

嘉磷塞(glyphosate)非致死劑量對稻株 生育之影響

蔣永正* 程冠禎 蔣慕琰

行政院農委會農業藥物毒物試驗所

摘要

嘉磷塞為目前台灣登記範圍最廣，且實際使用也最普遍之非選擇性系統型除草劑。本研究以嘉磷塞 $1.64 \sim 16.4 \text{ g ai ha}^{-1}$ 之系列低劑量(登記量 $1.64 \text{ kg ai ha}^{-1}$ 之 $1/100 \sim 1/1000$)，處理幼穗分化期、孕穗期及抽穗期等不同生育期之稻株，並定期調查株高、葉數、分蘗數等農藝性狀，及藥劑對稻株產量與產量成分之影響，以探討嘉磷塞低劑量處理引起水稻生育抑制之藥害反應。幼穗分化期之稻株對嘉磷塞的反應較孕穗期及抽穗期者敏感，一、二期作之產量抑制率依序分別為 41% 及 25%。孕穗期稻株於一期作之產量抑制率(35%)則較抽穗期(25%)為高。分析嘉磷塞 $16.4 \text{ g ai ha}^{-1}$ 處理劑量對水稻產量成分之影響，百粒重在各處理時期上差異不明顯。幼穗分化期之平均穗數與粒數，亦較孕穗期及抽穗期者顯著減少，不同處理時期間之反應趨勢與產量的表現極為一致。嘉磷塞處理對穀粒不稔率之影響，仍以幼穗分化期的不稔率最高(一、二期作依序分別為 12% 及 23%)，次為孕穗期，抽穗期在一期作之不稔率僅 7% 與對照株無明顯差異。分析嘉磷塞處理之稻株產量與穗數及粒數之相關性，顯示產量的增減與穗數及粒數的變化均呈顯著線性關係。嘉磷塞處理引起之稻株產量降低，主要為粒數及穗數的減少，其次為不稔率的增加，穀粒重在處理間無明顯差異。不同劑量嘉磷塞處理幼穗分化期稻株，對株高、葉數、分蘗數等農藝性狀之影響，調查結果顯示處理劑量間的差異不明顯。檢測發生藥害的稻株徵狀，主要是稻穗無法正常抽出，及穀粒發生外穎褐化的異常現象，導致穗數的減少及不稔率的增加。本研究中嘉磷塞之非致死劑量，雖然對水稻營養生長無明顯抑制，但對穗數的生成及穀粒之發育有顯著抑制作用，因而造成產量的降低。

關鍵詞：藥害、嘉磷塞、水稻，生育期、產量、產量成分。

* 通訊作者。E-mail: cyj@tactri.gov.tw

Phytotoxic responses of rice at various growth stages to sub-lethal rate of glyphosate

Y. J. Chiang*, G. Z. Chen, and M. Y. Chiang

Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, COA

ABSTRACT

Glyphosate is used extensively worldwide for postemergence control of annual and perennial broadleaf, grass and sedge weeds. Field studies were conducted in 2007 to investigate response of rice plant to sub-lethal rates of glyphosate (isopropyl amine salt) in terms of agronomic characteristics, yield and yield components when applied postemergence at 0, 1.64, 8.20, and 16.4 g ai ha⁻¹ to transplanted rice at panicle initiation, boot and heading growth stages. Yields in this study were reduced the greatest when glyphosate was applied at panicle initiation stage. In the first cropping season, yield was reduced 41% when glyphosate was applied at 16.4 g ai ha⁻¹ at panicle initiation, 35% when applied at boot stage, and 25% when applied at heading stage. Panicle number and seed number responded to glyphosate applied rates similar to rice yield. Unfilled grain percentage was highest at panicle initiation stage with glyphosate treatment. Grain yield and yield components of rice plant respond to low rates of glyphosate had a similar tendency. However, in this study, glyphosate treatment did not cause any inhibition in plant height, leaf number and tiller number.

Key words: Phytotoxicity, glyphosate, rice, growth stages, yield, yield components.

前言

嘉磷塞為孟山都(Monsanto)公司研發之芳香族胺基酸合成抑制劑,1973年在臺灣登記,商品名稱超過40種,異丙胺鹽41%溶液為主要劑型,藥劑由莖葉吸收後可經篩管傳導至未與藥液接觸之部位⁽¹⁾。在細胞內的作用位置為5-enolpyruvyl-shikimate-3 phosphate synthetase 酵素(EPSP),會阻礙苯丙氨酸(phenylalanine)、酪氨酸(tyrosine)及色氨酸(tryptophan)三種基本氨基酸之生成,進一步影響蛋白質合成而殺死植物⁽⁶⁾。在植體內的移動性高,主要在韌皮部內移動,

也可雙向移動。經葉片吸收由韌皮部輸送至生長點。施用方式以莖葉萌後施用，具非選擇性。施用後3~5日，新葉最先出現黃化。徵狀包括生長抑制，葉褪色，褐化壞疽，至植株慢慢死亡約需10~14日⁽¹⁾。禾草曝露在半致死量時，輪生鞘葉呈黃色條帶，對較大植株之影響會促使腋芽再生。登記使用之對象包括非耕地、布袋蓮、茶園、蔗園、整地前水田及柑桔、梨、芒果等多種果園。是登記範圍最廣而實際上使用最普遍之除草劑。有效成份施用量為1.6~2.8 kg ha⁻¹，此用量範圍對各類一年及多年生草本雜草效果良好，但對藤類及雜木之效果較弱。藥效之充分發揮，於敏感種類須4~7日，忍受性高之雜草須2~3週。嘉磷塞對光穩定，水溶性良好(900,000 mg/l)，揮發性不高(25°C蒸氣壓1.84x10⁻⁷ mm Hg)。在土壤中主要被微生物分解，分解速率視土壤狀況及微生物族群而定，半衰期47日⁽¹⁾。由於土壤粒子之強力吸附，田區中之分解不明顯。幾無土壤活性(有機質及磷含量高之砂土例外)。嘉磷塞可迅速被土壤吸附而喪失殺草力；噴至土面之藥劑不會被作物種子及植株之根所吸收而產生傷害。毒性低，對環境的衝擊小。

嘉磷塞對作物之藥害主要由於施藥不當，藥液與莖、葉、芽體或裸根接觸所引起。當藥液粒子小於150 μ 時，噴出的藥液會隨氣流飛越到非目標作物區內，飄散及噴施污染都易引起敏感作物藥害⁽²⁾。本研究利用水稻植株生長，有關株高、葉數及分蘗數等農藝性狀及產量與產量構成要素的反應，探討微量嘉磷塞引起的水稻形態異常徵狀，及對水稻生長與產量之影響，作為嘉磷塞藥害鑑定及損害評估之參考與依據。

材料與方法

供試藥劑

測試藥劑為41%嘉磷塞溶液(億豐農化廠股份有限公司)。

供試作物

水稻測試品種為台梗11號，於秧苗三葉期時，移植於田區內，並依循一般水田施肥、淹水及病蟲害防治等田間管理作業，於特定生育期處理藥劑。

處理及調查

試驗於2007年3~6月及7~10月間，於台中縣霧峰鄉農業藥物毒物試驗所內農場進行。採逢機完全區集設計，四重複。

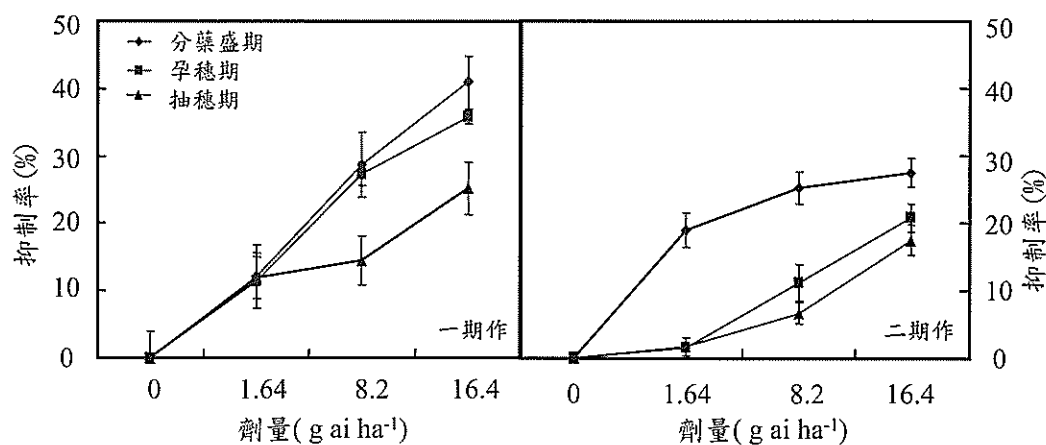
測試藥劑 41% 嘉磷塞溶液以 $1.64\sim 16.4\text{ g ai ha}^{-1}$ 系列之低劑量，分別於一、二期作水稻幼穗分化期(幼穗長度約 1-2 mm)、孕穗期(劍葉葉鞘飽滿內含稻穗)及抽穗期(穗抽出達 50%)均勻噴施。

施藥後定期調查水稻株高、葉數及分蘗數，並於收穫時調查水稻單株產量及穗數、每穗粒數、稔實率與百粒重等產量構成要素，及分析比較低劑量嘉磷塞對不同生育期稻株生育及產量之影響。

結果與討論

嘉磷塞低劑量處理對稻株產量之影響

嘉磷塞以登記量($1.64\text{ kg ai ha}^{-1}$)之 1/100~1/1000 低劑量處理不同生育期之水稻植株，結果顯示，嘉磷塞於一期作幼穗分化期及孕穗期噴施後，造成產量的減少最高約為對照株之 35~41% 範圍內，抽穗期者可達 25% 左右(圖一)。顯示幼穗分化期及孕穗期之稻株較抽穗期者對低劑量嘉磷塞之敏感性為高(圖一)。二期作產量則以幼穗分化期之稻株遭受藥劑的抑制作用最大，產量抑制率約為 25%，較孕穗期及抽穗期之 19~22% 明顯為高(圖一)。一期作稻株於 8.2 及 16.4 g ai ha^{-1} 處理劑量下，幼穗分化期及孕穗期稻株與抽穗期植株對藥劑反應有顯著差異，二期作稻株則自 $1.64\sim 16.4\text{ g ai ha}^{-1}$ 處理劑量下，幼穗分化期與孕穗期及抽穗期稻株對藥劑反應有顯著差異，顯示幼穗分化期之水稻植株在一、二期作生育環境下，均對嘉磷塞的反應最為敏感，產量受藥劑影響的降低程度也最顯著(圖一)。孕穗期的表現在期



圖一、低劑量嘉磷塞噴施不同生育期水稻植株引起之產量變化。

Fig.1. Effect of low rates of glyphosate applied at various growth stages on rice yield.

作間有明顯差別，一期作的產量減少趨勢與幼穗分化期相近，二期作的反應則與抽穗期處理的結果無明顯差異。以本試驗中嘉磷塞處理劑量 $1.64\sim 16.4\text{ g ai ha}^{-1}$ 範圍內，對抽穗期植株的影響較其他兩生育期為低，相同處理劑量所引起之產量減少比率相差約 10%(圖一)。水稻對藥劑之敏感性會隨生育期及接觸量發生明顯差異^(9, 10)。

嘉磷塞低劑量處理引起水稻產量成分之變化

分析嘉磷塞 16.4 g ai ha^{-1} 處理劑量對水稻產量成分之影響，兩期作之百粒重在各處理時期上差異不明顯(表一)。嘉磷塞於一期作幼穗分化期及孕穗期噴施後，平均穗數分別為 18 ± 1 及 17 ± 2 支，與對照株之 22 ± 2 支及抽穗期的 21 ± 2 支具顯著差異(表一)。二期作則以幼穗分化期之 16 ± 1 支與對照株及孕穗期、抽穗期之穗數具顯著差異(表一)。嘉磷塞對一、二期作不同生育期之水稻粒數影響趨勢與穗數相類似，兩期作中均在幼穗分化期處理後引起之粒數減少最為明顯，孕穗期在一期作的反應較敏感，抽穗期在兩期作之反應均與對照株無明顯差異(表一)。本試驗中對照株在二期作之穀粒不稔率($17\pm 3\%$)較一期作($8\pm 1\%$)為高，嘉磷塞處理後也有相近的反應趨勢，三個生育期在藥劑處理後仍以幼穗分化期的不稔率最高，次為孕穗期及抽穗期(表一)。

表一、低劑量嘉磷塞噴施後對不同生育期水稻產量及產量成分之影響

Table 1. Effect of low rates of glyphosate applied at various growth stages on rice yield and yield components

| Cropping season | Growth stages | Yield (g/hill) | Panicle No. (no./hill) | Seed No. (no./panicle) | 100-seeds weight (g/100-seed) | Unfilled percentage (%) |
|-----------------|--------------------|----------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| First cropping | Control | 51 ± 6 | 22 ± 2 | 98 ± 6 | 2.6 ± 0.8 | 8 ± 1 |
| | Panicle initiation | 30 ± 3 | 18 ± 1 | 76 ± 9 | 2.5 ± 0.5 | 12 ± 2 |
| | Boot | 33 ± 5 | 17 ± 2 | 78 ± 7 | 2.5 ± 0.6 | 11 ± 2 |
| | Heading | 38 ± 3 | 21 ± 2 | 88 ± 7 | 2.5 ± 0.5 | 7 ± 2 |
| Second cropping | Control | 27 ± 3 | 20 ± 2 | 82 ± 3 | 2.5 ± 0.4 | 17 ± 3 |
| | Panicle initiation | 20 ± 5 | 16 ± 1 | 75 ± 3 | 2.4 ± 0.4 | 23 ± 4 |
| | Boot | 21 ± 3 | 19 ± 2 | 79 ± 5 | 2.5 ± 0.5 | 21 ± 3 |
| | Heading | 22 ± 4 | 18 ± 2 | 77 ± 4 | 2.4 ± 0.7 | 22 ± 4 |

*Glyphosate applied dose : 16.4 g ai ha^{-1}

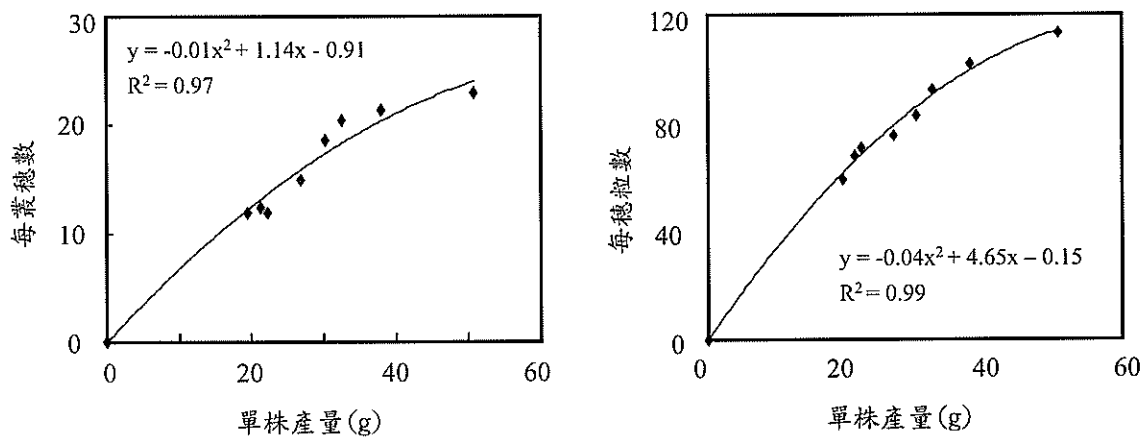
比較嘉磷塞對不同生育期水稻穗數、粒數、百粒重及不稔率的影響結果，以穗數及粒數減少的劑量反應與產量降低的趨勢接近，因此進行產量與穗數及粒數之相關性分析，以探討低劑量嘉磷塞對稻株產量影響的原因。

分析經嘉磷塞處理之稻株產量與穗數及粒數之相關性，顯示產量的增減與穗數及粒數的變化均呈顯著線性關係(圖二)。其中粒數與產量間的變化速率較穗數為高，顯示嘉磷塞處理後引起稻株產量的降低，主要為粒數及穗數的減少，其次為不稔率的增加，穀粒重在處理間無明顯差異。

嘉磷塞低劑量處理對稻株生育之影響

進一步分析低劑量嘉磷塞於水稻幼穗分化期處理後，不同劑量引起株高、葉數及分蘗數之變化(表二)。處理後 28 日之調查結果顯示，株高、葉數、分蘗數等農藝性狀，在一、二期之稻株上，於處理劑量間的差異不明顯。本試驗中嘉磷塞之處理劑量，確為未導致植株生長抑制之非致死劑量，雖然對水稻營養生長無明顯的抑制，但對穗數的生成及穀粒之生長發育有顯著影響，導致產量的降低。

以低劑量嘉磷塞處理後，對水稻植株生長的影響並不明顯，雖然株高、葉數及分蘗數等農藝性狀無顯著變化，但卻已造成產量的降低，檢測發生藥害的稻株徵狀，主要是稻穗無法正常抽出，或發生穀粒外穎褐化現象(圖三)，造成穗數的減少及不稔率的增加。



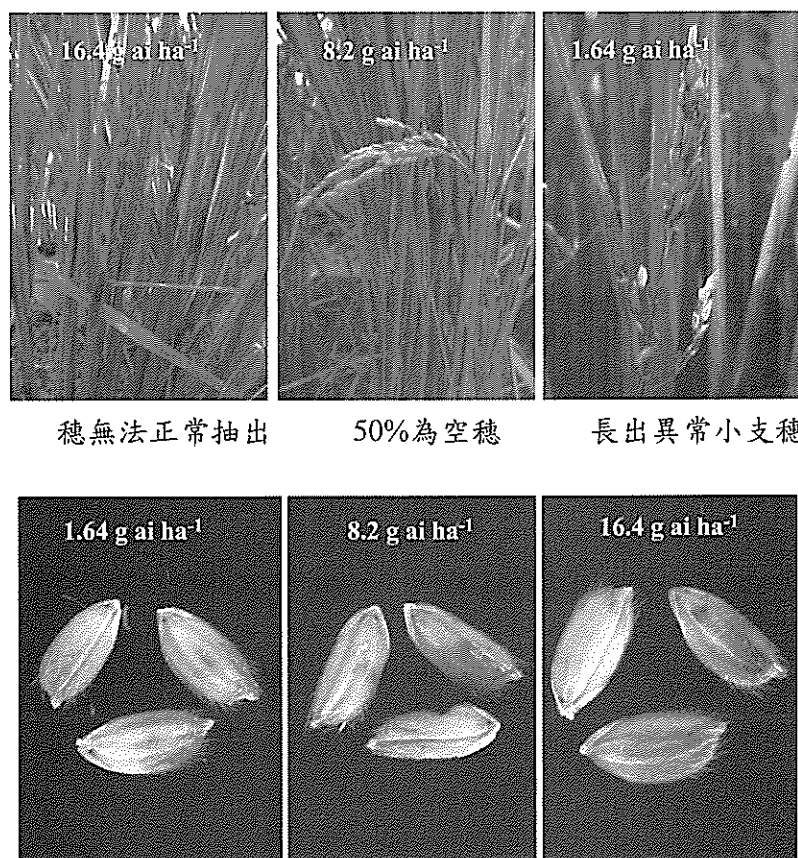
圖二、嘉磷塞低劑量處理後水稻產量與穗數及粒數變化之相關性。

Fig. 2. Relationship between yield and yield components of rice plant applied low rates of glyphosate.

表二、水稻幼穗分化期噴施不同劑量嘉磷塞對稻株生育之影響

Table 1. Effect of different glyphosate doses applied at panicle initiation stage on agronomic characteristics of rice plant

| Cropping season | Applied rate (g ai ha ⁻¹) | Plant height (cm) | Leaf no. (no./hill) | Tiller no. (no./ hill) |
|-----------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------|------------------------|
| First cropping | Control | 98±6 | 97±3 | 28±3 |
| | 1.64 | 99±8 | 90±3 | 26±2 |
| | 3.28 | 97±5 | 94±2 | 28±4 |
| | 16.4 | 98±7 | 94±4 | 23±2 |
| Second cropping | Control | 95±5 | 53±3 | 22±2 |
| | 1.64 | 94±4 | 57±4 | 22±3 |
| | 3.28 | 95±8 | 51±3 | 20±2 |
| | 16.4 | 93±3 | 52±2 | 20±3 |



圖三、低劑量嘉磷塞引起水稻植株異常生長。

Fig. 3. Abnormal growth of rice plant caused by low doses of glyphosate.

水稻產量的構成因素為單位面積穗數、每穗粒數、稔實率及千粒重，決定產量之稻株生育期，分別為最高分蘗期後的幼穗分化期、孕穗期、抽穗前後及成熟初期，千粒重為穩定的品種特性，從劍葉抽出至抽穗期約二十日及乳熟期間，藥劑的影響或養分供應不平衡容易導致產量的明顯降低⁽³⁾。

本研究中嘉磷塞低劑量處理後，在一、二期作的不同生育期反應，以幼穗分化期的稻株產量、穗數、粒數及不稔率影響最顯著，孕穗期處理以一期作的反應較明顯，抽穗期稻株受藥劑的影響已不明顯。嘉磷塞以非致死劑量或因噴施時飄散，對水稻植株之株高、葉數、分蘗數等營養生長性狀雖未引起明顯的異常改變，但有可能造成產量構成因素的顯著影響，因而降低水稻產量^(4, 5, 7)。

引用文獻

1. 蔣永正、蔣慕琰。2006。農田雜草與除草劑要覽。行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所印行。40-104頁。
2. 蔣永正。2009。水稻防治藥劑對水稻生理之影響。台灣水稻保護成果與新展望研討會專刊。105-119頁。
3. Bond, J. A., T. W. Walker, B. V. Ottis, and D. L. Harrell. 2008. Rice seeding and nitrogen rate effects on yield and yield components of two rice cultivars. *Agron. J.* 100: 393-397.
4. Davis, B.M. R.C. Scott, N.D. Pearrow, and T.W. Dillon. 2008. Effects of Low Rates of Glyphosate and Glufosinate on Rice. B.R. Wells ed. *Rice Research Studies*. P.156-159.
5. Ellis, J. M., J. L. Griffin, S. D. Linscombe, and E. P. Webster. 2003. Rice (*Oryza sativa*) and corn (*Zea mays*) response to simulated drift of glyphosate and glufosinate¹. *Weed Technol.* 17: 452-460.
6. Koger CH, Henry WB and Shaner DL, Shikimate accumulation in conventional corn and soybean as affected by sublethal rates of glyphosate. *Proc South Weed Sci. Soc* 57:334 (2004).
7. Koger, C. H. D. L. Shaner, L. J. Krutz, T. W. Walker, N. Buehring, W. B. Henry, W. E. Thomas, and J. W. Wilcut. 2005. Rice (*Oryza sativa*) response to drift rates of glyphosate. *Pest Manag Sci* 61:1161-1167.
8. Kurtz, M. E. and J. E. Street. 2003. Response of rice (*Oryza sativa*) to glyphosate applied to simulate drift. *Weed Technol.* 17: 234-238.
9. Meier, J.R, K.L. Smith, and R.C. Doherty. 2006. Rice cultivar response to low glyphosate rates at 1/4-inch internode elongation. *Proc. of the Arkansas Crop Protection Association*. University of Arkansas. p. 10.