

二、四 - 地非致死劑量對玉米及胡瓜之毒性及 殘留分析

蔣永正 蔣慕琰

農委會農業藥物毒物試驗所

摘 要

本研究利用植株生長勢，葉綠素螢光反應，及植體藥劑殘留量測定，探討非致死劑量之二、四地，對玉米及胡瓜之毒性，及免疫分析在藥害診斷技術之可利用範圍。二、四地萌後噴施於 2-3 葉之胡瓜及玉米植株，定期調查植株藥害徵狀，株高、葉數、鮮重等生育性狀，及葉片葉綠素螢光變化，並配合植體殘留量之檢測。以 240 g ha^{-1} 劑量噴施玉米植株，未造成明顯的外觀形態異常，及生育抑制現象；藥劑殘留量於噴後四小時測得 $7.64 \pm 0.51 \text{ } \mu\text{g gfw}^{-1}$ ，三日後消退至 $3.95 \pm 0.21 \text{ } \mu\text{g gfw}^{-1}$ ，15 日後仍可測得 $0.74 \pm 0.06 \text{ } \mu\text{g gfw}^{-1}$ 為對照株的 6.2 倍，三星期左右兩者測值相近。以 120 g ha^{-1} 劑量施用於胡瓜，主要造成噴施時已展開之第二葉萎凋，及正在發育之第三葉皺縮；施藥後 15 日之植株外觀受損達 20%，株高、葉數、鮮重等生育降至對照株之 40-78%；第二及第三葉片之葉綠素螢光： F_0 值升高， F_v/F_m 及 F_m/F_0 值變化較小。施藥後 30 日植株生長有恢復趨勢，但株高及鮮重仍較對照為差。植體內藥劑殘留量，噴後四小時測得 $6.61 \pm 0.23 \text{ } \mu\text{g gfw}^{-1}$ ，15 日後降為 $2.61 \pm 0.11 \text{ } \mu\text{g gfw}^{-1}$ ，30 日後仍可測得對照之 3.91 倍。免疫分析具有之高靈敏度偵測特性，對外觀徵狀不明顯之藥害診斷，提供了直接的輔助性證據。

關鍵詞：玉米、胡瓜、二、四-地、藥害、葉綠素螢光、殘留量、免疫分析。

Phytotoxic Responses of Corn and Cucumber to
Sub-lethal Rate of 2, 4-D

Yeong-Jene.Chiang Mou-Yen Chiang

*Taiwan Agriculture Chemicals and Toxic Substances Research Institute,
Wufeng, Taichung, Taiwan, R.O.C.*

Abstract

2,4-D is commonly used for weed control of sugarcane in Taiwan. Spraying under unfavorable field conditions often resulted in drifting and injury of crops in farmland bordering the plantation. Simple and sensitive methods for detecting of responsible agent are very useful in the diagnosis of phytotoxicity of non-target plants. In this study, we used immunochemical assay for the quantitative detection of 2,4-D in corn and cucumber. Characteristic symptoms, agronomic parameters, and changes of chlorophyll fluorescence were also investigated. Sub-lethal level of 2,4-D was sprayed over-top to potted plants at 2-3 leaf stage. Symptoms appeared on the youngest fully-expanded leaves of cucumber after 2,4-D spraying with 120 g ha^{-1} . At this rate, 2,4-D resulted in 22-60% of phytotoxicity on cucumber at 15 days after application, and changes on the chlorophyll fluorescence of cucumber leaves with a slight increase in F_0 values and reduction in F_v/F_m and F_m/F_0 values. Corn was lightly injured by 240 g ha^{-1} of 2,4-D and recovered growth rapidly. At 15 days after application, $0.74 \pm 0.06 \mu\text{g gfw}^{-1}$ of 2,4-D was detected in corn. And residue detection in cucumber was $1.25 \pm 0.07 \mu\text{g gfw}^{-1}$ at 30 days after application. The sensitive and specific immunoassay provided additional information on proper diagnosis of 2,4-D injury to crops.

Key words: corn, cucumber, 2,4-D, phytotoxicity, chlorophyll fluorescence, residual analysis, immunoassay.

前 言

除草劑在不同種類植物表現之選擇性，為雜草防除應用上的重要特質；因此藥劑若噴及敏感作物，則會干擾細胞正常生理生化作用的進行，造成植株生育抑制而發生藥害^(2, 4, 7)。藥害的發生主要和藥劑的生物活性，及噴施的方式有關，氣候環境則可能改變藥害的影響程度⁽³⁾。大部分除草劑在田

間施用時，都以避免作物接觸到藥劑為原則，但是若發生藥液飄散、灌溉水污染、或土壤殘留等現象，則會導致非目標敏感作物的藥害，所顯現之徵狀為微量吸收引起之形態及生理變化，與一般高劑量噴施目標植物造成的異常徵狀明顯不同⁽³⁾。除草劑藥害診斷主要依據作物外觀形態，及組織微細構造的變化特徵，在特定需求下亦可藉助植體殘留量偵測提供直接的證據^(3, 13)。但是在大多數的藥害案件中，當栽培者察覺植株生育異常時，往往都已經過相當時日，徵狀的發展歷程也已進入末期；若植株反應極為敏感，則可能已乾枯、脫落或死亡；若屬慢性之長期反應，則外觀之徵狀可能已隨植株的長大而不明顯，造成徵狀診斷的實際困難^(5, 6)。此外植體內藥劑大部分也已代謝，需要高靈敏度之微量分析技術，達到殘留量偵測的目的。免疫分析法在專一性及靈敏度方面的特性，頗能符合上述條件的需求，不僅在樣品萃取及試驗操作步驟上簡便易行，且已上市之商品化試劑組，針對特定藥劑均可達到 ppb，甚至 ppt 之最低偵測限界^(9, 10, 11, 15)。二、四 地(2,4-D)為臺灣地區最早使用之除草劑，具有生長激素活性，主要由葉片吸收，可轉移至植體各部位，闊葉植物較禾本科類敏感，接觸後 1-2 日莖葉變形扭曲⁽⁴⁾。在臺灣之登記僅限於甘蔗園，以動力噴霧器大面積噴灑時，二、四 地藥液易隨風飄散至園外，引起蔬菜、花卉、果樹等作物之藥害。本研究以二、四 地處理胡瓜及玉米植株後，定期調查及測定外觀性狀，葉片葉綠素螢光，及使用免疫分析測得之藥劑殘留量等，並比較各反應在用藥後不同時間之變化情形，以提供二、四 地藥害診斷之參考資料。

材料與方法

供試材料及藥劑處理

2001年於霧峰農業藥物毒物試驗所溫室內進行盆栽試驗，採用農友種苗公司之清綠雜交一代胡瓜，及本地種台南白玉米為測試材料。種子直接播種於直徑15公分，高度12公分之栽植盆中(裝土約1.5公斤)，於胡瓜、玉米生長至2-3葉完全展開時(播種後約14天)，每盆間苗成一株，噴施不同劑量之二、四 地。每處理樣品三重複，每重複二盆。

噴施劑量參考植物保護手冊⁽¹⁾，及玉米、胡瓜對測試藥劑之敏感性差異，玉米使用之劑量為 240g ha^{-1} ，胡瓜為 120g ha^{-1} 。以手提式高壓碳瓶噴霧器，型號LF-2 80°之噴嘴，在壓力 2.1 kg cm^{-2} 下將藥液均勻噴施於植株上。

植株藥害調查

於施藥前一日及施藥後四小時開始，定期調查測試植株之株高、葉數及鮮重等農藝性狀，同時以百分率量化指標，評級藥害發生程度(0

為無藥害，100 為全株乾枯)⁽¹³⁾，並記錄藥害徵狀及恢復情形。由植株外觀形態變化及生育抑制結果，比較施藥後不同時間之作物反應。

葉片葉綠素螢光測定

藥劑噴施後，定期測定噴藥時已完全展開之第二葉，及噴藥後才完全展開之第三葉葉片葉綠素螢光，並記錄各項介量參數值(F_o ：葉綠素螢光上升起始值； F_o 上升與電子傳遞效率降低有關， F_o 下降則顯示捕光系統已遭受破壞。 F_m ：葉綠素螢光達到高峰之螢光值)，同時計算 F_m/F_o 值、 F_v/F_m 值($F_v = F_m - F_o$)之變化情形(一般健康植株之 F_m/F_o 在 5 左右； F_v/F_m 在 0.80-0.83 間；低於此數值顯示 PSII 光反應之效能降低)^(8, 14, 16)。測定前先將葉片夾(leaf clip)夾住葉的上表面，經 30 分鐘暗處理後(將照光前所有正在進行之光反應作用完成，使測試之基準點一致)，再連接於植物光合作用效率分析儀(Plant Efficiency Analyzer, Hansatech；光源為六個 LEDs 聚合成之穩定激發光，peak wavelength 為 650 nm，照在葉面之最高光強度為 $3000 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$)之感測器即可測得。測定結果以儀器所附分析軟體進行數據轉換及計算。

免疫分析法檢測植體殘留量

分析試藥組 (RaPID Assays; OHMICRON) 包括:不同濃度除草劑之標準品(standards)，標識有特定除草劑之酵素連結體(Enzyme conjugate)，結合有除草劑抗體之磁球(Magnetic particles)，酵素反應呈色劑(Color reagent)，酵素反應終止劑(Stopping solution)，以及不含除草劑之Diluent / Zero solution。將處理後之植株剪碎後混合均勻，取適量樣品以1:2-3之比例加入丙酮，研磨樣品30分鐘後，在6000g轉速下離心6分鐘，取出100 μ l澄清液吹乾。加入1ml之Diluent/Zero solution回溶後，取出200 μ l置於試管中備用，樣品經萃取淨化後，加入分析試藥進行免疫反應。取250 μ l Enzyme conjugate及500 μ l Magnetic particles加入裝有樣品之試管中振盪，靜置30分鐘後，置於磁鐵架上，倒掉試管中未反應之液體，再拿開磁鐵架，以1ml去離子水沖洗二次，加入500 μ l Color reagent，靜置20分鐘進行呈色反應，最後加入500 μ l Stopping solution終止反應。另以不同濃度之藥劑標準品，於分析儀中(RPA-1TM RaPID Photometric Analyzer, OHMICRON)選擇二、四 地分析項目，在450 nm波長下測量吸光值，做出濃度與吸光值之標準曲線，做為計算植體樣品中之藥劑殘留量⁽¹²⁾。本研究中之免疫分析主要利用植體樣品中之除草劑分子，與標識有特定除草劑之酵素連結體，競爭結合有除草劑抗體之磁球進行免疫反應，再以酵素反應產物之呈色情形決定樣品中除草劑濃度，因此呈色物之吸光值愈高，表示樣品中除草劑含量愈低；反之呈色愈淺，吸光值低，除草劑含量愈高⁽¹⁷⁾。

結果與討論

植株藥害徵狀及受害率

以 120 g ha^{-1} 劑量之二、四 地，處理 2-3 葉之胡瓜植株，噴藥時已完全展開之第一及第二葉，於四小時後開始萎凋，兩天後逐漸黃化；至於噴藥時尚未完全展開之第三葉，及噴後一星期展開之第四葉，葉片捲曲葉肉皺縮，葉面積明顯縮小。植株近地面之莖節，則於噴藥後兩星期左右出現輕微裂開現象。但噴藥三星期後長出之第五及第六葉則無異常(表一)。綜括而言，二、四 地以登記藥量(蔗園之有效成份用量為 $1.6\text{-}2.4 \text{ kg ha}^{-1}$) $1/10$ 以下之低劑量處理胡瓜植株，會造成直接接觸到藥劑的葉片萎凋，噴藥時正在發育之葉片扭曲皺縮，尚未長出之葉片則影響小。玉米的反應與胡瓜不同， 240 g ha^{-1} 劑量處理後一個月內，均未觀察到植株外觀形態上之異常(表一)。

植株生育影響

二、四 地對胡瓜及玉米株高、葉數及鮮重等農藝性狀之影響示於圖 1。藥劑處理過之胡瓜植株，對第三、四葉葉片之生長有明顯抑制現象；噴藥後 12 日，對照株已達 6.1 葉時，處理株仍為 4.5 葉，但第五葉後之葉片生育恢復正常，噴後 30 日與對照株有相近之總葉數(圖 1)。株高之影響程度較大，在試驗進行期間內與對照植株仍有明顯差別(圖 1)。二、四 地抑制胡瓜鮮重之增加最為明顯，雖然第五葉以上陸續再發生之葉片生育可恢復正常，但生物量仍無法在 30 日內，達到明顯的補償效果(圖 1)。玉米鮮重在藥劑處理後 1-3 星期內，有略為降低之現象，但隨後卻逐漸恢復與對照植株表現相似。葉數及株高方面對藥劑均無明顯反應(圖 1)。

葉片葉綠素螢光反應

胡瓜第二及三葉葉片之葉綠素螢光反應示於圖 2。正常胡瓜葉片之葉綠素螢光； F_0 值介於 685-700， F_v/F_m 值 0.80-0.82， F_m/F_0 值 5.0-5.3。第二葉在噴藥後四小時即呈萎凋現象(表一)，此時 F_0 值升高至 737，至噴藥後 15 日才降低至與對照處理之葉片相近，直到 30 日與對照葉片均無明顯差異。第三葉之 F_0 值至處理後三星期亦逐漸恢復與對照值相似(圖 2)。試驗中對照葉片在 21 日後開始黃化， F_0 值有降低趨勢(圖 2)。 F_v/F_m 值與 F_m/F_0 值則呈現降低現象，在噴藥後三星期有恢復正常之趨勢(圖 2)。葉綠素螢光反應中 F_0 值的升高，及 F_v/F_m 值與 F_m/F_0 值的降低，顯示 PSII 系統之電子傳遞效率已受到藥劑的影響，至於葉片老化則會減少葉綠素對光子的吸收能力^(8, 14)。玉米葉片之葉綠素螢光反

表一、二、四 地萌後處理引起胡瓜及玉米植株之藥害徵狀及程度*

Table 1. The phytotoxicity and symptoms of corn and cucumber plants after 2,4-D application.

| Crops | Days after application | Symptoms of phytotoxicity | Phytotoxicity** (%) |
|----------|------------------------|--|---------------------|
| Cucumber | | | |
| | 0 | 1st and 2nd leaf on main stem wilting | 5 |
| | 3 | 1st and 2nd leaf on main stem wilting | 20 |
| | 6 | 1st and 2nd leaf on main stem wilting | 30 |
| | 9 | 3rd and 4th leaf on main stem twist and crinkle | 40 |
| | 12 | 3rd and 4th leaf on main stem twist and crinkle | 30 |
| | 15 | 3rd and 4th leaf on main stem twist and crinkle, leaf size reduction | 20 |
| | 18 | Lower nodes swelling slightly | 15 |
| | 21 | New leaves (5 or more leaves on main stem) growth normal | 5 |
| | 24 | New leaves (5 or more leaves on main stem) growth normal | 5 |
| | 27 | New leaves (5 or more leaves on main stem) growth normal | 5 |
| | 30 | New leaves (5 or more leaves on main stem) growth normal | 5 |
| Corn | | | |
| | 0 | normal | 0 |
| | 3 | normal | 0 |
| | 6 | normal | 0 |
| | 9 | normal | 0 |
| | 12 | normal | 0 |
| | 15 | normal | 0 |
| | 18 | normal | 0 |
| | 21 | normal | 0 |
| | 24 | normal | 0 |
| | 27 | normal | 0 |
| | 30 | normal | 0 |

*二、四 地處理劑量：胡瓜為 120 g ha^{-1} ，玉米為 240 g ha^{-1} ；

0 天採樣在噴藥後四小時進行。

(2,4-D was applied at 120 g ha^{-1} to cucumber plants and 240 g ha^{-1} to corn plants; the first sampling time was 4 hours after 2,4-D application.)

**藥害程度以植體受傷害部分佔全株之百分比。

(Visual injury rating; 0: no injury, 100: complete destruction.)

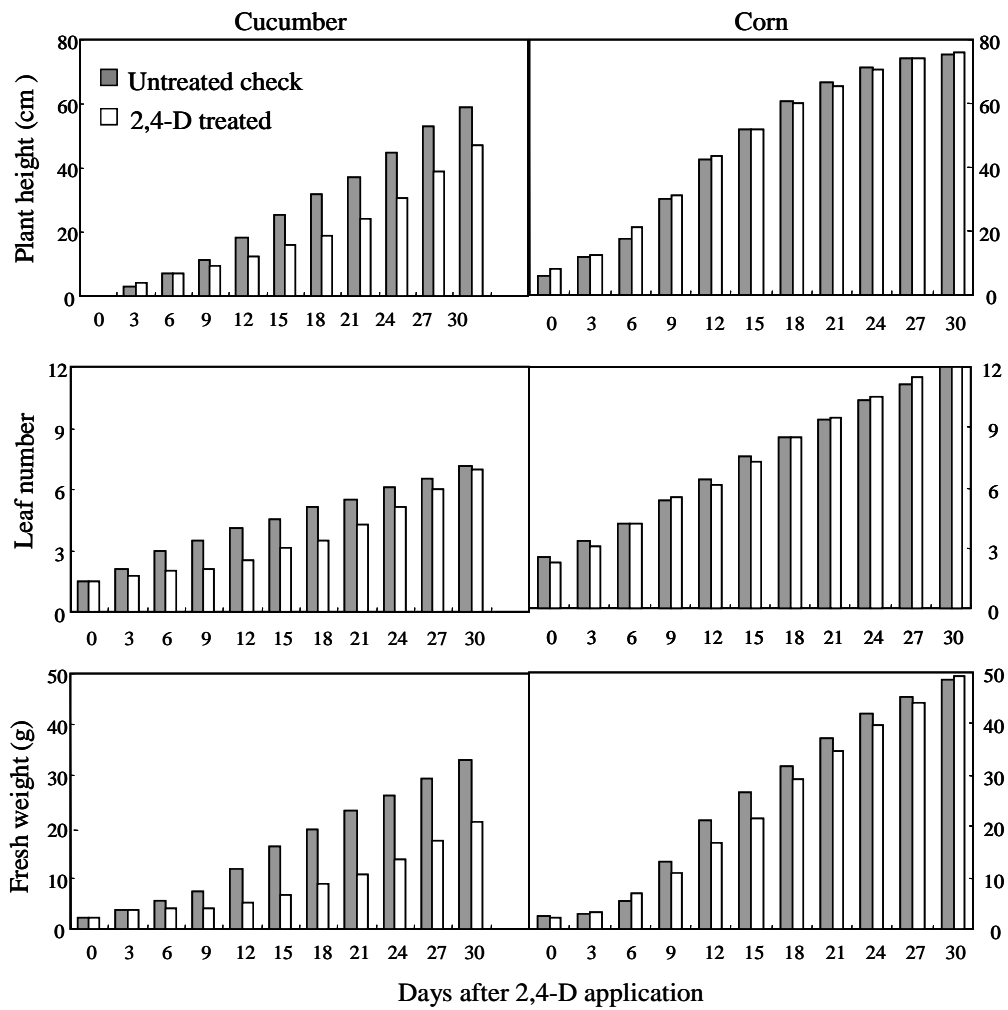


圖 1. 胡瓜及玉米生育對二、四 - 地之反應。

(二、四 - 地處理劑量：胡瓜為 120g ha^{-1} ，玉米為 240g ha^{-1} 。)

Fig.1. Effect of 2,4-D on the plant height, leaf number, and fresh weight of cucumber and corn plants.

(2,4-D was applied at 120g ha^{-1} to cucumber, and 240g ha^{-1} to corn.)

應與對照處理無明顯差異； F_0 值介於 615-620 之間； F_v/F_m 值分布在 0.80-0.81 範圍內； F_m/F_0 值則為 5.0-5.1。

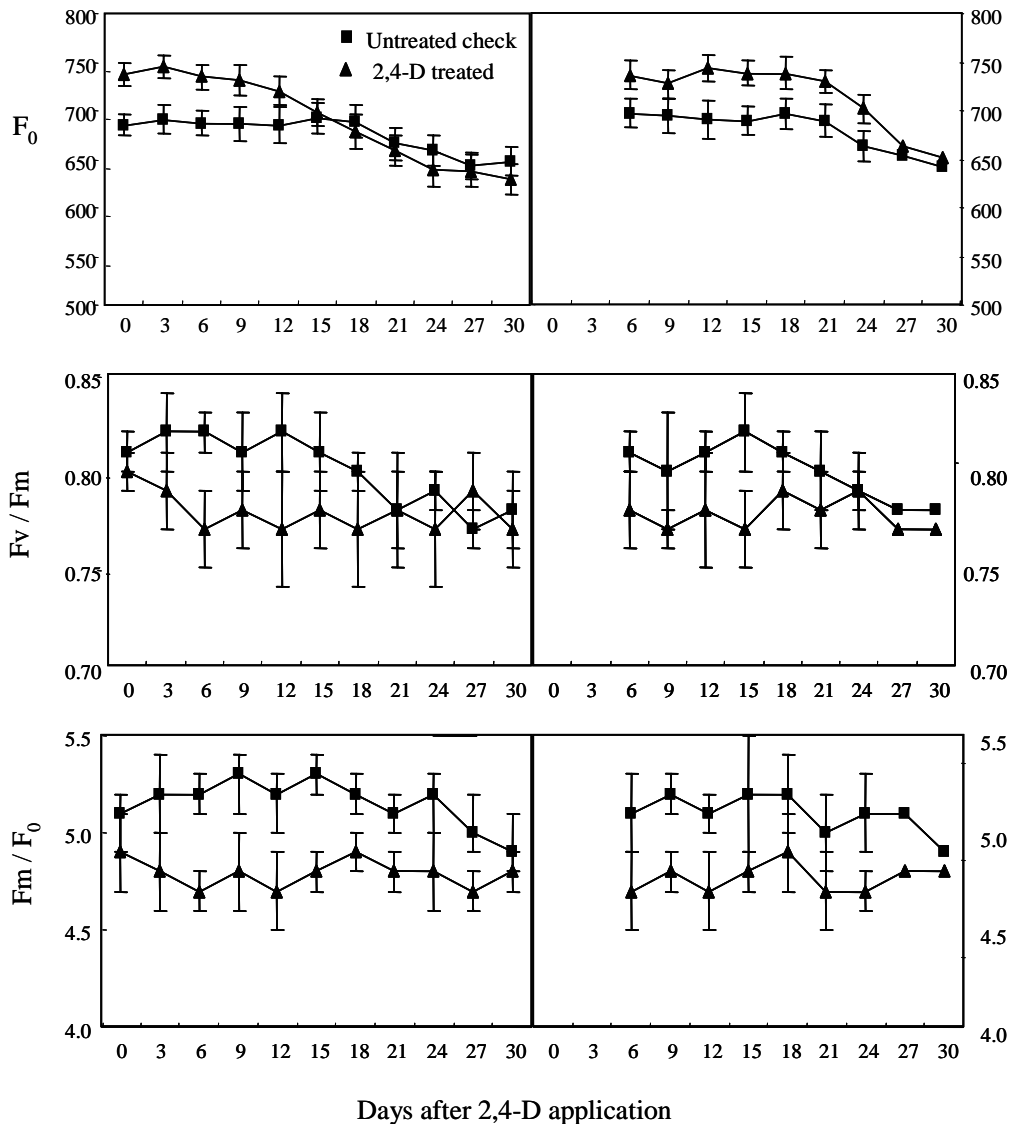


圖 2. 二、四 地對胡瓜葉片葉綠素螢光反應之影響。
(左圖：第二葉；右圖：第三葉)

Fig. 2. Changes in the values of F_0 , F_v / F_m , and F_m / F_0 with 2,4-D application for cucumber plants.

(Left: 2nd true leaf on main stem; Right: 3rd true leaf on main stem.)

植體中二、四 地殘留量

二、四 地以 240 g ha^{-1} 劑量施用於玉米，噴後四小時，以免疫分析試劑偵測到之玉米植株藥劑殘留量為 $7.64 \text{ } \mu\text{g gfw}^{-1}$ ，三日後降至 $3.95 \text{ } \mu\text{g}$

gfw⁻¹，六日後僅為噴藥當日之15%，至三星期左右則與對照處理之測值相近(表二)。以120 g ha⁻¹劑量噴施胡瓜，四小時後至12日，偵測到之殘留量為6.15-6.66 μg gfw⁻¹，15-21日後降至2.35-2.99 μg gfw⁻¹，24日後為1.85 μg gfw⁻¹，至噴藥後30日仍可測得噴藥當日之20%(表二)。殘留量結果顯示；二、四 地在胡瓜體內之分解速率較玉米為慢，可能與闊葉植物較禾本科敏感有關^(7, 13)。

表二、利用免疫分析偵測胡瓜及玉米萌後處理二、四 地之植體殘留量*

Table 2. 2,4-D residues in cucumber and corn detected by a magnetic particle -based ELISA.

| Crops | Days after application | Residual level(μg gfw ⁻¹) | |
|----------|------------------------|---------------------------------------|---------------|
| | | Control | 2,4-D treated |
| Cucumber | | | |
| | 0 | 0.30 ± 0.03 | 6.61 ± 0.23 |
| | 3 | 0.29 ± 0.02 | 6.15 ± 0.33 |
| | 6 | 0.26 ± 0.01 | 6.66 ± 0.41 |
| | 9 | 0.43 ± 0.02 | 6.22 ± 0.24 |
| | 12 | 0.37 ± 0.02 | 6.23 ± 0.36 |
| | 15 | 0.21 ± 0.01 | 2.61 ± 0.11 |
| | 18 | 0.42 ± 0.02 | 2.99 ± 0.19 |
| | 21 | 0.50 ± 0.02 | 2.35 ± 0.16 |
| | 24 | 0.48 ± 0.03 | 1.85 ± 0.10 |
| | 27 | 0.29 ± 0.01 | 1.18 ± 0.09 |
| | 30 | 0.32 ± 0.03 | 1.25 ± 0.07 |
| Corn | | | |
| | 0 | 0.14 ± 0.01 | 7.64 ± 0.51 |
| | 3 | 0.14 ± 0.02 | 3.95 ± 0.21 |
| | 6 | 0.12 ± 0.01 | 1.05 ± 0.09 |
| | 9 | 0.09 ± 0.01 | 0.92 ± 0.09 |
| | 12 | 0.11 ± 0.01 | 1.02 ± 0.08 |
| | 15 | 0.12 ± 0.01 | 0.74 ± 0.06 |
| | 18 | 0.12 ± 0.01 | 0.37 ± 0.02 |
| | 21 | 0.08 ± 0.01 | 0.16 ± 0.01 |
| | 24 | 0.09 ± 0.01 | 0.08 ± 0.01 |
| | 27 | 0.10 ± 0.01 | 0.08 ± 0.01 |
| | 30 | 0.09 ± 0.01 | 0.08 ± 0.01 |

*二、四 地處理劑量：胡瓜為 120 g ha⁻¹，玉米為 240 g ha⁻¹；0 天採樣在噴藥後四小時進行。

(2,4-D was applied at 120 g ha⁻¹ to cucumber plants and 240 g ha⁻¹ to corn plants; the first sampling time was 4 hours after 2,4-D application.)

植株生育、葉綠素螢光及植體殘留量變化與藥害反應關係之綜合討論

胡瓜對二、四 地之反應較玉米敏感，不論植株外觀形態的異常情形，及株高、葉數、鮮重等降低之程度均較明顯(圖 1 及表一)。通常植株在接觸藥劑的初期達到 20% 以上之外觀異常，則株高及鮮重都會明顯被抑制，甚至呈現生長停滯現象，至於生育中後期是否能恢復正常生育，則視植株受藥劑影響的程度而定(圖 1 及表一)。葉綠素螢光為一非破壞性，偵測植物對逆境反應之敏感方法，但會受到植株生長勢及環境變化之影響，任何造成光合作用效率降低之因子，不論是葉綠素捕捉光子的能力，或電子在光反應系統傳遞的效率，均會造成相關參數值之改變，對逆境之類別並無專一之表現型式，^(5, 13, 16)。本研究中二、四 地造成胡瓜第二及第三葉片萎凋及皺縮，施藥後兩星期左右之 F_o 、 F_v/F_m 及 F_m/F_o 值與對照葉片明顯不同，其中代表葉片生長狀況不適之 F_m/F_o 值，至四星期左右較對照葉片表現略差(圖 2)。因此葉綠素螢光主要是表現所測葉片之生理狀況，對植株整體之藥害反應不易確切表達。殘留量檢測主要是提供藥害診斷上的直接佐證，本研究中二、四 地施用於玉米之劑量為胡瓜的兩倍，但施藥後四小時偵測到之植體殘留量差異不大，分別為 $7.64 \mu\text{g gfw}^{-1}$ 及 $6.61 \mu\text{g gfw}^{-1}$ ；相似的結果亦發生在草殺淨處理過之玉米及胡瓜上，可能和兩者葉片著生之角度及葉片構造，所造成之截藥量不同有關⁽⁶⁾。玉米消退至四小時的 50% 約需三日，胡瓜則需兩星期左右(表二)。施藥後 15 及 30 日藥劑處理株與對照株之株高、葉數、鮮重，葉綠素螢光及殘留量數值比值(表三)；玉米僅在 15 日後之鮮重及殘留量測值為 0.81 及 6.2 倍，其他各項測值與外觀形態均對藥劑無明顯反應。胡瓜在 15 日之株高、葉數、鮮重與對照差距在 0.22-0.60 間，其中又以鮮重的抑制達 60%；葉綠素螢光的變化較小，介於 0.06-0.09 間；殘留量則高達 12 倍之差異。30 日的比值，在株高及鮮重仍有 20-36% 之差距，殘留量為 3.91 倍。綜合表三之結果；對外觀形態無異常之玉米植株，鮮重可顯示某種程度之抑制，但在實際藥害診斷上，環境因子對鮮重的影響範圍，卻也扮演著不可忽略的角色，因此殘留量測值在此則提供了藥劑參與的證據。對造成明顯傷害之胡瓜植株，施藥初期在株高、葉數、鮮重、及殘留量測值，即可明顯的表現植株受害的程度，及藥劑存在之事實；一個月後由於生長恢復，株高、鮮重及殘留量之表現，與玉米植株在 15 日之反應相近。

藥害反應中植體殘留量的測定，主要是提供藥劑參與的直接證據，因此專一性及靈敏度，都是用為藥害診斷應用上的必備條件，可降低實用上因延遲採樣，導致樣品中藥劑殘留量過低不易偵測之限制⁽¹⁶⁵⁾。二、四 地免疫分析之最低偵測線界可達 0.05 ppb，具備靈敏度高及專一性強之特質，且操作簡單快速，偵測所花時間短，可快速提供藥害診斷上之輔助性證據。但應用上也必須注意因樣品不同、萃取溶劑差異，產生所謂的基質效應的干

表三、二、四 地、草殺淨及巴拉刈噴施後 15 及 30 日引起胡瓜及玉米植株藥害、葉片葉綠素螢光反應變化及植體殘留量之比較

Table 3. The comparison of phytotoxicity degree, leaf chlorophyll fluorescence determination and residual level in cucumber and corn plants induced by 2,4-D after 15 and 30 days application.

| Crops | Items | 15 days after application | | | 30 days after application | | |
|----------|--|---------------------------|-------|--------|---------------------------|-------|-------|
| | | Treatment | Check | Ratio* | Treatment | Check | Ratio |
| Cucumber | | | | | | | |
| | Plant height(cm) | 15.9 | 25.3 | 0.63 | 46.9 | 58.8 | 0.80 |
| | Leaf number | 5.1 | 6.5 | 0.78 | 9.0 | 9.1 | 0.99 |
| | Fresh weight(g) | 6.5 | 16.2 | 0.40 | 21.1 | 33.0 | 0.64 |
| | Chlorophyll fluorescence | | | | | | |
| | F ₀ | 738 | 689 | 1.07 | 651 | 641 | 1.02 |
| | Fv/Fm | 0.77 | 0.82 | 0.94 | 0.77 | 0.78 | 0.99 |
| | Fm/Fo | 4.8 | 5.2 | 0.92 | 4.8 | 4.9 | 0.98 |
| | Residual level ($\mu\text{g g fwt}^{-1}$) | 2.61 | 0.21 | 12.4 | 1.25 | 0.32 | 3.91 |
| Corn | | | | | | | |
| | Plant height(cm) | 51.8 | 51.5 | 1.01 | 75.9 | 75.4 | 1.01 |
| | Leaf number | 8.3 | 8.5 | 0.98 | 13.0 | 13.1 | 0.99 |
| | Fresh weight(g) | 21.5 | 26.7 | 0.81 | 49.2 | 48.5 | 1.01 |
| | Chlorophyll fluorescence | | | | | | |
| | F ₀ | 620 | 619 | 1.0 | 611 | 613 | 1.0 |
| | Fv/Fm | 0.81 | 0.80 | 0.99 | 0.81 | 0.80 | 0.99 |
| | Fm/Fo | 5.1 | 5.0 | 1.02 | 4.9 | 4.9 | 1.0 |
| | Residual level ($\mu\text{g g fwt}^{-1}$) | 0.74 | 0.12 | 6.2 | 0.08 | 0.09 | 0.89 |

*比值：處理值/對照值。

Ratio: values of treatment/values of check.

擾而影響偵測結果⁽¹⁷⁾，因此針對特定作物之微量除草劑檢測，必須比較同種作物對照植株之基礎測值，與受害株的差異範圍，藉以判定所測得藥劑在植體內的真正意義。此外 RaPID 分析試藥組為多株抗體，在進行交叉反應 (cross reactivities) 時，與其他類似化合物；如二、四地試劑中的 2,4-DB, MCPA, MCPB, triclopyr 等抗體之反應程度，但各化合物間可檢測到之最低偵測劑量範圍則有很大的差異；如二、四地為 0.05

ppb, triclopyr 為 830 ppb, 因此針對植體中殘留之特定除草劑的微量檢測, 仍具相當程度的專一性。但除草劑之商品化免疫試劑仍不普遍, 目前可供應用之藥劑種類也十分有限, 尤其對較後期發展之藥劑, 如嘉磷塞、硫醯尿素類尚付闕如。

引用文獻

1. 行政院農委會農業藥物毒物試驗所。2000。植物保護手冊。行政院農委會農業藥物毒物試驗所編印。行政院農委會農藥技術諮議委員會審定。台中。638-732 頁。
2. 蔣永正。1996。除草劑之藥害及抗藥性。除草劑安全使用及草類利用管理專刊。臺中。383-394 頁。
3. 蔣永正。1997。除草劑的藥害。臺灣省農業藥物毒物試驗所技術專刊第 74 號。臺中。
4. 蔣永正、蔣慕琰、袁秋英、徐玲明。2002。常用除草劑簡介。農藥所技術服務室編印“農藥從業人員資格訓練講義”。15-1 至 15-14 頁。臺中, 臺灣。
5. 蔡玉萍、蔣慕琰、朱德民。1996。草殺淨所引起植物之型態異常及葉綠素螢光之變化。中華民國雜草學會會刊 17:27-42。
6. 蔡玉萍、蔣永正、蔣慕琰、朱德民。1999。草殺淨(Ametryn)引起作物藥害之免疫分析。中華農藝 9:11-18。
7. Ashton, F. M., and A. S. Crafts. 1981. Mode of action of herbicides : Biochemical responses to herbicides. John Wiley & Sons., Inc. Canada. pp 49-64.
8. Habash, D., M. P. Percival and N. R. Baker. 1985. Rapid chlorophyll fluorescence technique for the study of penetration of photosynthetically active herbicides into leaf tissue. Weed Res. 25:389-395.
9. Hall, J. C., R. J. A. Deschamps and M. R. McDermott. 1990. Immunoassays to detect and quantitate herbicides in the environment. Weed Technol. 4:226-234.
10. Hardy, C. L. and C. R. Hurburgh, JR. 1994. Immunoassay detection of herbicide residues in corn. Cereal Chem. 71(2):107-111.
11. Jung, F., S. J. Gree, R. O. Harrison, M. H. Goodrow, A. E. Karu, A. L. Braun, O. X. Li and B. D. Hammock. 1989. Use of immunochemical techniques for the analysis of pesticides. Pestic. Sci. :303-317.
12. Lawruk, T. S., C. S. Hotlenstein, J. R. Fleeker, J. C. Hall, D. P. Herzog and F. M. Rubio. 1994. Quantification of 2,4-D and related chlorophenoxy herbicides by a magnetic particle-based ELISA. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 52:538-545.
13. Monaco, T. J., A. R. Bonanno and J. J. Baron. 1986. Herbicide injury: diagnosis, causes, prevention and remedial action. In N. D. Camper ed. Research Methods in Weed Science. Southern Weed Science Society. pp. 399-428.

-
14. Richard, Jr. E. P., J. R. Goss, C. J. Arntzen and F. W. Slife. 1983. Determination of herbicide inhibition of photosynthetic electron transport by fluorescence. *Weed Sci.* 31: 361-367.
 15. Sherman, T. D. and K. C. Vanghn. 1991. Immunology in weed science. *Weed Sci.* 39:514-520.
 16. Voss, M., G. Renger, C. Kotter and P. Graber. 1984. Fluorometric detection of photosystemII herbicide penetration and detoxification in whole leaves. *Weed Sci.* 32: 675-680.
 17. Wigfield , Y. Y.,and R. Grant. 1993. Analysis for atrazine in fortified cornmeal and corns using a commercially available enzyme immunoassay microliter plate. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 51: 171-177.

