



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

Characteristics of a Paste Formulation Containing Entomopathogenic Nematode, *Steinernema carpocapsae* (Nematoda: Steinernematidae) and its Application for Control of the Asian Corn Borer, *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera: Pyralidae) 【Research report】

蟲生線蟲(*Steinernema carpocapsae*) (Nematoda : Steinernematidae) 膏劑的特性及在亞洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis*) (Lepidoptera : Pyralidae) 防治上的應用【研究報告】

Chi-Chin Cheng, Li-Chang Tang and Roger F. Hou*
鄭旗志、唐立正、侯豐男*

*通訊作者E-mail: [Steinernema carpocapsae](mailto:Steinernema_carpocapsae@yabee.com.tw), entomopathogenic nematode, *Ostrinia furnacalis*, Asian corn borer, paste formulation.

Received: 1999/04/30 Accepted: 1999/07/17 Available online: 1999/09/01

Abstract

The entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae*, was formulated as a paste with water retentive polymer and oil in which soybean or cottonseed oil was emulsified by partial dehydrogenation. The paste formulation was optimal for enhancing tolerance of *S. carpocapsae* to some unfavorable environmental factors, such as humidity, temperature, and ultraviolet-ray (UV) irradiation in the field conditions. The larval mortality caused by treating with the paste ranged from 10 to 70% under 50 to 92% RH at 8 days after assaying with 4th instar larvae of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis*. Larval mortality was as high as 80% or over when incubated at 4-32 °C for 10 days. However, the mortality declined from 100 to 16% when incubated at 35 °C for 24 h. The paste formulation after continuous irradiation to UV for 12 h still caused 90% mortality, while the preparation without formulating in paste caused only 20% mortality after irradiating for 2 h. Residual effect of the paste on corn leaves against the borer was also measured in the laboratory. The larval mortality declined from 100 to 13% within 7 days without pasting whereas the mortality stayed higher than 40% for 14 days after the paste was applied to corn plants in screen house. In field trials, the insect number per plant decreased as raising the nematode concentration in paste, resulting in higher number of marketable ears. The control efficacy with this paste formulation was similar to that of chlorpyrifos. Comparison of the paste formulation and the capsule formulated with calcium alginate showed that larval mortality at 4 days after treatment was greatly higher by applying paste than by capsule when tested both in the laboratory and in screen house.

摘要

將大豆油或棉子油經局部脫氫作用形成一種乳化製品，加入蟲生線蟲(*Steinernema carpocapsae* (Weiser))懸浮液及保濕聚合物均勻混合，製成蟲生線蟲膏劑。此膏劑可增加蟲生線蟲對環境中相對濕度、溫度及紫外線照射的容忍力，並提高對亞洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis* Guen' ee)幼蟲的致死率。當相對濕度50~92%時，在25°C的溫度下，經8天後具有13~67%之致死率。以90%的高濕環境保存蟲生線蟲膏劑，在4~32°C的溫度下，10天後仍具有80%以上之致死率。但在35°C時其致死率，於24小時內從100%降至16%。以254 nm波長之紫外線照射，有無膏劑保護的處理組之間差異顯著，前者經12小時持續照射仍有90%的致死率，後者2小時後已低於20%。殘留在玉米葉上之線蟲膏劑，對室內飼育之亞洲玉米螟幼蟲致死率，7天內從100%降至13%。將線蟲膏劑施用於已接入亞洲玉米螟幼蟲的盆栽玉米株，第14天仍可維持高於40%的致死率。線蟲膏劑施用於玉米田，隨線蟲濃度的增加，在植株上所採集的亞洲玉米螟幼蟲數及蛀孔數，有下降的趨勢，並獲得較高的可上市果穗率，且效果與陶斯松處理組相近或更佳。比較線蟲膏劑及藻酸鈣膠囊劑，對室內飼育及接入玉米株內的亞洲玉米螟幼蟲致死率，以膏劑的致死率最高。

Key words: *Steinernema carpocapsae*, entomopathogenic nematode, *Ostrinia furnacalis*, Asian corn borer, paste formulation.

關鍵詞: 蟲生線蟲、亞洲玉米螟、膏劑

Full Text: [PDF \(0.7 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

蟲生線蟲 (*Steinernema carpocapsae*) (Nematoda : Steinernematidae) 膏劑的特性及在亞洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis*) (Lepidoptera : Pyralidae) 防治上之應用

鄭旗志 唐立正 侯豐男* 國立中興大學昆蟲學系 台中市國光路 250 號

摘 要

將大豆油或棉子油經局部脫氫作用形成一種乳化製品，加入蟲生線蟲 (*Steinernema carpocapsae* (Weiser)) 懸浮液及保濕聚合物均勻混合，製成蟲生線蟲膏劑。此膏劑可增加蟲生線蟲對環境中相對濕度、溫度及紫外線照射的容忍力，並提高對亞洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis* Guenée) 幼蟲的致死率。當相對濕度 50~92% 時，在 25°C 的溫度下，經 8 天後具有 13~67% 之致死率。以 90% 的高濕環境保存蟲生線蟲膏劑，在 4~32°C 的溫度下，10 天後仍具有 80% 以上之致死率。但在 35°C 時其致死率，於 24 小時內從 100% 降至 16%。以 254 nm 波長之紫外線照射，有無膏劑保護的處理組之間差異顯著，前者經 12 小時持續照射仍有 90% 的致死率，後者 2 小時後已低於 20%。殘留在玉米葉上之線蟲膏劑，對室內飼育之亞洲玉米螟幼蟲致死率，7 天內從 100% 降至 13%。將線蟲膏劑施用於已接入亞洲玉米螟幼蟲的盆栽玉米株，第 14 天仍可維持高於 40% 的致死率。線蟲膏劑施用於玉米田，隨線蟲濃度的增加，在植株上所採集的亞洲玉米螟幼蟲數及蛀孔數，有下降的趨勢，並獲得較高的可上市果穗率，且效果與陶斯松處理組相近或更佳。比較線蟲膏劑及藻酸鈣膠囊劑，對室內飼育及接入玉米株內的亞洲玉米螟幼蟲致死率，以膏劑的致死率最高。

關鍵詞：蟲生線蟲、亞洲玉米螟、膏劑。

前 言

蟲生線蟲具有成為微生物殺蟲製劑的諸多條件，但在環境中的生物性及非生物性等因素，常限制其防治蟲害的效果 (Poinar,

1986)。經過多年的研究，一部分的限制因子已獲得較明確的結論，可應用在蟲害管理上。而保護劑的研發，即是利用人為的力量，配合蟲生線蟲的生理特性及習性，降低各種限制因子對其存活率的影響，以提高害

* 抽印本索取及論文聯繫之負責人

蟲防治率。

Kaya and Nelsen (1985)及 Kaya *et al.* (1987)以藻酸鈣(calcium alginate)將蟲生線蟲包埋，可用於防治地下害蟲。Nickle and Shapiro (1992)利用對稱 1,2 苯代乙烯的化合物製成 Tinopal LPW，用來保護蟲生線蟲避免紫外線的照射。Connick *et al.* (1993)亦利用麥粉及其他添加劑，將蟲生線蟲包埋在粒劑中，在適當的溫度下可長時間儲存。上述之研究報告均為蟲生線蟲製劑發展上的紀錄。

本文以大豆油或棉子油經脫氫作用製成膏狀物，做為包埋蟲生線蟲(*Steinernema carpocapsae* (Weiser))的載體，在實驗室內先以不同相對濕度、溫度及紫外線照射處理蟲生線蟲膏劑後，再測試對亞洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis* Guenée)幼蟲之致死率。另在網室盆栽玉米株上，進行此線蟲膏劑殘效性及對接入玉米株之亞洲玉米螟幼蟲致死率的試驗。並於玉米田測試田間的防治成效。另比較經膏劑與膠囊劑包埋後，蟲生線蟲對亞洲玉米螟幼蟲的致死效果。期能在蟲生線蟲保護劑的發展上提供參考。

材料與方法

一、供試之亞洲玉米螟

自臺灣省農業試驗所試驗田之超甜玉米(*Zea mays* L.) Honey 236 植株上，採得亞洲玉米螟幼蟲，以 Hung *et al.* (1988)之方法累代飼育，並且不定期自田間引進野生種蟲源與實驗室人工飼育之蟲源雜交。本次室內試驗，以塑膠製加蓋的飼育杯(直徑 3.5 cm，高 3.0 cm)，單隻飼養亞洲玉米螟 3 或 4 齡幼蟲，杯中加入 2~3 天的食量(約 1.0 g)的人工飼料塊，並保持高於 90%的相對濕度。

二、供試蟲生線蟲之製備

所採用之蟲生線蟲(*S. carpocapsae* All strain)為美國加州 Biosys 公司生產之成品(SAF-T-SHIELD[®])，此產品係將蟲生線蟲具感染力的 3 齡幼蟲(infective juveniles, IJs)吸附在海綿中，以密封罐包裝，儲存於 4°C 冰箱冷藏備用。每次試驗前，再製備成懸浮液或膏劑使用。

(一)線蟲懸浮液之製備

取 SAF-T-SHIELD[®]海綿塊浸泡蒸餾水，讓蟲生線蟲從海綿塊中游出，移走海綿塊，再依試驗需要調配線蟲濃度。

(二)線蟲膏劑(paste)之製備

膏劑乃利用大豆油或棉子油，經局部的脫氫作用(dehydrogenation)，內含甘油一酸酯(monoglyceride)和甘油二酸酯(diglyceride)的一種乳化製品。線蟲膏劑則是以同體積的線蟲懸浮液與保濕聚合物(water retentive polymer)均勻混合，再加入 2 倍體積的上述膏劑所配製而成。

(三)線蟲膠囊劑(capsule)之製備

取線蟲懸浮液 2.5 ml，加入 2% 藻酸鈉(sodium alginate) 7.5 ml 溶液中，以磁力攪拌器攪拌均勻後，再以微量滴管吸起，滴入攪拌狀態的 0.2 M 氯化鈣溶液中，繼續攪拌 15 分鐘後，以絹網過濾收集圓形略為透明之藻酸鈣膠囊顆粒，置於玉米油中，放入 4°C 冰箱冷藏備用。

三、環境因子對蟲生線蟲膏劑致死率之影響

(一)相對濕度

依據 Leu and Kao (1975)之方法，配製各種鹽類飽合溶液，放置密閉環境下，可產生相對濕度如下： H_2O : 100%； $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$: 90%~92%； $(NH_4)_2SO_4$: 80%~82%； $NH_4Cl + KNO_3$: 70%~73%； $Ca(NO_2)_2 \cdot 4$

H₂O: 50%~55%。將裝有 10 g (約 2,000 IJs/g) 線蟲膏劑的培養皿 (直徑 6 cm)，移到注入 15 ml 飽和鹽類溶液的較大培養皿 (直徑 9 cm)，形成如上述之相對濕度，再加以密封。置於 25°C 之生長箱內，分別經 2、4、6 及 8 天，取出 0.1 g 膏劑添加在 1.0 g 人工飼料塊上，餵食亞洲玉米螟 4 齡幼蟲，經 48 小時記錄其死亡率。此試驗共有 5 個相對濕度處理，每一處理 3 重複，每重複 20 隻幼蟲。

(二) 溫度

取線蟲膏劑 10 g (約 2,000 IJs/g) 置入加蓋之指形瓶中，並維持大於 90% 的相對濕度，放在 4、16、20、25、28 及 32°C 的定溫箱中，經 2、4、8 及 10 天後，取出 0.1 g 膏劑加在 1.0 g 人工飼料塊上，在 25°C 下餵食亞洲玉米螟 4 齡幼蟲，經 48 小時記錄其死亡率。此試驗共有 7 個溫度處理，每一處理 3 重複，每重複 20 隻幼蟲。另外，將保存在 35°C 定溫箱中的線蟲膏劑 50 g (約 2,000 IJs/g)，分別於 3、6、9、12、15、18、21 及 24 小時後，取出 0.1 g 加在 1.0 g 人工飼料塊上，在 25°C 下餵食亞洲玉米螟 4 齡幼蟲，經 48 小時記錄其死亡率。此試驗共有 8 個時間處理，每一處理 3 重複，每重複 20 隻幼蟲。

(三) 紫外線

將線蟲膏劑 10 g (約 2,000 IJs/g)，平舖在直徑 6 cm 未加蓋的塑膠培養皿底部，厚約 1~2 mm，置於溫度為 28±1°C，相對濕度大於 90% 的環境下，以 254 nm 波長之紫外線，高度 50 cm，持續照射 0、2、4、6、8、10 及 12 小時，分別取出 0.1 g 線蟲膏劑加在 1.0 g 人工飼料塊上，餵食亞洲玉米螟 4 齡幼蟲，經 48 小時記錄其死亡率。此試驗共有 7 個時間處理，每一處理 3 重複，每重複 20 隻幼蟲。並以未照射紫外線之蟲生線蟲膏劑做對照組。另外，以舖濾紙之石膏培養皿 (直徑 6cm 培養皿底部舖上一層厚約 0.3 cm 之石

膏)，滴入線蟲懸浮液 1.0 ml (200 IJs/ml)，使其濾紙目視不積水但呈濕潤狀。在上述溫度及相對濕度的環境下，以相同波長之紫外線及高度，照射 0、2、4、6、8、10 及 12 小時後，接入亞洲玉米螟 4 齡幼蟲，使幼蟲在有線蟲存在的培養皿中活動 24 小時，再移入不含線蟲之飼育杯內，經 48 小時記錄其死亡率。此試驗共有 7 個時間處理，每一處理 3 重複，每重複 20 隻幼蟲。並以未照射紫外線之線蟲懸浮液做對照組。

四、蟲生線蟲膏劑施用於玉米植株上持久性之測試

(一) 線蟲膏劑於玉米葉片上殘效性測試

選用網室盆栽第 5~8 葉齡之玉米株，將線蟲膏劑 1.0 g (1,673 ± 62 IJs/g) 置於玉米株之心葉處，分別於 1、2、3、4、5、6 及 7 天後，將葉片上殘留之線蟲膏劑刮下帶回實驗室，以 0.1 g 添加在 1.0 g 人工飼料塊上，餵食亞洲玉米螟 3 齡幼蟲，4 天後記錄其死亡率。此試驗共有 7 個時間處理，每一處理 3 重複，每重複 20 隻幼蟲。

(二) 線蟲膏劑在玉米植株上之殺蟲效果持續性試驗

取盆栽玉米株如上述處理，但不刮下殘留在葉片上之線蟲膏劑，經 1、5、7、10 及 14 天後，再接入亞洲玉米螟 3 齡幼蟲至心葉處，4 天後剖開植株收回所有蟲體及蟲屍，計算玉米螟幼蟲的死亡率。此試驗共有 5 個時間處理，每一處理 3 重複，每重複 20 隻幼蟲 (4 株玉米 / 處理，5 隻幼蟲 / 株玉米)。並測量殘留在葉片上的膏劑與原施放點之間的距離。

五、蟲生線蟲膏劑田間持久性試驗

自 1 至 4 月期間，在台中縣霧峰鄉中興大學試驗農場，選 0.2 公頃超甜玉米田 (Honey

236) 分隔為三大區，每一大區再分為 6 小區 (面積 $3 \times 10 \text{ m}^2$ ，每小區間隔 3 m)。第一大區之第 1~3 小區以線蟲膏劑 1×10^3 、 5×10^3 及 1×10^4 IJs/g 三種濃度，取 0.1 g 施用於玉米株心葉處。從輪生中期開始至雄花抽穗前結束施藥，每兩週施用一次，整個生育期共使用 3 次。第 4 小區以 1×10^3 IJs/g 的濃度，亦取 0.1 g 的量，每週施用一次，整個生育期共使用 5 次。第 5 小區取有機磷劑陶斯松 (chlorpyrifos) 5% 粒劑，每株施用 0.3~0.5 g，於輪生中期及雄花抽穗前各施用一次，整個生育期共使用 2 次。第 6 小區為對照組。三大區中相同處理的小區相互錯開避免位於隔鄰。至採收期每小區割取 20 棵玉米植株地上部，剖開玉米莖並剝開玉米果穗，記錄莖及穗內蛀孔數、亞洲玉米螟幼蟲數及可上市果穗率 (收集所有的果穗秤取總重量，再從中檢取穗長大於 15 cm，且切除穗端 3 cm 後無蟲害之果穗所秤得之重量，訂為可上市果穗重。以可上市果穗重與果穗總重量之比值，即為可上市果穗率)。

六、蟲生線蟲膏劑及膠囊劑對亞洲玉米螟幼蟲致死率之比較

(一) 室內試驗

取(1)線蟲膏劑 0.1 g ($1,673 \pm 62$ IJs/g)，(2)膠囊顆粒 2 個 (72 ± 5 IJs/granule, $10 \mu\text{l}/\text{granule}$)，(3)線蟲懸浮液 $20 \mu\text{l}$ (162 ± 13 IJs)，(4)不含線蟲之純膏劑 0.1 g，加在 1.0 g 人工飼料塊上，餵飼亞洲玉米螟 3 齡幼蟲，每隔 24 小時記錄其死亡率。此試驗共有 4 個劑型處理，另以不加任何蟲生線蟲製劑的處理為對照組，每處理 3 重複，每重複 20 隻幼蟲。

(二) 網室試驗

選用網室盆栽第 5~8 葉齡之玉米株，先從心葉處接入亞洲玉米螟 3 齡幼蟲，經 24 小

時再分別取(1)線蟲膏劑 0.1 g (1,000 IJs/g)，(2)線蟲懸浮液 1.0 ml (100 IJs/ml)，(3)膠囊顆粒 5 個 (25 IJs/ $10 \mu\text{l}$, $10 \mu\text{l}/\text{granule}$)，施用於心葉處，經 4 天後剖開植株取回所有的蟲隻及蟲屍，計算幼蟲之死亡率。此試驗共有 3 個劑型處理，另以未加入任何蟲生線蟲製劑之接蟲植株為對照組。每處理 3 重複，每重複 20 隻幼蟲 (4 株玉米 / 處理，5 隻幼蟲 / 株玉米)。

結 果

一、環境因子對蟲生線蟲膏劑所引起致死率之影響

(一) 相對濕度

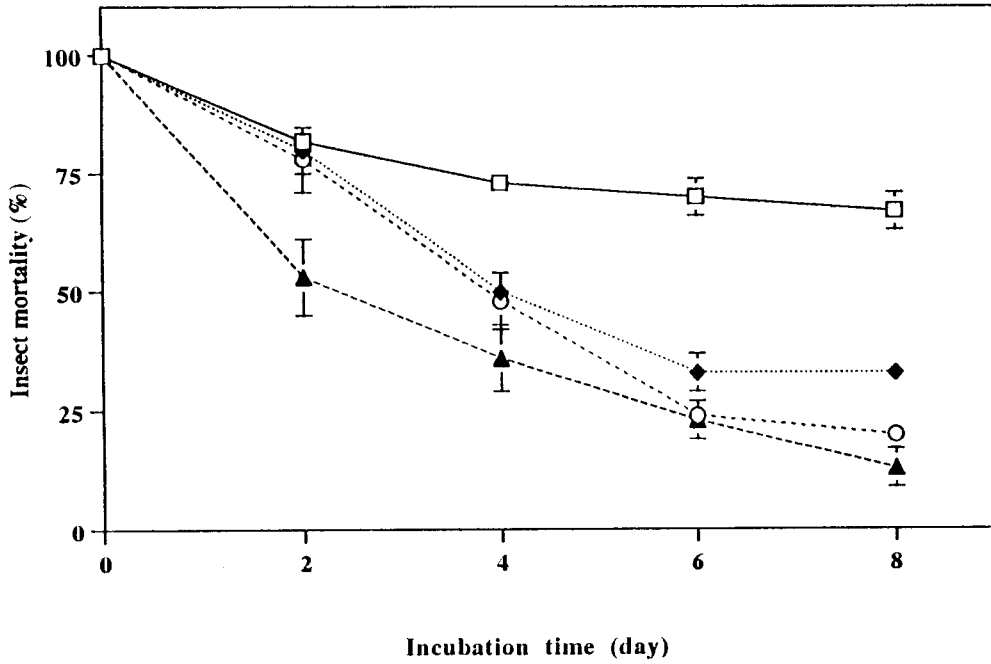
線蟲膏劑保存在 25°C ，以 50~55%、70~73%、80~82% 及 90~92% 的相對濕度條件，對亞洲玉米螟幼蟲的致死率，隨相對濕度之降低而遞減。下降的趨勢，以 90~92% 處理組較為緩慢，線蟲膏劑儲存至第 8 天對亞洲玉米螟幼蟲尚有 67% 之致死率。其他處理組的致死率則僅 13~33% (圖一)。

(二) 溫度

在 $4 \sim 32^\circ\text{C}$ ，相對濕度大於 90% 下，線蟲膏劑對亞洲玉米螟幼蟲的致死率均在 90% 以上，經 2~10 天之測試，並無顯著的差異 (圖二)。但在 35°C 下，亞洲玉米螟幼蟲的死亡率，隨線蟲膏劑保存時間的增加呈遞減之趨勢，至 24 小時即降至 16%。不含線蟲之純膏劑趨勢亦同，24 小時內幼蟲死亡率，由 25% 降至 3% (圖三)。

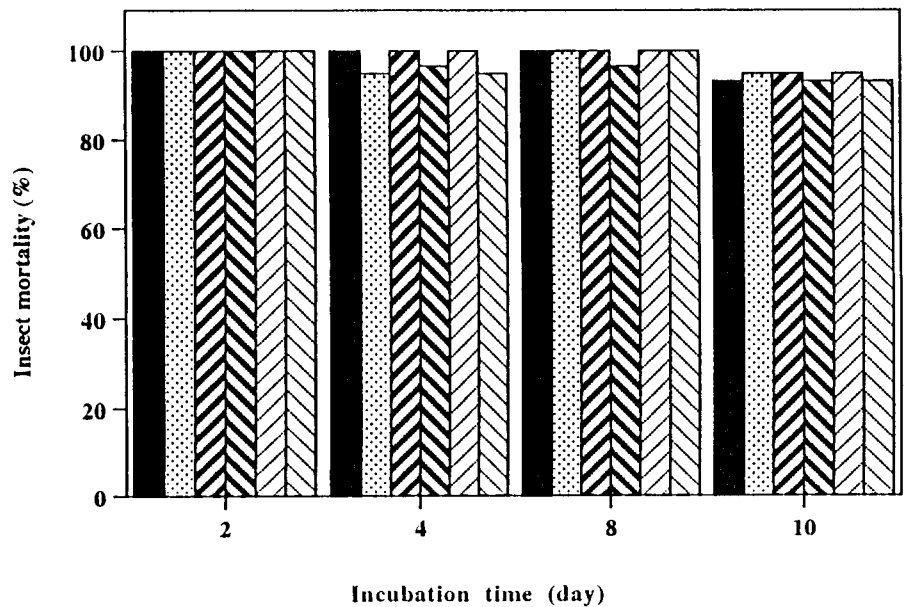
(三) 紫外線

線蟲以膏劑包埋經紫外線照射 12 小時，對亞洲玉米螟幼蟲的致死率，維持在 90% 以上，並無明顯降低 (圖四 A)。若將線蟲置於高濕度的濾紙上，直接照射紫外線，經過 1 小時，對亞洲玉米螟幼蟲的致死率即降到



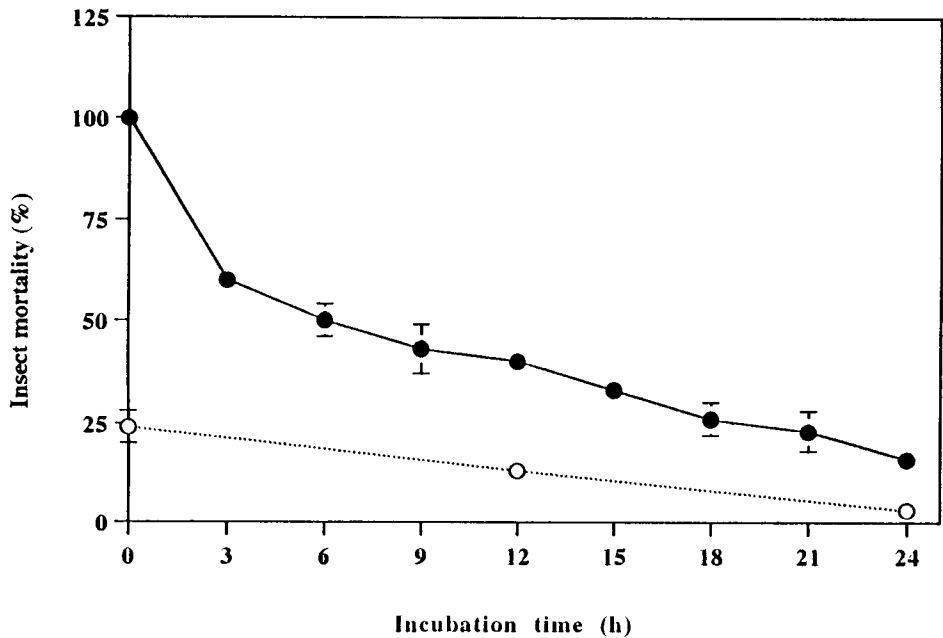
圖一 不同相對濕度下線蟲膏劑對亞洲玉米螟 4 齡幼蟲致死率之影響(25°C)。

Fig. 1. Effect of *S. carpocapsae* in paste on mortality of *O. furnacalis* 4th instar larvae under various relative humidities (at 25°C).



圖二 不同溫度下線蟲膏劑對亞洲玉米螟幼蟲 4 齡致死率之影響(R.H. 90%)。

Fig. 2. Effect of *S. carpocapsae* in paste on mortality of *O. furnacalis* 4th instar larvae at various temperatures (under R.H. 90%)



圖三 35°C下線蟲膏劑對亞洲玉米螟4齡幼蟲致死率之影響。

Fig. 3. Effect of *S. carpocapsae* in paste on mortality of *O. furnacalis* 4th instar larvae at 35°C.

20%，12小時後降至10%以下，但未照射紫外線的對照組之致死率仍維持在90%以上(圖四B)。

二、蟲生線蟲膏劑施用於玉米植株上持久性之測試

(一)線蟲膏劑於玉米葉片上殘效性測試

殘留在玉米葉片上的線蟲膏劑，對室內飼育亞洲玉米螟幼蟲的致死率，隨殘留時間的增加而遞減，7天內由81%降至13%(圖五)。在試驗的一週內，網室平均最高溫 $34.9 \pm 1.7^\circ\text{C}$ ，平均最低溫 $24.1 \pm 1.0^\circ\text{C}$ ，平均最高相對濕度 $84.5 \pm 0.5\%$ ，平均最低相對濕度 $55.6 \pm 10.0\%$ 。

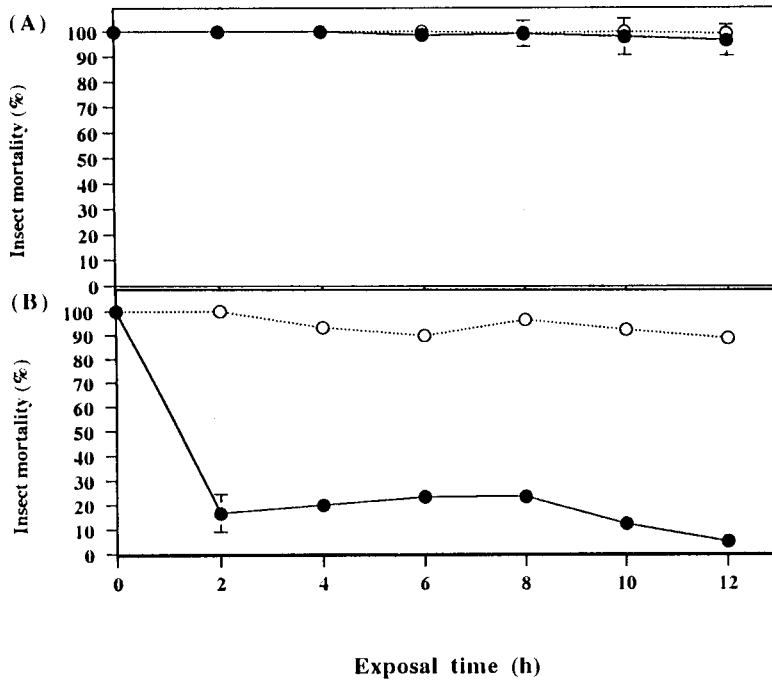
(二)線蟲膏劑在玉米植株上殺蟲效果持久性試驗

施放線蟲膏劑於玉米株心葉處1天後，再

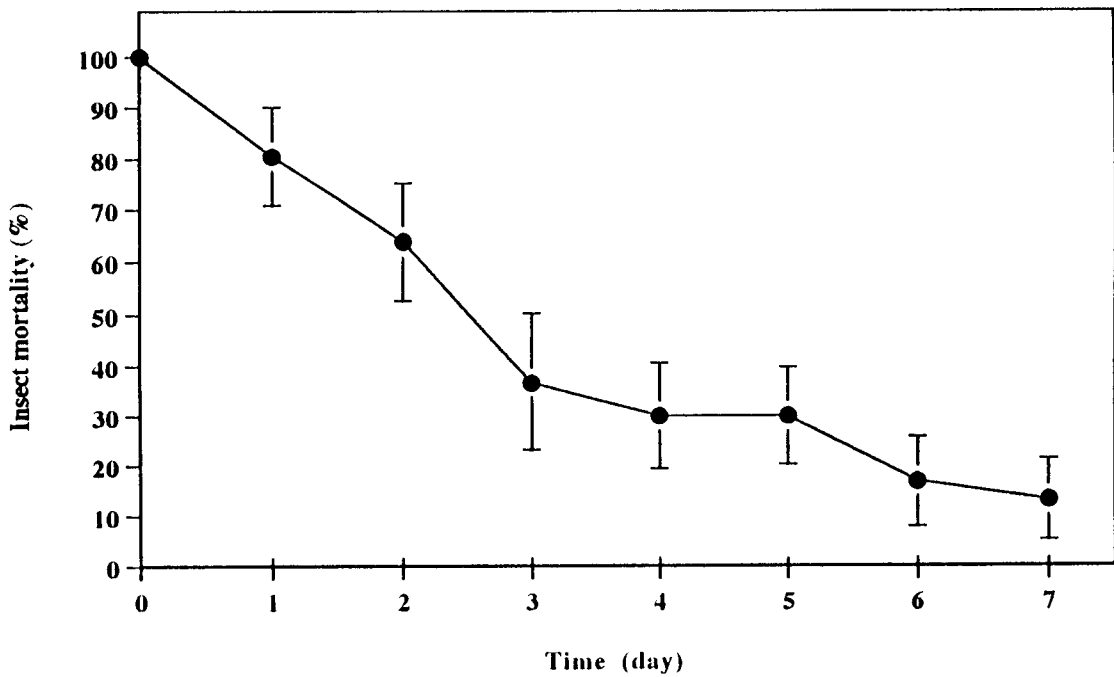
將亞洲玉米螟幼蟲接至該處，幼蟲的死亡率可達63%。而放置5~14天者，死亡率雖降低但仍維持在40%以上，各處理組間無顯著差異。不含線蟲的純膏劑對亞洲玉米螟幼蟲的致死率，第1天有43%，第10天降至10%，至第14天僅有3%(圖六)。經不同天數後，施放於心葉的膏劑與原施放點的距離，第5天3.2 cm，第7天11.4 cm，第10天25.4 cm，至第14天已有30.6 cm。

三、蟲生線蟲膏劑田間持久性試驗

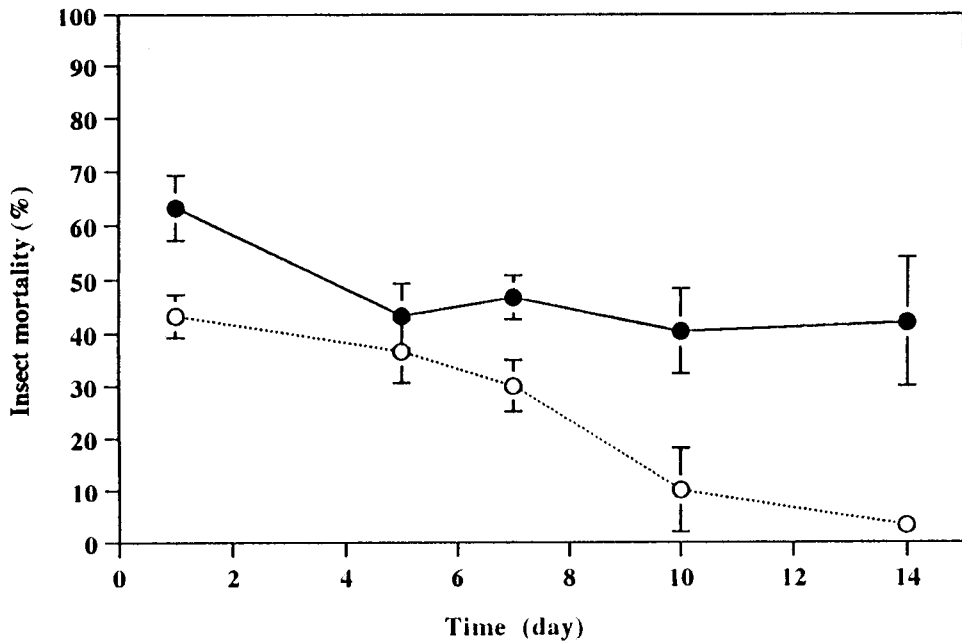
線蟲膏劑施用於超甜玉米田，在 1×10^4 、 5×10^3 、 1×10^3 IJs/g三種不同濃度下，兩週施用一次者，以 1×10^4 IJs/g的處理，蛀孔數最少，莖及穗中分別為0.38個/株，0.27個/株，蟲數最少，莖及穗中分別為0.05隻/株，0.03隻/株，可上市果穗率最高(表一)。



圖四 紫外線照射下蟲生線蟲對亞洲玉米螟 4 齡幼蟲致死率之影響。(A)線蟲在膏劑內，(B)線蟲在濕濾紙上
 Fig. 4. Effect of *S. carpocapsae* on mortality of *O. furnacalis* 4th instar larvae under UV irradiation. (A) Nematodes in paste (B) Nematodes on wetted filter paper.



圖五 殘留在網室盆栽玉米株之線蟲膏劑對亞洲玉米螟 3 齡幼蟲致死率之影響。
 Fig. 5. Mortality of *O. furnacalis* 3rd instar larvae caused by *S. carpocapsae* in paste remaining on potted corn plants in screen house.



圖六 施用於盆栽玉米植株之線蟲膏劑對亞洲玉米螟3齡幼蟲致死率之影響。

Fig. 6. Mortality of *O. furnacalis* 3rd instar larvae caused by *S. carpocapsae* in paste applied to potted corn plants in screen house.

表一 線蟲膏劑在田間的持久性試驗

Table 1. Persistence of nematode paste in the sweet cornfield at Tali, Taichung

Treatment	Application times	No. of cavities and insects/plant*				Rate of marketable ears (%)*
		Stem		Tassels		
		Cavity	Survivor larvae	Cavity	Survivor larvae	
Paste	Three	0.38f	0.05e	0.27e	0.03f	78a
		(0.30)	(0.05)	(0.14)	(0.03)	(0.02)
Paste	Three	0.80e	0.25d	0.73c	0.27e	73b
		(0.10)	(0.17)	(0.35)	(0.10)	(0.02)
Paste	Three	1.30c	0.60b	0.63d	0.38c	68d
		(0.35)	(0.26)	(0.58)	(0.36)	(0.03)
Paste	Five	1.37b	0.58b	0.75c	0.33d	73b
		(0.28)	(0.06)	(0.48)	(0.26)	(0.02)
Chlorpyrifos	Two	1.03d	0.53c	0.97b	0.52b	69c
(5%, w/w)		(0.15)	(0.25)	(0.06)	(0.20)	(0.03)
Control	Two	1.75a	0.77a	1.55a	0.93a	45e
		(0.30)	(0.33)	(0.09)	(0.18)	(0.04)

* Within a column, means (S. D.) followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

以 1×10^3 IJs/g 的濃度比較不同的施用頻率，每週施用一次的處理，可上市果穗率為 73%，較兩週施用一次者為高。若將後者濃度提高至 5×10^3 IJs/g，則可與前者有相同的產量。再比較蟲生線蟲膏劑與陶斯松粒劑的效果，除 1×10^3 IJs/g 濃度下，不同施用頻率的兩處理組，莖中的蟲數，較陶斯松處理組高之外，果穗中蟲數均較陶斯松處理組少，而可上市果穗率大部份亦高於 69% (表一)。

四、蟲生線蟲膏劑及膠囊劑對亞洲玉米螟致死率之比較

(一)室內試驗

比較蟲生線蟲不同劑型對亞洲玉米螟致死率，以線蟲膏劑的效果較佳，第 2 天的幼蟲死亡率即可高於 90%。膠囊劑之效果較差，第 2~4 天其致死率僅 33%。而不含線蟲的純膏劑，可能具致死的效果，第 2~4 天亦有 30~32% 的死亡率。懸浮液處理，因飼育杯內可維持較約 90% 的相對濕度，有利於蟲生線蟲的存活，第 4 天可達 100% 的致死率 (表二)，此與膏劑效果相似。

(二)網室試驗

將不同的蟲生線蟲製劑，施用在網室盆栽玉米株心葉處。其中以膏劑對接入植株的亞洲玉米螟幼蟲有較高的致死率，可達

68%，而膠囊劑較差僅 28%。懸浮液處理因缺乏上述室內試驗之高濕度條件，故致死率降至 36% (圖七)，無法達到與膏劑相當的效果。

討 論

膏劑可以增加蟲生線蟲對溫度、相對濕度及紫外線照射的容忍程度。本試驗之蟲生線蟲膏劑以 4~32°C 的溫度保存 10 天後，仍有線蟲存活，對亞洲玉米螟幼蟲有高於 90% 的致死率。但蟲生線蟲懸浮液保存在 4°C 及 25°C，15 天後原來即具有高於 80% 的存活率 (Cheng and Hou, 1997)，故在此溫度範圍內膏劑的保護作用並不明顯。但在 35°C 溫度下，蟲生線蟲僅有 6 小時的存活時間 (Cheng and Hou, 1997)。若有膏劑保護，經過 24 小時，尚有存活的蟲生線蟲可對亞洲玉米螟幼蟲造成 16% 的致死率，在此溫度下即可凸顯膏劑對蟲生線蟲之保護作用。

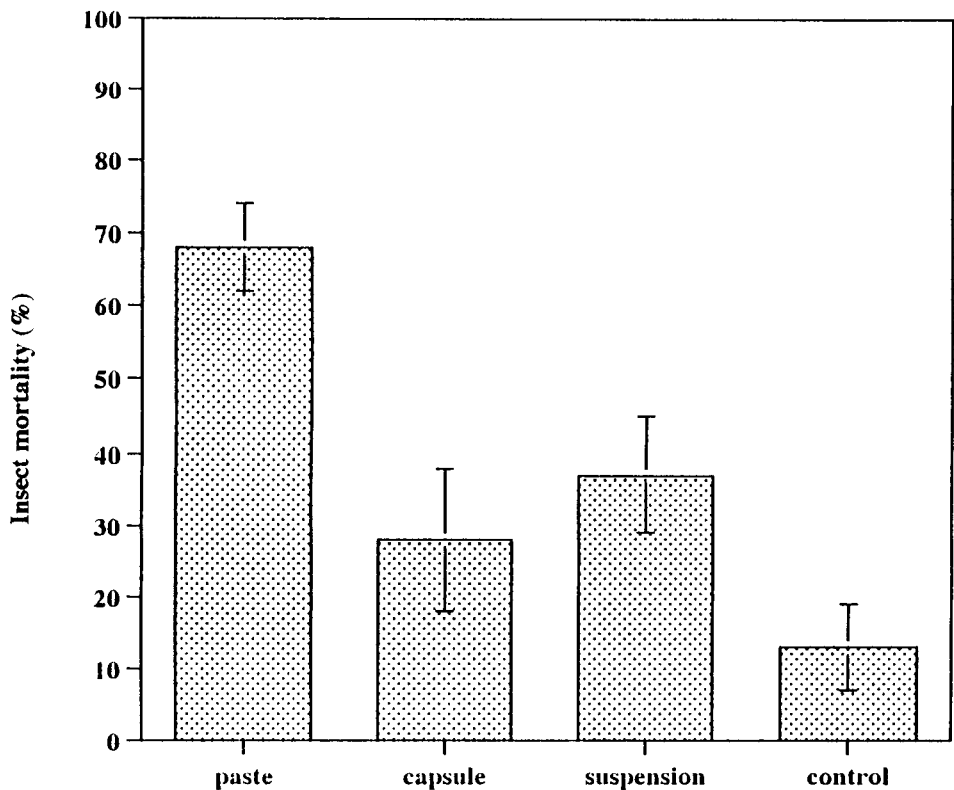
環境中的相對濕度 100% 時較有利於蟲生線蟲生存 (Kung *et al.*, 1991)，但在田間並不能經常維持高濕的環境，故有保濕效果之膏劑較具應用上的價值。本試驗之蟲生線蟲膏劑在 50~90% 的相對濕度下，8 天後仍有存活的蟲生線蟲。相較於未有膏劑保護，雖在 90~92% 相對濕度下，蟲生線蟲亦僅能存活

表二 蟲生線蟲膏劑與膠囊劑對亞洲玉米螟 4 齡幼蟲致死率之比較

Table 2. Comparison of mortality of 4th-instar larvae of *O. furnacalis* caused by *S. carpocapsae* formulated in paste and capsule

Nematode Preparation	Nematode Number (IJs)	Insect mortality (%)*			
		Time (days)			
		1	2	3	4
Paste	(167 ± 6)	28.33a	91.67a	100.00a	100.00a
Capsule	(144 ± 10)	28.34abc	33.33c	33.33c	33.33b
Suspension	(162 ± 14)	33.33abc	61.67b	85.00b	100.00a
Paste blank	0	26.67cd	30.00c	31.67c	31.67b
Control	0	0.00e	0.00d	0.00d	0.00c

* Within a column, means followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.



圖七 施用於玉米株之線蟲膏劑及膠囊劑對亞洲玉米螟3齡幼蟲致死率之比較。

Fig. 7. Comparison of mortality of *O. furnacalis* 3rd instar larvae caused by *S. carpocapsae* in paste and in capsule on potted corn plants.

13小時(Cheng and Hou, 1997)，因此膏劑的保濕效果非常明顯。

兩種波長的紫外線對蟲生線蟲具不同程度的影響，例如：Gaugler and Boush (1978)以波長254 nm短波紫外線照射蟲生線蟲(*S. carpocapsae*)，經過7分鐘後即失去對大蠟蛾(*Galleria mellonella* (Linnaeus))的感染力。波長302 nm (Gaugler *et al.*, 1992)及366 nm紫外線對此種線蟲影響較小(Gaugler and Boush, 1978; Gaugler *et al.*, 1992)。本試驗以254 nm的紫外線照射，蟲生線蟲有無膏劑保護，對亞洲玉米螟幼蟲的致死率差異顯著，可知膏劑對紫外線亦有阻

絕的效果。

由文獻可知，亞洲玉米螟1~3齡幼蟲多數取食心葉(Hsu *et al.*, 1988)，故將蟲生線蟲膏劑施放在心葉處，可增加蟲生線蟲與亞洲玉米螟幼蟲接觸的機率，亦可減少搜尋寄主時能量的消耗(Lewis *et al.*, 1990)，且玉米心葉處呈喇叭狀易盛接雨水及露水，該處的相對濕度較高，有利於蟲生線蟲之存活。雖然膏劑會因長出新的的心葉，而隨向外伸展的舊心葉，逐漸離開原施放點，不會一直殘留在心葉處，而被葉片帶離的膏劑，對亞洲玉米螟幼蟲的致死率會迅速降低，但從膏劑逸出的蟲生線蟲，應可留在心葉處存活較長

時間，而獲得相當程度的防治效果。

玉米田中亞洲玉米螟幼蟲發生的密度，以輪生中期最高，輪生末期次高(Hsu *et al.*, 1988)，故本試驗於輪生中期至雄花抽穗期間施用線蟲膏劑。由結果可知，蟲生線蟲濃度越高，可上市果穗率越高，可得到比陶斯松更佳的收穫。未經任何防治的對照組，產量較少，植株蛀孔多易倒伏，果穗較小且多深長的蛀孔，嚴重損害商品價值，故可上市果穗率最低。蟲生線蟲膏劑處理組，在果穗中雖偶有發現亞洲玉米螟的幼蟲，但較集中在穗頂且蛀孔較淺，將穗頂切去3 cm，後仍可獲得較高的可上市果穗率。

比較線蟲膏劑及膠囊劑對亞洲玉米螟幼蟲的致死效果，線蟲膏劑是膠囊劑的2~3倍，乃因膠囊顆粒易限制線蟲的活動力及活動範圍(Kaya *et al.*, 1987; Capinera *et al.*, 1988)。且據本試驗觀察只有46%的膠囊有被幼蟲咬食的痕跡，但咬痕不深，幼蟲有排斥取食的現象。反觀膏劑對線蟲的限制較小，線蟲易離開膏劑到棲所中搜尋寄主，且有超過90%供試之幼蟲不排斥取食膏劑，更增加與寄主接觸的機會。而純膏劑雖因幼蟲的取食而造成約30%的死亡率，但並不足以應用在害蟲防治上，惟有包埋蟲生線蟲後才能達到較佳的防治效果。

目前防治亞洲玉米螟，大部分以長效性或系統性化學藥劑為主。因超甜玉米生育期較短，若使用不當，會造成農藥污染，使果穗有藥劑殘毒的危險(Tseng and Wu, 1990)。蟲生線蟲膏劑的應用，雖然未能做到省時及省工等化學藥劑使用上的優點，但可保護環境免於化學藥劑的污染，因此這種微生物防治法頗具發展潛力之發展。

誌 謝

本試驗承蒙行政院農業委員會經費補助，美國天普大學張芳男教授及 Mr. M. J. Gehret 提供試驗材料，在此一併誌謝。

引用文獻

- Capinera, J. L., D. Pelossoer, G. S. Menout, and N. D. Epsky. 1988. Control of black cutworm, *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae), with entomogenous nematodes (Nematoda: Steinernematidae, Heterorhabditidae). *J. Invertebr. Pathol.* 52: 427-435.
- Cheng, C. C., and R. F. Hou. 1997. Effects of environmental factors on survival of the entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae*. *Chinese J. Entomol.* 17: 120-131. (in Chinese)
- Connick, W. T. Jr, W.R. Nickle, and B. T. Vinyard. 1993. "Pesta" new granular formulation for *Steinernema carpocapsae*. *J. Nematol.* 25: 198-203.
- Gaugler, R., and G. M. Boush. 1978. Effects of ultraviolet radiation and sunlight on the entomogenous nematode, *Neoplectana carpocapsae*. *J. Invertebr. Pathol.* 32: 291-296.
- Gaugler, R., A. Bednarek, and J. F. Campbell. 1992. Ultraviolet radiation of Heterorhabditid and Steinernematid nematodes. *J. Invertebr. Pathol.* 59: 155-160.
- Hsu, S. L., W. K. Peng, and F. K. Hsieh. 1988. The seasonal abundance and distribution of the Asian corn borer

- (*Ostrinia furnacalis*) on corn. Plant Prot. Bull. (ROC) 30: 148-156. (in Chinese)
- Hung, C. C., J. S. Hwang, and F. K. Hsieh.** 1988. Mass rearing method of Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* Guenee. Chinese J. Entomol. 8: 95-103. (In Chinese)
- Kaya, H. K., and C. E. Nelsen.** 1985. Encapsulation of Steinernamatid and Heterorhabditid nematodes with calcium alginate: a new approach for insect control and other applications. Environ. Entomol. 14: 572-574.
- Kaya, H. K., C. M. Mannion, T. M. Burlando, and C. E. Nelsen.** 1987. Escape of *Steinernema feltiae* from alginate capsules containing tomato seeds. J. Nematol. 19: 287-291.
- Kung, S. P., R. Gauglar, and H. K. Kaya.** 1991. Effects of soil temperature, moisture and relative humidity on entomopathogenic nematode persistence. J. Invertebr. Pathol. 57: 242-249.
- Leu, L. S., and C. W. Kao.** 1975. Conidial liberation and germination of the rose powdery mildew fungus, *Sphaerotheca pannosa*. Plant Prot. Bull. (ROC) 17: 311-318. (in Chinese)
- Lewis, W. J., L.E. M. Vet, J. H. Tumlinson, J. C. van Lenteren, and D. R. Papaj.** 1990. Variations in parasitoid foraging behaviour: essential element of a sound biological control theory. Environ. Entomol. 19: 1183-1193.
- Nickle, W. R., and M. Shapiro.** 1992. Use of a stilbene brightener, Tinopal LPW as a radiation protectant for *Steinernema capocapsae*. J. Nematol. 24: 371-373.
- Poinar, G. O., Jr.** 1986. Entomophagous nematode. pp. 95-121. In: "Biological Plant and Health Production". (G. O. Poinar Jr., ed.) Academic G. Fischer Verlag. Fortschritte der Zoologic. Bd. 32 Franz (Hrsg), New York.
- Tseng, C. T., and Y. Z. Wu.** 1990. The integrated control of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* Guen'ee, on sweet corn. Plant Prot. Bull. (ROC) 32: 177-182. (in Chinese)

收件日期：1999年4月30日

接受日期：1999年7月17日

Characteristics of a Paste Formulation Containing Entomopathogenic Nematode, *Steinernema carpocapsae* (Nematoda: Steinernematidae) and its Application for Control of the Asian Corn Borer, *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera: Pyralidae)

Chi-Chin Cheng, Li-Chang Tang and Roger F. Hou* Department of Entomology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

ABSTRACT

The entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae*, was formulated as a paste with water retentive polymer and oil in which soybean or cottonseed oil was emulsified by partial dehydrogenation. The paste formulation was optimal for enhancing tolerance of *S. carpocapsae* to some unfavorable environmental factors, such as humidity, temperature, and ultraviolet-ray (UV) irradiation in the field conditions. The larval mortality caused by treating with the paste ranged from 10 to 70% under 50 to 92% RH at 8 days after assaying with 4th instar larvae of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis*. Larval mortality was as high as 80% or over when incubated at 4-32°C for 10 days. However, the mortality declined from 100 to 16% when incubated at 35°C for 24 h. The paste formulation after continuous irradiation to UV for 12 h still caused 90% mortality, while the preparation without formulating in paste caused only 20% mortality after irradiating for 2 h. Residual effect of the paste on corn leaves against the borer was also measured in the laboratory. The larval mortality declined from 100 to 13% within 7 days without pasting whereas the mortality stayed higher than 40% for 14 days after the paste was applied to corn plants in screen house. In field trials, the insect number per plant decreased as raising the nematode concentration in paste, resulting in higher number of marketable ears. The control efficacy with this paste formulation was similar to that of chlorpyrifos. Comparison of the paste formulation and the capsule formulated with calcium alginate showed that larval mortality at 4 days after treatment was greatly higher by applying paste than by capsule when tested both in the laboratory and in screen house.

Key words: *Steinernema carpocapsae*, entomopathogenic nematode, *Ostrinia furnacalis*, Asian corn borer, paste formulation.