	金蜜	15.45 ± 3.98	彩珍	19.45 ± 2.29
5	華珍	15.28 ± 4.73	金蜜	16.26 ± 0.21
6	彩珍	15.14 ± 3.58	佳穗 9 號	16.26 ± 14.29
7	金珍珠	11.70 ± 1.31	雙發	16.23 ± 6.38
8	656 金鳳	8.60 ± 1.48	臺南 23 號	13.23 ± 4.98
9	明豐 3 號	8.01 ± 2.45	明豐 3 號	10.74 ± 4.70
10	佳穗 9 號	6.92 ± 1.60	玉美珍	9.10 ± 8.61
11	168 號	6.21 ± 0.92	168 號	8.15 ± 2.11
12	美粒甜	6.04 ± 1.69	黑美珍	7.61 ± 1.37
13	臺南 26 號	5.02 ± 0.48	白光甜	7.58 ± 0.68
14	白光甜	4.60 ± 1.82	美粒甜	7.41 ± 0.70
15	農興 688	3.38 ± 0.79	臺南 26 號	6.92 ± 1.57
			農興 688	6.69 ± 4.71
			臺農 1 號	2.67 ± 3.19

表 3. 各種玉米品種在相同土壤鎘濃度範圍內的玉米粒鎘濃度比較表 (續)
 Table 3. Comparison table of cadmium concentration in corn grains of various corn varieties in the same soil cadmium concentration range (continued)

排序	玉米品種	土壤乾重鎘濃度 1.5 ~ 2 (mg kg ⁻¹) 範圍下玉米粒鮮重鎘濃度 (µg kg ⁻¹)	玉米品種	土壤乾重鎘濃度 2 ~ 2.5 (mg kg ⁻¹) 範圍下玉米粒鮮重鎘濃度 (µg kg ⁻¹)
1	白龍王	51.99 ± 10.61	金珍珠	32.32 ± 2.15
2	雪珍	31.38 ± 5.02	雪珍	30.17 ± 5.14
3	彩珍	26.83 ± 10.62	雙發	29.92 ± 3.25
4	夏強	25.40 ± 4.32	彩珍	27.59 ± 7.51
5	金珍珠	23.60 ± 5.97	夏強	27.46 ± 3.19
6	雙發	21.61 ± 4.33	夏蜜	16.31 ± 5.87
7	臺南 23 號	20.45 ± 15.99	美粒甜	14.36 ± 0.28
8	夏蜜	17.08 ± 4.83		
9	黑美珍	14.05 ± 11.62		
10	美粒甜	12.39 ± 5.17		
11	佳穗 9 號	10.16 ± 1.96		
12	臺南 26 號	9.63 ± 3.03		
13	明豐 3 號	7.70 ± 10.89		
14	168 號	7.20 ± 3.96		
15	臺農 1 號	2.94 ± 1.50		

表 4. 各種玉米品種在相同土壤 pH 值範圍內的玉米粒鎘濃度比較表

Table 4. Comparison table of cadmium concentration in corn grains of various corn varieties in the same pH value range

排序	玉米品種	土壤 pH 值在 6.0 ~ 6.5 範圍下 玉米粒鮮重鎘濃度 ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	玉米品種	土壤 pH 值在 6.5 ~ 7.0 範圍下 玉米粒鮮重鎘濃度 ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
1	白龍王	48.89 ± 0.62	802	32.66 ± 8.71
2	雪珍	30.42 ± 5.12	雪珍	27.99 ± 10.95
3	玉美珍	17.79 ± 25.02	佳穗 9 號	25.43 ± 18.76
4	臺南 23 號	16.16 ± 8.23	夏強	24.90 ± 5.64
5	黑美珍	14.82 ± 4.38	彩珍	17.87 ± 2.20
6	華珍	13.94 ± 6.82	臺南 23 號	16.03 ± 5.65
7	金蜜	13.02 ± 0.83	夏蜜	15.82 ± 5.84
8	明豐 3 號	11.73 ± 16.59	玉美珍	14.05 ± 20.07
9	農興 688	8.84 ± 9.44	黑美珍	12.89 ± 12.00
10	656 金鳳	7.38 ± 2.42	華珍	9.25 ± 4.32
11	臺南 26 號	5.70 ± 1.78	臺南 26 號	9.25 ± 3.47
12	臺南 24 號	1.93 ± 2.73	明豐 3 號	8.65 ± 4.77
13	臺農 1 號	1.61 ± 1.46	656 金鳳	8.55 ± 0.38
			農興 688	5.88 ± 4.41
			臺農 1 號	3.99 ± 4.77
			臺南 24 號	0.29 ± 0.67

表 4. 各種玉米品種在相同土壤 pH 值範圍內的玉米粒鎘濃度比較表 (續)
 Table 4. Comparison table of cadmium concentration in corn grains of various corn varieties in the same pH value range (continued)

排序	玉米品種	土壤 pH 值在 7.0 ~ 7.5 範圍下 玉米粒鮮重鎘濃度 ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	玉米品種	土壤 pH 值在 7.5 ~ 8.0 範圍下 玉米粒鮮重鎘濃度 ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
1	802	43.04 ± 16.29	802	45.20 ± 15.40
2	夏強	27.04 ± 3.69	雙發	20.61 ± 6.04
3	彩珍	19.32 ± 6.71	金珍珠	19.77 ± 9.77
4	雙發	18.38 ± 7.03	彩珍	16.28 ± 3.84
5	金珍珠	17.68 ± 6.93	美粒甜	8.46 ± 3.56
6	夏蜜	16.85 ± 4.63	佳穗 9 號	8.27 ± 2.74
7	明豐 3 號	11.89 ± 1.65	168 號	6.94 ± 3.31
8	美粒甜	10.54 ± 6.06	白光甜	5.22 ± 1.94
9	佳穗 9 號	10.39 ± 8.35		
10	玉美珍	8.97 ± 6.74		
11	656 金鳳	7.45 ± 2.06		
12	168 號	7.17 ± 1.88		
13	華珍	6.96 ± 1.65		
14	臺南 26 號	6.22 ± 1.10		
15	白光甜	5.56 ± 2.32		
16	臺農 1 號	0.93 ± 1.08		

表 5. 各種玉米品種在相同陽離子交換能力 (CEC) 範圍內的玉米粒鎘濃度比較表
 Table 5. Comparison table of cadmium concentration in corn grains of various corn varieties in the same cation exchange capacity range

排序	玉米品種	土壤 CEC 值在 CEC 5 ~ 6 (cmol/kg) 範圍下 玉米粒鮮重鎘濃度 ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	玉米品種	土壤 pH 值在 6.5 ~ 7.0 範圍下 玉米粒鮮重鎘濃度 ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
1	白龍王	48.77 ± 6.40	夏強	26.69 ± 4.40
2	802	38.66 ± 14.03	臺南 23 號	19.24 ± 12.67
3	雪珍	29.15 ± 8.64	雙發	18.75 ± 6.77
4	夏強	26.99 ± 3.40	金珍珠	17.35 ± 6.50
5	雙發	21.09 ± 6.21	彩珍	17.30 ± 4.16
6	彩珍	19.67 ± 6.90	玉美珍	17.27 ± 22.86
7	金珍珠	18.47 ± 7.99	黑美珍	11.27 ± 5.95
8	夏蜜	16.34 ± 4.51	明豐 3 號	8.91 ± 5.24
9	金蜜	15.69 ± 3.27	美粒甜	8.41 ± 2.94
10	臺南 23 號	15.11 ± 2.62	農興 688	8.20 ± 8.74
11	黑美珍	13.63 ± 11.9	168 號	7.82 ± 1.99
12	明豐 3 號	10.24 ± 6.83	佳穗 9 號	7.66 ± 1.36
13	美粒甜	9.42 ± 5.17	華珍	7.20 ± 1.87
14	臺南 26 號	9.27 ± 3.76	臺南 26 號	6.33 ± 1.39
15	華珍	8.91 ± 4.62	656 金鳳	5.49 ± 2.46
16	656 金鳳	8.69 ± 1.16	白光甜	5.23 ± 2.15
17	佳穗 9 號	8.57 ± 2.75	臺農 1 號	1.20 ± 0.85
18	玉美珍	7.52 ± 7.83		
19	168 號	7.12 ± 2.50		
20	農興 688	6.53 ± 4.84		
21	白光甜	5.39 ± 2.21		
22	臺農 1 號	3.12 ± 4.12		
23	臺南 24 號	0.70 ± 1.21		

以下，臺南 23 號玉米品種超過限量標準風險性較低。

- (六) 由圖 8 顯示臺南 26 號玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，臺南 26 號在土壤鎘濃度 2.5 mg kg^{-1} 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 4 mg kg^{-1} 以下，臺南 26 號玉米品種超過限量標準風險性較低。
- (七) 由圖 9 顯示夏強玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，夏強在土壤鎘濃度 3 mg kg^{-1} 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 4 mg kg^{-1} 以下，夏強玉米品種超過限量標準風險性較低。
- (八) 由圖 10 顯示夏蜜玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，夏蜜在土壤鎘濃度 3.5 mg kg^{-1} 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 4 mg kg^{-1} 以下，夏蜜玉米品種超過限量標準風險性較低。
- (九) 由圖 11 顯示美粒甜玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，美粒甜在土壤鎘濃度 2.5 mg kg^{-1} 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 4 mg kg^{-1} 以下，美粒甜玉米品種超過限量標準風險性較低。
- (十) 由圖 12 顯示雙發玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，雙發在土壤鎘濃度 2.5 mg kg^{-1} 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 3 mg kg^{-1} 以下，雙發玉米品種超過限量標準風險性較低。
- (十一) 由圖 13 顯示佳穗 9 號玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，扣除掉少量幾個疑似誤差的超標樣品，佳穗 9 號在土壤鎘濃度 2.5 mg kg^{-1} 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 3 mg kg^{-1} 以下，佳穗 9 號玉米品種超過限量標準風險性較低。
- (十二) 由圖 14 顯示 168 玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，168 在土壤鎘濃度 2.5 mg kg^{-1} 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 4 mg kg^{-1} 以下，168 玉米品種超過限量標準風險性較低。
- (十三) 由圖 15 顯示彩珍玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，彩珍在土壤鎘濃度 2.5 mg kg^{-1} 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 3 mg kg^{-1} 以下，彩珍玉米品種超過限量標準風險性較低。
- (十四) 由圖 16 顯示金珍珠玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，金珍珠在土壤鎘濃度 3 mg kg^{-1} 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 4 mg kg^{-1} 以下，金珍珠玉米品種超過限量標準風險性較低。
- (十五) 由圖 17 顯示白光甜玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，白光甜在土壤鎘濃度 1.4 mg kg^{-1} 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 4 mg kg^{-1} 以下，白光甜玉米品種超過限量標準風險性較低。
- (十六) 由圖 18 顯示金蜜玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，金蜜在土壤鎘濃度 1.2 mg kg^{-1} 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 4 mg kg^{-1} 以下，金蜜玉米品種超過限量標準風險性較低。

- (十七) 由圖 19 顯示白龍王玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，白龍王在土壤鎘濃度 1.5 mg kg^{-1} 以上，白龍王樣品玉米粒鎘濃度有部分樣品超過限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計)，預測曲線若往下延伸，土壤鎘濃度只能 1 mg kg^{-1} 以下，白龍王玉米品種超過限量標準風險性才有機會較低，因此不建議種植在高風險農地。
- (十八) 由圖 20 顯示 802 玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，802 在土壤鎘濃度 1.4 mg kg^{-1} 以上，802 樣品玉米粒鎘濃度有部分樣品超過限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計)，預測曲線若往下延伸，土壤鎘濃度只能 0.6 mg kg^{-1} 以下，802 玉米品種超過限量標準風險性才有機會較低，因此不建議種植在高風險農地。
- (十九) 由圖 21 顯示金鳳玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，金鳳在土壤鎘濃度 0.6 mg kg^{-1} 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 4 mg kg^{-1} 以下，金鳳玉米品種超過限量標準風險性較低。
- (二十) 由圖 22 顯示明豐 3 號玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，明豐 3 號在土壤鎘濃度 2.5 mg kg^{-1} 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 4 mg kg^{-1} 以下，明豐 3 號玉米品種超過限量標準風險性較低。
- (二一) 由圖 23 顯示農興 688 玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，農興 688 在土壤鎘濃度 3 mg kg^{-1} 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 4 mg kg^{-1} 以下，農興 688 玉米品種超過限量標準風險性較低。
- (二二) 由圖 24 顯示臺農 1 號玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，臺農 1 號在土壤鎘濃度 3 mg kg^{-1} 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 4 mg kg^{-1} 以下，臺農 1 號玉米品種超過限量標準風險性較低。
- (二三) 由圖 25 顯示臺南 24 號玉米品種與鎘濃度散佈圖可知，臺南 24 號在土壤鎘濃度 3 mg kg^{-1} 以下，所有樣品玉米粒鎘濃度皆在限量標準 0.05 mg kg^{-1} (鮮重計) 以下，預測曲線若往上延伸，土壤鎘濃度 5 mg kg^{-1} 以下，臺南 24 號玉米品種超過限量標準風險性較低。

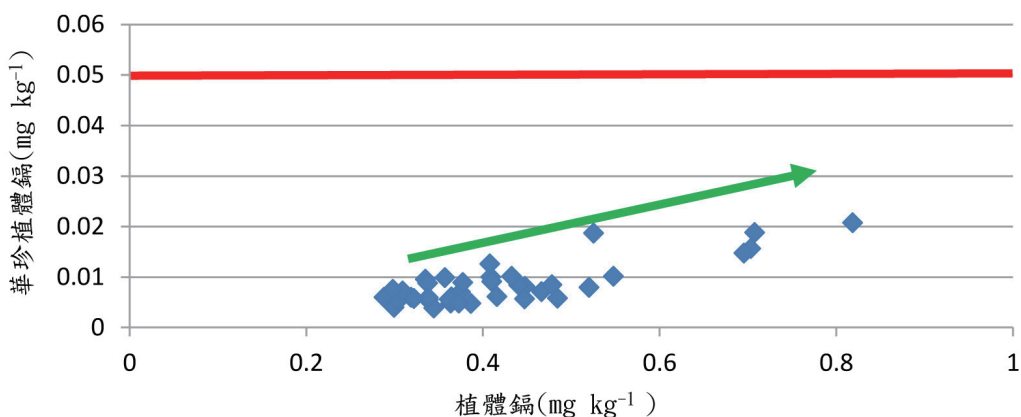


圖 3. 華珍玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 3. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 華珍

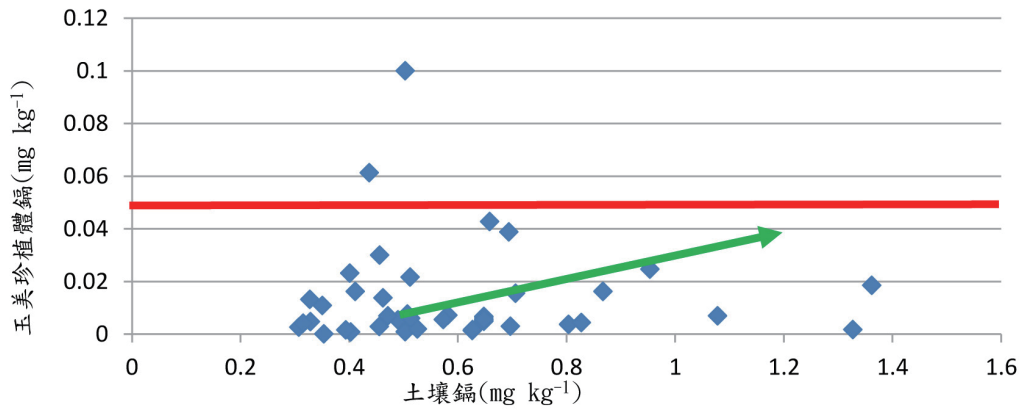


圖 4. 玉美珍玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 4. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 玉美珍

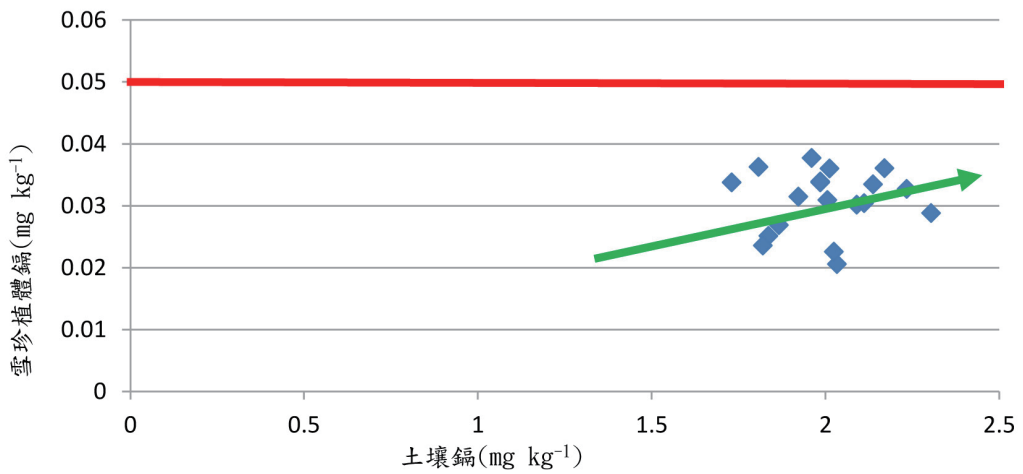


圖 5. 雪珍玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 5. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 雪珍

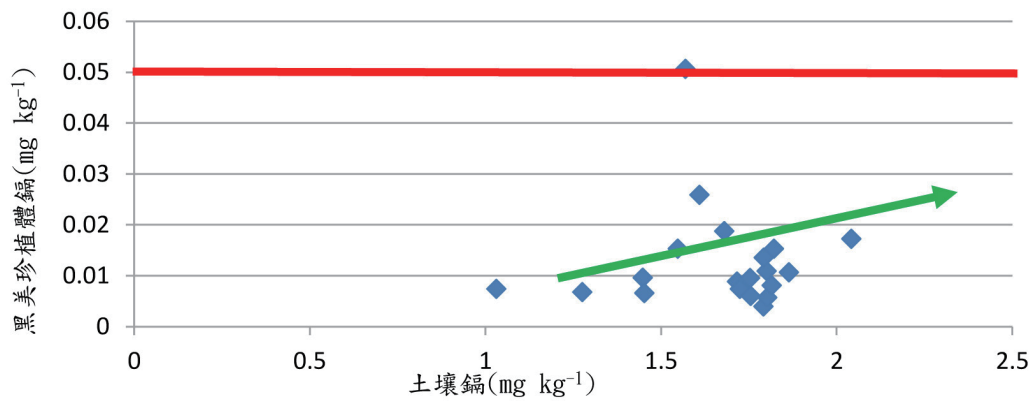


圖 6. 黑美珍玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 6. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 黑美珍

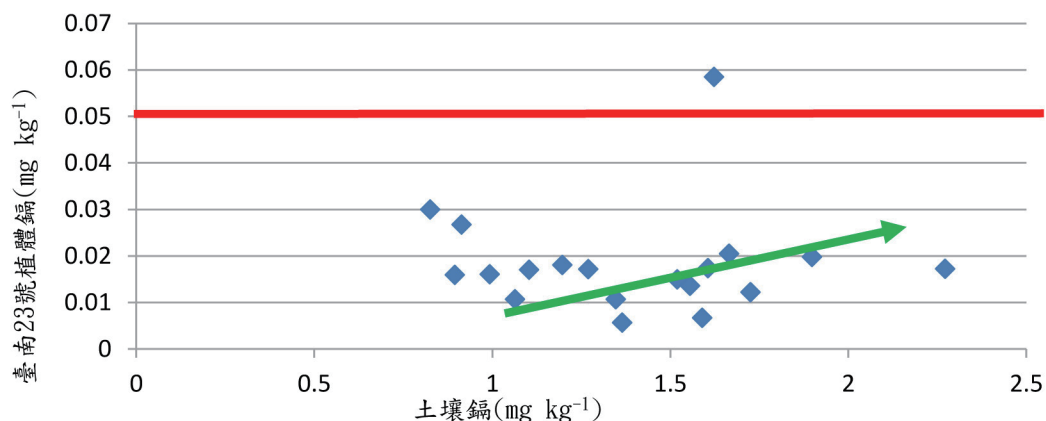


圖 7. 臺南 23 號玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 7. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of Tainan No 23

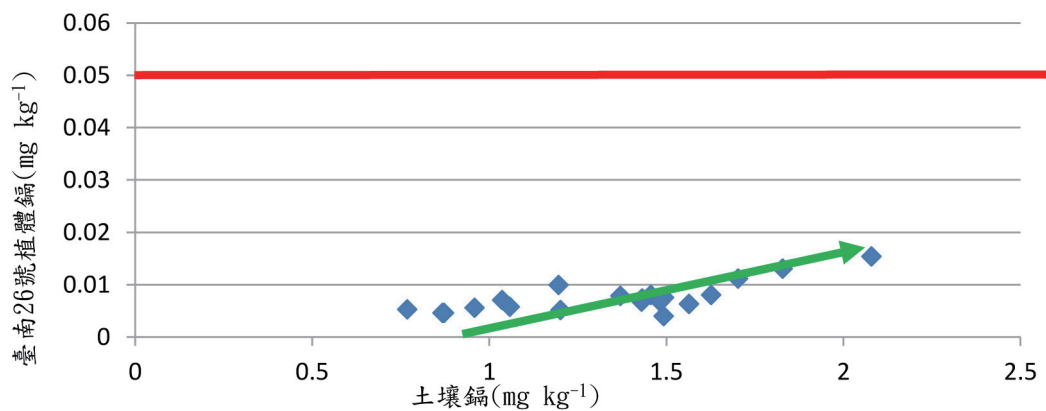


圖 8. 臺南 26 號玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 8. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of Tainan No 26

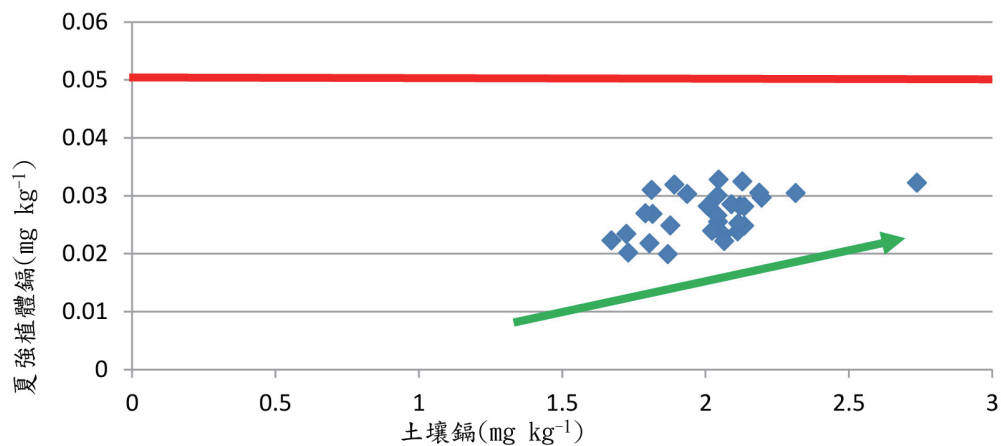


圖 9. 夏強玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 9. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 夏強

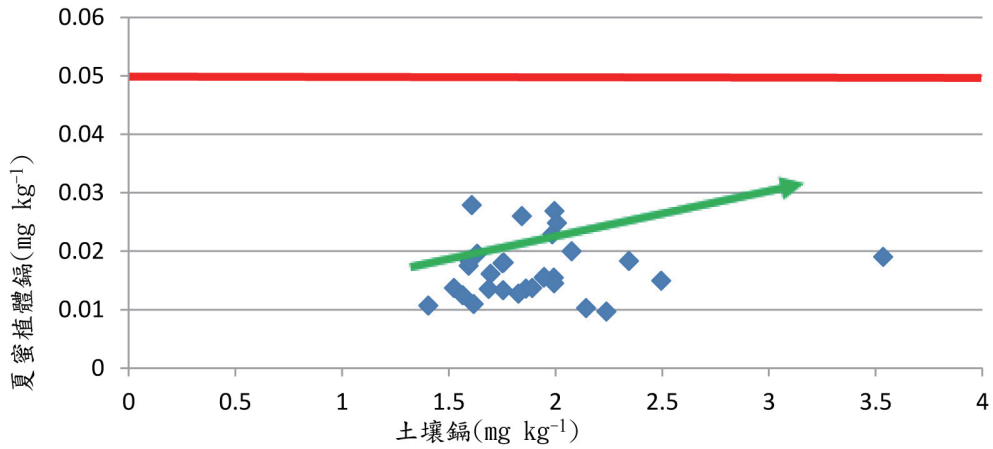


圖 10. 夏蜜玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 10. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 夏蜜

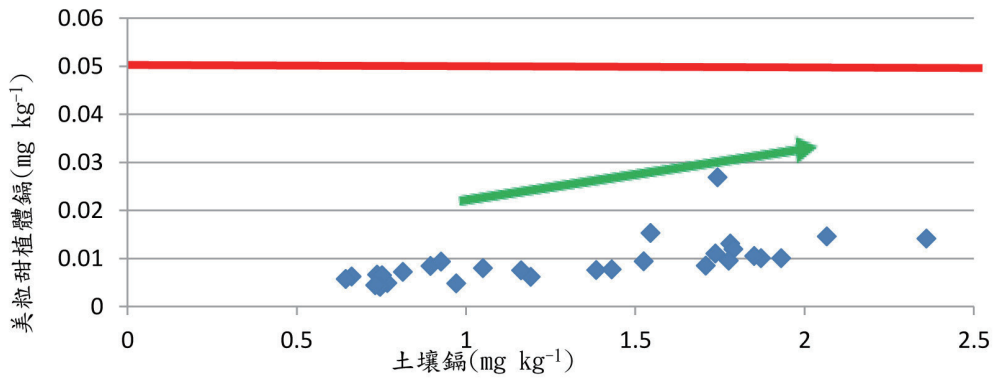


圖 11. 美粒甜玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 11. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 美粒甜

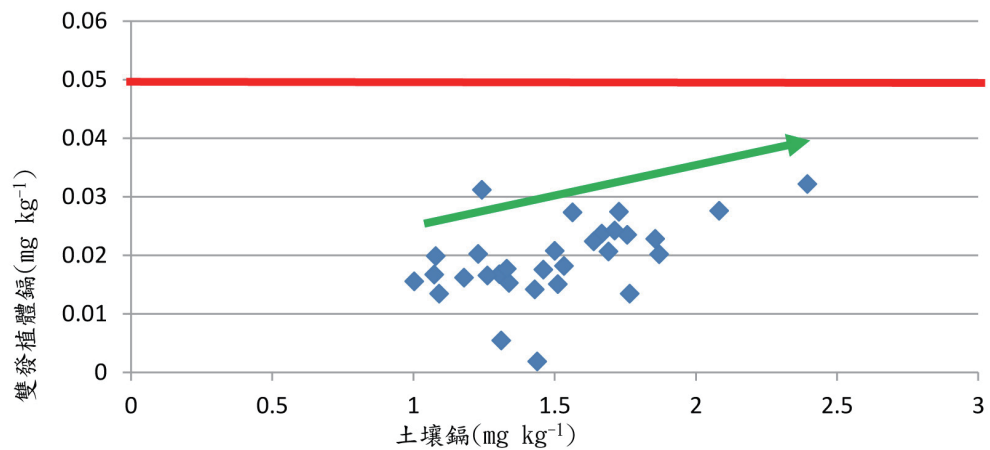


圖 12. 雙發玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 12. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 雙發

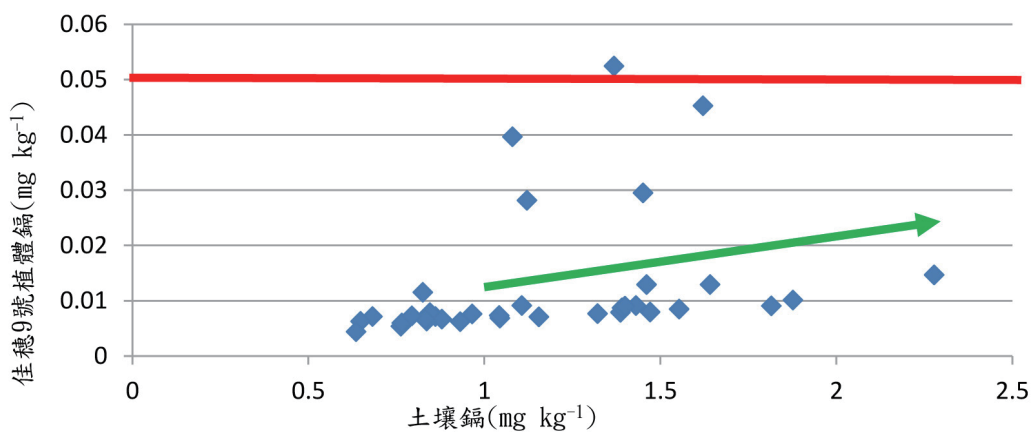


圖 13. 佳穗 9 號玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 13. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 佳穗 No 9

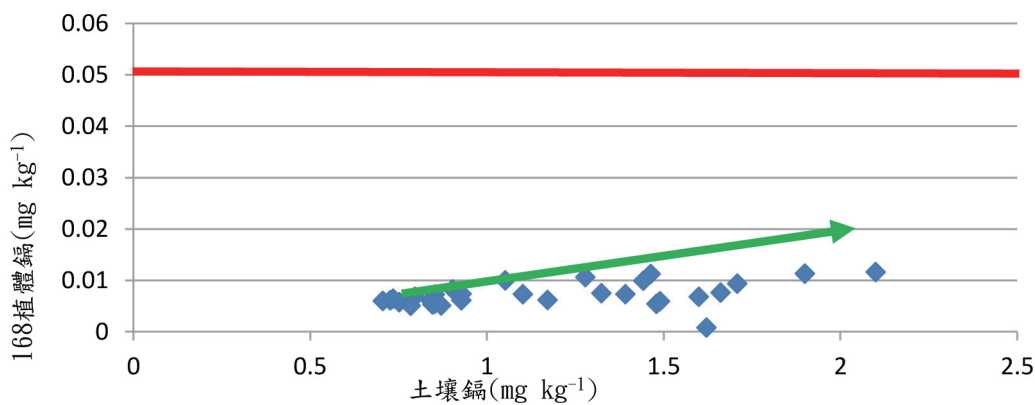


圖 14. 168 玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 14. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 168

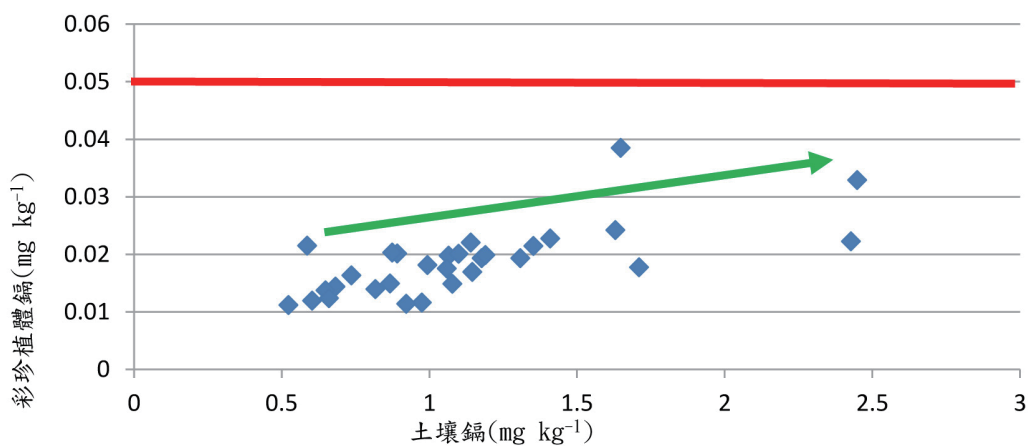


圖 15. 彩珍玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 15. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 彩珍

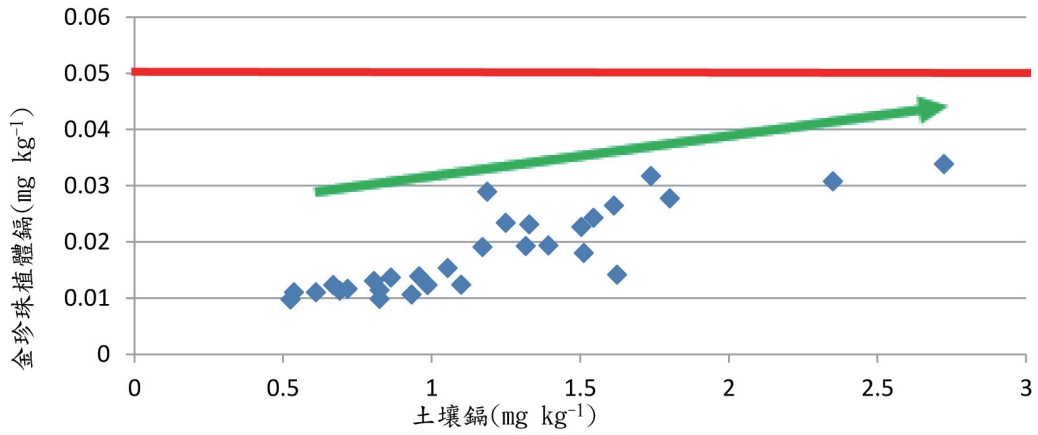


圖 16. 金珍珠玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 16. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 金珍珠

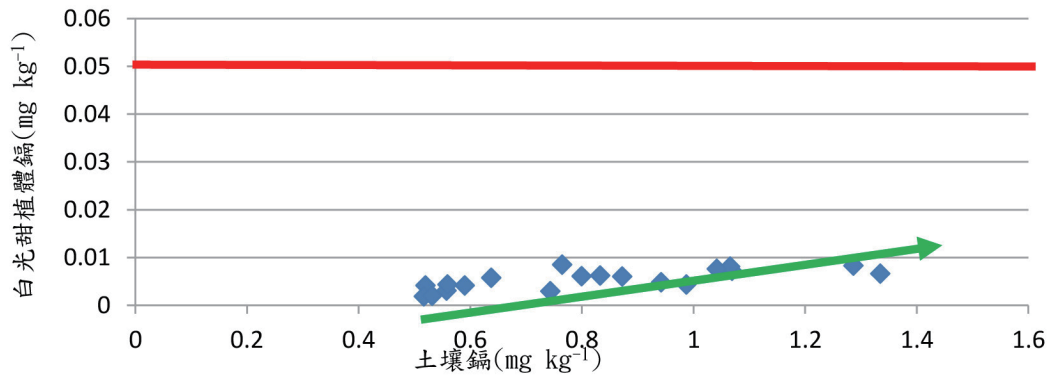


圖 17. 白光甜玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 17. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 白光甜

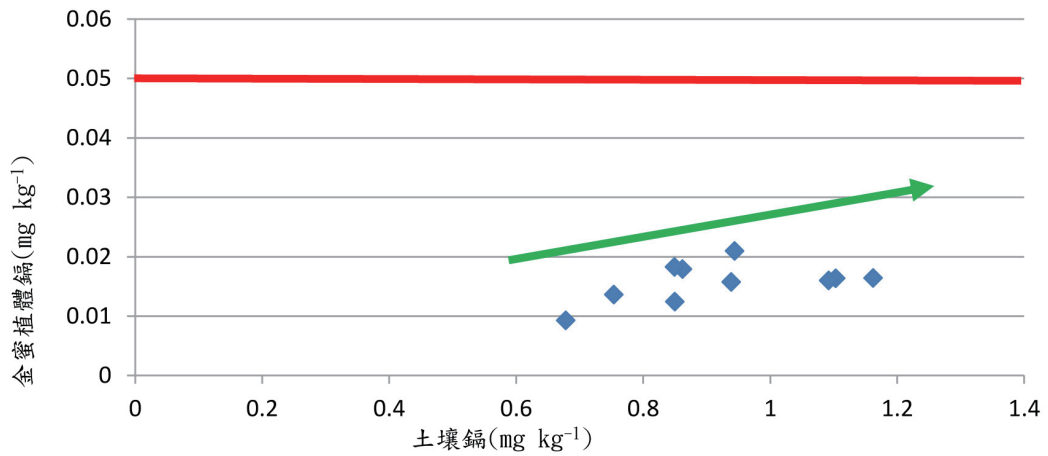


圖 18. 金蜜玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 18. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 金蜜

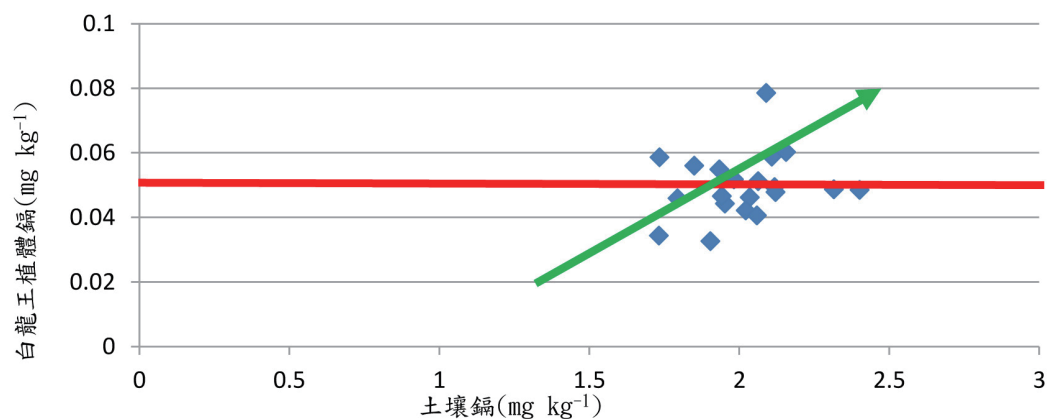


圖 19. 白龍王玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 19. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 白龍王

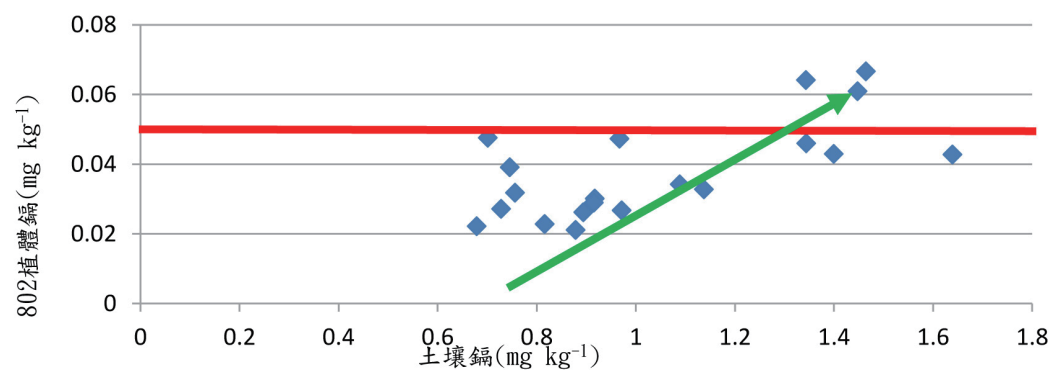


圖 20. 802 玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 20. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 802

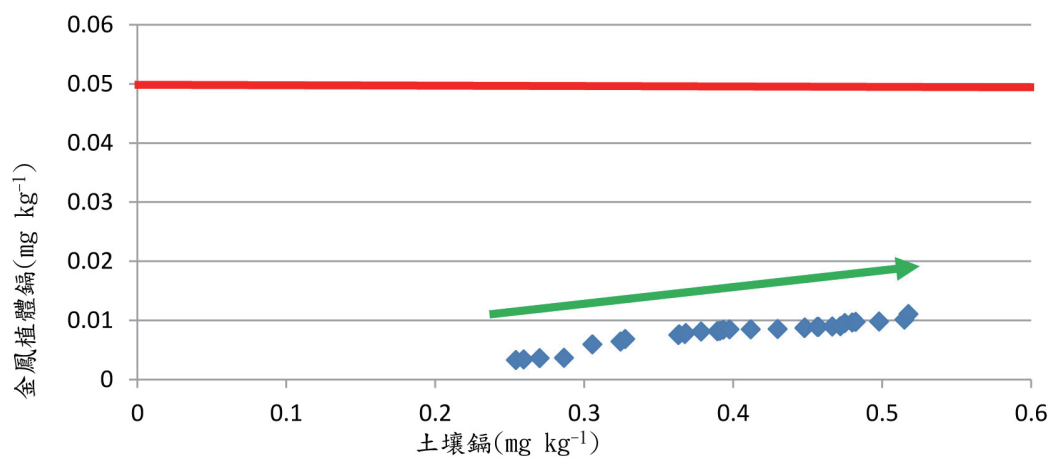


圖 21. 金鳳玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 21. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 金鳳

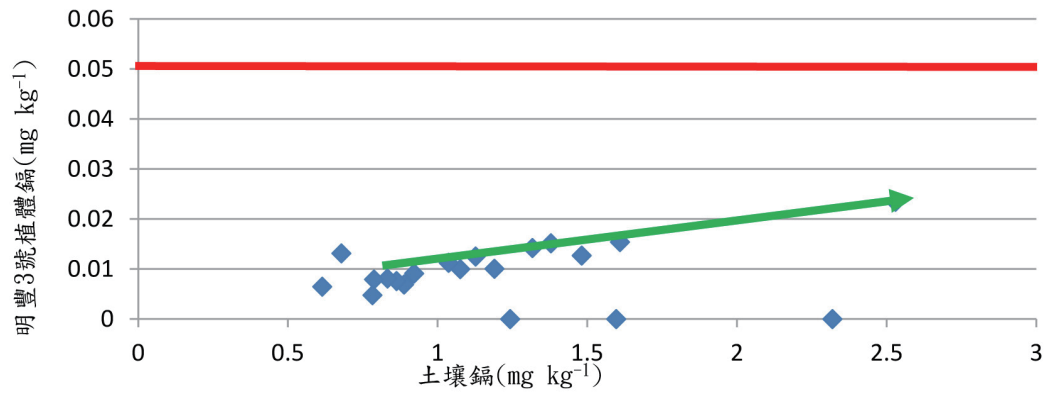


圖 22. 明豐 3 號玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 22. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 明豐 No 3

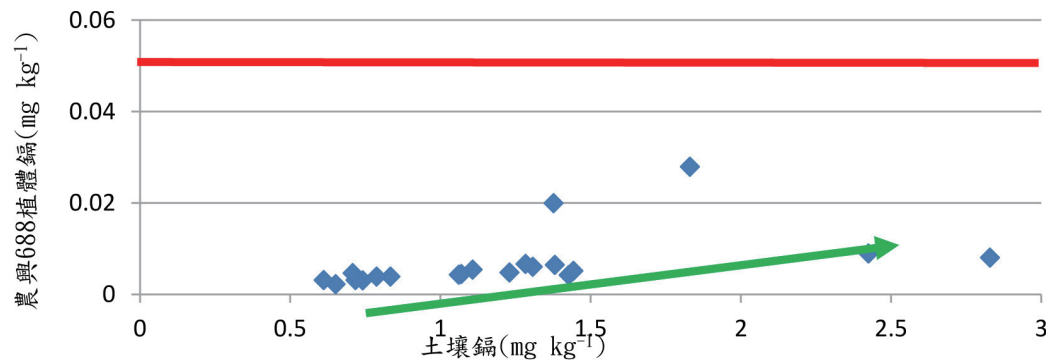


圖 23. 農興 688 玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 23. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 農興 688

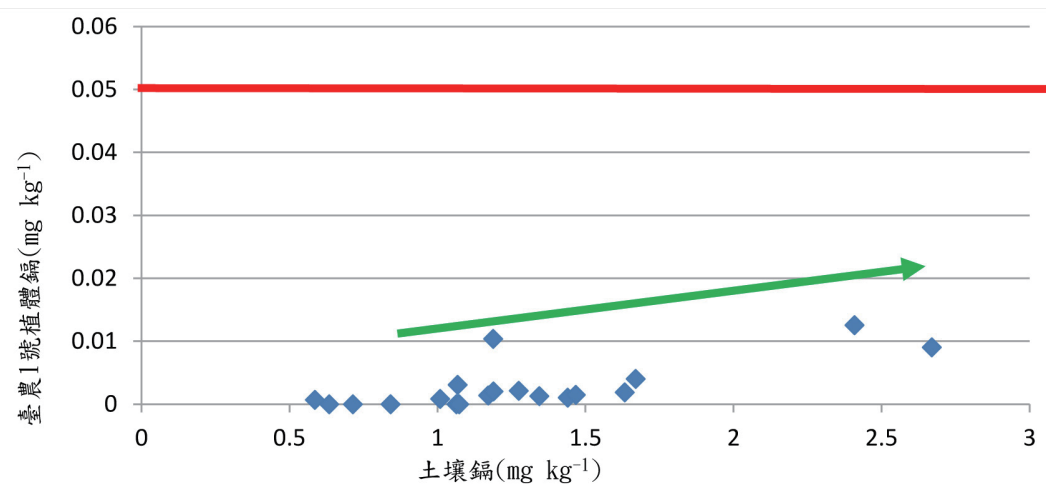


圖 24. 臺農 1 號玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 24. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of 臺農 No 1

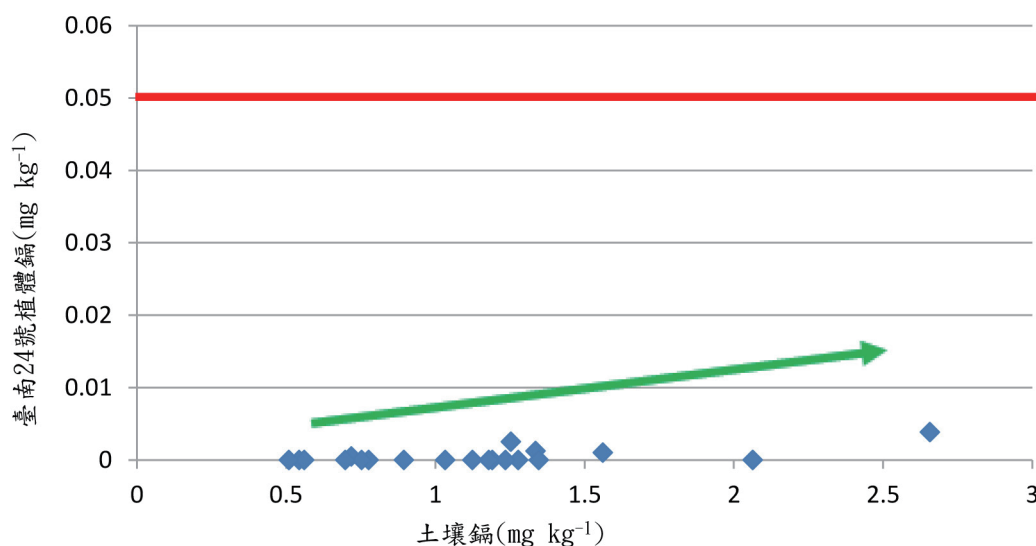


圖 25. 臺南 24 號玉米品種土壤鎘與植體鎘濃度散佈圖

Fig. 25. Distribution map of soil cadmium and plant cadmium concentrations of Tainan No 24.

由毛及黃 (2017) 高風險農地低鎘吸收作物篩選之研究，顯示玉米在各蔬果種類與品種對鎘吸收能力調查中屬於中低吸收能力的作物種類⁽⁵⁾。而不同玉米品種對個別吸收能力的差異性也相當大。因此建議高風險農地推廣種植低鎘吸收玉米品種中，仍須慎選品種如硬質玉米中的臺南 24 號、農興 688、明豐 3 號及臺農 1 號等，食用玉米則以華珍、玉美珍、雪珍、臺南 23 號、臺南 26 號、夏強、夏蜜、美粒甜、雙發、佳穗 9 號、168、彩珍、金珍珠、白光甜、金蜜，黑美珍、金鳳等品種，以降低高風險農地產出超過限量標準的農產品。綜合以上結果，因為玉米品種的不同，對鎘吸收能力也有所不同，但與其他作物相比，玉米對土壤中鎘的吸收能力較低。由玉米採樣與土壤採樣點對點繪製而成的散佈圖預測曲線，有些品種採樣點土壤鎘濃度過於集中在同一區域無法分散，未來需要累積更多的樣品數，才能使得預測曲線的呈現更加客觀準確。

結 論

由本研究結果可知，不同玉米之重金屬鎘累積能力，隨著玉米品種不同而有差異。再加上利用田間現地栽培試驗，更貼近玉米所需的生長環境及土壤條件，因此可以增加可信度。所選擇的高風險農地土壤性質主要是中性偏鹼，因此結果僅適合土壤性質類似的土壤進行建議種植推薦的低鎘吸收品種，應避免種植對鎘累積能力較高的玉米品種。未來可以累積更多試驗數據用以釐清不同玉米品種之鎘累積能力的生理與生化等特性差異，以提供高污染風險農地選擇安全性較高作物品種之參考。

誌 謝

本研究承蒙土肥研究室全體同仁協助執行，並提供寶貴意見，特別感謝行政院農業委員

會農業試驗所農業化學組林毓雯博士協助各項重金屬濃度分析，使得本試驗得以圓滿執行完成，謹此致謝。

引用文獻

1. 毛王杰、黃瑞彰。2020。高風險農地不同藝苔屬蔬菜品種對鎘吸收能力之研究。農田土壤肥料成載量及土壤管理研討會論文。
2. 毛王杰、黃瑞彰。2019。高風險農地不同玉米栽培種對鎘吸收能力之研究。農田土壤肥料成載量及土壤管理研討會論文。
3. 毛王杰、黃裕銘、黃政華、黃瑞彰、王聖善、吳東鴻、林毓雯。2018。高風險農地不同毛豆栽培種對鎘吸收能力之研究。農田土壤肥料成載量及土壤管理研討會論文。
4. 毛王杰、黃裕銘。2018。不同毛豆栽培種對鎘吸收之研究。中興大學土壤環境科學系碩士論文。
5. 毛王杰、黃瑞彰。2017。高風險農地低鎘吸收作物篩選之研究。臺南區農業改良場研究彙報。第 69 期。P58-68。
6. 毛王杰、黃瑞彰。2016。雲嘉南蔬菜生產區之蔬菜重金屬含量之安全性評估。臺南區農業改良場研究彙報。第 67 期：49-61。
7. 行政院環境保護署。2001。土壤污染管制標準。第五條。<http://a0-0aout.epa.gov.tw/law/LawContent.aspx?id=FL015523&KeyWord=%e5%9c%9f%e5%a3%a4%e6%b1%a1%e6%9f%93>。
8. 行政院環境保護署。2011。土壤污染監測標準。第四條。<http://a0-0aout.epa.gov.tw/law/LawContent.aspx?id=FL058039&KeyWord=%e5%9c%9f%e5%a3%a4%e6%b1%a1%e6%9f%93>。
9. 行政院環境保護署。1982。<http://sgw.epa.gov.tw/public/0501.aspx>。
10. 維基百科—痛痛病。<https://zh.wikipedia.org/wiki/痛痛病>。
11. Lin Y. W., T. S. Liu, H. Y. Guo, C. M. Giang, H. J. Tang, H. T. Chen, and J. H. Chen. 2015: Relationships between Cd concentrations in different vegetables and those in arable soils, and food safety evaluation of vegetables in Taiwan. *Soil Sci. Plant Nutr.* 61: 983-998. DOI: 10.1080/00380768.2015.1078219.
12. Lune P, Zwart KB 1997: Cadmium uptake by crops from the subsoil. *Plant and Soil*, 189, 231-237.
13. Yang J, H Guo, Ma Y, Wang L, Wei D, Hua L 2010: Genotypic variations in the accumulation of Cd exhibited by different vegetables. *J. Environ. Sci.* 22: 1246-1252.
14. Zhang H, Chen J, Zhu L, Yang G, Li D 2014: Transfer of Cadmium from Soil to Vegetable in the Pearl River Delta area, South China. *PLoS ONE*. doi:10.1371/journal.pone.0108572.

Studies on the cadmium absorption ability among different corn cultivars in high-risk farmlands¹

Mao, J. C. and J. C. Huang²

Abstract

Understanding of cadmium absorption capacity in different corn cultivars can avoid exceeding absorption of Cd over the limiting value(0.05 mgkg⁻¹)from Cd-contaminated farmland. The Cd accumulation capacity of various corns and the relationship between Cd concentrations in corn grains and soils were assessed by conducting corn experiments in the high risky area of low Cd-contaminated farmlands. The Cd concentrations in corn grains and soils; pH value and cation exchange capacity (CEC) were analyzed. According to the bioconcentration factors calculated, the Cd accumulation capacity varied considerably among the cultivars of corn tested. Table corns had higher concentration of Cd than feed corns. Therefore, We suggest that in the high risky farmland. Low-absorption feed corn be planted. This may increase the food safety of corn grains from the high-risk farmland.

What is already known on this subject?

The literatures reported that table corn is found with medium and lower Cd absorption abilities. Studies on the in comparison of Cd absorption abilities among corn cultivars is limited.

What are the new findings?

In this study, we screened and compared the cadmium absorbing ability of different corn varieties in high-risk cadmium-contaminated farmland, according to soil different cadmium concentration, pH value, cation exchange capacity and BCF.

What is the expected impact on this field?

Providing information of corn varieties with low cadmium absorption capacity for planting of corn in high-risk farmland.

Key words: Cd, Low Cd accumulation abilities, Bioconcentration factor, Safety

Accepted for publication: April 7, 2022

1. Contribution No. 547 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.

2. Assistant Researcher, Associate Researcher, Tainan District Agricultural Research and Extension Station. 70 Muchang, Hsinhua, Tainan 712009, Taiwan, R.O.C.