



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

Effects of Environmental Factors on Survival of the Entomopathogenic Nematode, *Steinernema carpocapsae* 【Research report】

數種環境因子對蟲生線蟲*Steinernema carpocapsae*存活之影響【研究報告】

Chi-Chin Cheng and Roger F. Hou

鄭旗志、侯豐男*

*通訊作者E-mail :

Received: Accepted: 1997/01/21 Available online: 1997/06/01

Abstract

Effects of relative humidity, pH, temperature, and UV irradiation on survival of 3rd stage infective juveniles (IJs) of the entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae*, were investigated in the laboratory. Viability of IJs under different storage times and after spraying a nematode suspension onto leaves was examined based on their survival time. When incubated in phosphate buffer at pH 4-12 for 10 days, the IJs could maintain a 60%-70% survival rate. However, all IJs died when the suspension was adjusted to pH 2. The nematodes maintained a 70% survival rate when cultured at 16-32°C for 10 days, but they died after 6h at 35°C. All nematodes died after continuous exposure to 254 nm UV light for 36h although the survival rate was slightly reduced when exposed for 14h. *S. carpocapsae* could survive for 105 days when stored in water at 25°C, and was still able to infect larvae of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis*. IJs were able to survive for 6-9h when the nematode suspension was sprayed onto corn leaves.

摘要

在實驗室內檢測具感染力之三齡期(infective juvenile,IJ)蟲生線蟲·*Steinernema carpocapsae*·置於不同相對濕度、酸鹼度、溫度·或紫外線照射時間之存活率·並以線蟲懸浮液施用於超甜玉米植株葉表·記錄其存活之時間。結果顯示此蟲生線蟲在相對濕度50%~92%時·線蟲可存活4~9小時;在pH4~12之溶液中·10天後有60%~70%的存活率·當溶液之pH值降至2時·線蟲全數死亡;在16~32°C時·10天後仍有70%的存活率·但在35°C的溫度下·6小時後線蟲全數死亡;在懸浮液中經254nm紫外線持續照射14小時·其存活率有下降的趨勢·照射36小時後·則線蟲全數死亡。線蟲儲存在25°C水溶液中其活力可維持105天·對亞洲玉米螟(*Ostri furnacalis*)仍具感染力。線蟲懸浮液施於玉米植株葉表·其存活時間最長可達6~9小時。

Key words: *Steinernema carpocapsae*, entomopathogenic nematode, environmental factors

關鍵詞: 蟲生線蟲、環境因子。

Full Text:  [PDF\(0.53 MB\)](#)

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

數種環境因子對蟲生線蟲 *Steinernema carpocapsae* 存活之影響

鄭旗志 侯豐男* 國立中興大學昆蟲系 台中市國光路 250 號

摘 要

在實驗室內檢測具感染力之三齡期 (infective juvenile, IJ) 蟲生線蟲, *Steinernema carpocapsae*, 置於不同相對濕度、酸鹼度、溫度, 或紫外線照射時間之存活率, 並以線蟲懸浮液施用於超甜玉米植株葉表, 記錄其存活之時間。結果顯示此蟲生線蟲在相對濕度 50% ~ 92% 時, 線蟲可存活 4 ~ 9 小時; 在 pH 4 ~ 12 之溶液中, 10 天後有 60% ~ 70% 的存活率, 當溶液之 pH 值降至 2 時, 線蟲全數死亡; 在 16 ~ 32 °C 時, 10 天後仍有 70% 的存活率, 但在 35 °C 的溫度下, 6 小時後線蟲全數死亡; 在懸浮液中經 254 nm 紫外線持續照射 14 小時, 其存活率有下降的趨勢, 照射 36 小時後, 則線蟲全數死亡。線蟲儲存在 25 °C 水溶液中其活力可維持 105 天, 對亞洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis*) 仍具感染力。線蟲懸浮液施於玉米植株葉表, 其存活時間最長可達 6 ~ 9 小時。

關鍵詞: 蟲生線蟲、環境因子

前 言

早在 1623 年吾人就由蝗蟲體內發現蟲生線蟲。而後又陸續在不同的昆蟲體內發現線蟲的存在, 並確認蟲生線蟲可感染昆蟲造成死亡, 及至近 30 年來方加以研發應用。其中 *Steinernema carpocapsae* 是近期被開發出來且廣泛應用的一例 (Nickle and Welch, 1984)。Poinar (1986) 敘述此種

蟲生線蟲具有下列特點: (1) 寄主範圍廣, 估計約有 250 種之昆蟲為其寄主。(2) 可迅速殺死寄主, 大部分寄主在線蟲侵入後 48 小時內死亡。(3) 能夠以人工飼料大量繁殖。(4) 感染期的 3 齡幼蟲 (infective juvenile, IJ) 易儲存及運輸, 且具分散及抵抗不良環境之能力。(5) 對環境之安全性高。基於上述幾項優點, 此線蟲實為可開發之生物防治因子。但在其侵入寄主的過程, 有些生

物及非生物性的因子仍會影響其活動能力，進而影響其感染寄主成功的機率。本報告即在探討數種環境因子，如相對濕度、酸鹼度、溫度及紫外線等，對蟲生線蟲存活之影響。期能瞭解蟲生線蟲生存的最適條件及限制因子，以供保護劑之研究開發及施用於田間之參考。

材料與方法

一、供試之蟲生線蟲

本試驗所採用之蟲生線蟲 (*S. carpocapsae* All strain) 係由美國天普大學 (Temple University) 張芳男教授所提供。為美國加州 Biosys 公司生產之成品 (SAF-T-SHIELD)[®]，此產品是將蟲生線蟲吸附在海綿中，使用時先將海綿泡水，讓蟲生線蟲從海綿中游出即可，不用時儲存於 4 °C 之冰箱供試。

二、供試之昆蟲

自臺灣省農業試驗所超甜玉米 (*Zea mays* L.) (Honey 236) 試驗區對照組之植株上採得亞洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis*) 之幼蟲，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。

三、影響蟲生線蟲存活率因子之測試

(1) 相對濕度

依據 Leu and Kao (1975) 的方法，配製各種鹽類飽和溶液可產生相對濕度如下：
H₂O: 100%，ZnSO₄ (7H₂O): 90%~92%，(NH₄)₂SO₄: 80%~82%，HCl+KNO₃: 70%~73%，Ca(NO₃)₂ 4H₂O: 50%~55%。取一個凹槽玻片，以直徑 6 cm 之培養皿墊高，放入直徑 9 cm 之培養皿中。先滴入含 $3.5 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4$ IJs 之線蟲懸浮液 20 μ l 於玻片之凹槽內，再於直徑 9 cm 之培

養皿加入 15 ml 飽和鹽類溶液，並立即加蓋，迅速裝入塑膠袋，以封口機密封袋口，置於 25 °C 之生長箱內，每小時取出一個玻片鏡檢，計算線蟲存活率 (存活線蟲數與總線蟲數之比值)，每處理 3 重複。

(2) 酸鹼度

取 NaCl: 8.0g, KCl: 0.2g, KH₂PO₄: 0.29g, Na₂HPO₄: 1.15g (or Na₂HPO₃ · 12H₂O: 2.9g), D.D.W.: 1000 ml，配製成 PBS 緩衝溶液，以 2 N NaOH 及 1 N HCl 配成 pH 值分別為 2、4、7、10、及 12 的溶液。取 3 mm³ 含線蟲之海綿塊，浸入內含 5 ml 緩衝液的指形瓶中，讓線蟲從海綿塊中游出，再取出海綿塊。計算溶液中線蟲之數量，將每個處理線蟲數目控制在 $3.5 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4$ IJs。將指形瓶置於 25 °C 之生長箱。分別於 1 及 12 小時、1、2、4、6、8 及 10 天後，計算各處理組線蟲之存活率，每處理 6 重複。

(3) 溫度

取 pH 值為 7 的溶液 5 ml，內含 $3.5 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4$ IJs 的供試材料，置於 4、16、20、25、28、32 和 35 °C 的定溫箱中。分別於 2 小時、1、2、4、6、8 及 10 天後，計算線蟲存活率。另置於 35 °C 定溫箱中之樣品，分別於 0、1、2、3、4、5 及 6 小時後，計算線蟲存活率，此項溫度試驗每處理 6 重複。

(4) 紫外線

取直徑 6 cm 無蓋之培養皿，加入 3 ml 內含 $3.5 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4$ IJs 之線蟲懸浮液，使其深度約為 1 mm。置於溫度 28 ± 1 °C，相對濕度 90% 以上的環境下，以波長 254 nm 之紫外線分別照射 1、12、18、24、36 小時後，每處理取 6 個樣本，計算線蟲之存活率。照射期間水量維持不變。

(5) 儲存時間

本試驗擬就室溫 25 °C 及低溫儲藏對線蟲存活率及感染力的影響作一探討取 40 ml (400 IJs/ml) 之線蟲懸浮液，儲存於 25 °C 之定溫箱，分別放置 2、4、6、8、10 及 12 天後，每處理取 6 個樣本先計算線蟲之存活率。然後取 20 μ l (10 IJs/ μ l) 懸浮液加入人工飼料塊中，餵飼 4 齡之亞洲玉米螟幼蟲，72 小時後記錄其死亡率。另取 1 ml (200 IJs/ml) 線蟲懸浮液滴入墊有濾紙之石膏培養皿內，亦接入 4 齡之亞洲玉米螟幼蟲。24 小時後，將亞洲玉米螟移入不含線蟲之飼育杯內，再經 48 小時記錄其死亡率。以上每處理取 20 隻亞洲玉米螟幼蟲，3 次重複。另外為測定較長時間貯存對線蟲存活率之影響，取 50 ml (400 IJs/ml) 之線蟲懸浮液，以 100 ml 之蓋封指形瓶，分別貯存於 4 與 25 °C 之環境下，每隔 15 天，計算線蟲之存活率，每處理取 6 個樣本。

(6) 施用時間及方式對蟲生線蟲在葉表存活期之影響

選取輪生中期之盆栽甜玉米 (Honey 236)，在網室中以噴灑法及點滴法兩種方式將線蟲懸浮液施用於玉米株葉表。其施用及測定方法如下：(a) 噴灑法：配製 1000 IJs/ml 之線蟲懸浮液，以手噴式噴霧器噴灑於第 8 ~ 11 葉面。施用後每隔一小時，從處理過的 4 片葉上剪下 2 cm² 面積大小的葉片放入燒杯，以 0.5 ml 的蒸餾水漂洗 5 分鐘，每片葉各取 3 個樣本鏡檢線蟲的存活率。每小時鏡檢一次，直至線蟲全數死亡為止。(b) 點滴法：配製 10 IJs/ μ l 的線蟲懸浮液，以微量滴管滴在玉米株第 8 ~ 11 葉面，每葉片滴 10 滴，每滴 20 μ l。為防止水滴蒸發後無法找到水滴的位置，在距水滴 1 ~ 2 cm 的外圍以油性簽字筆標記水滴位

置。施用後每隔一小時，從處理過的 4 片葉中，每片葉逢機選擇 3 個標記剪下，在 0.5 ml 的蒸餾水中漂洗 5 分鐘後檢測線蟲的存活率。兩次噴施的時間分別為上午 06:00 及下午 17:00。

結 果

一、相對濕度對線蟲存活率之影響

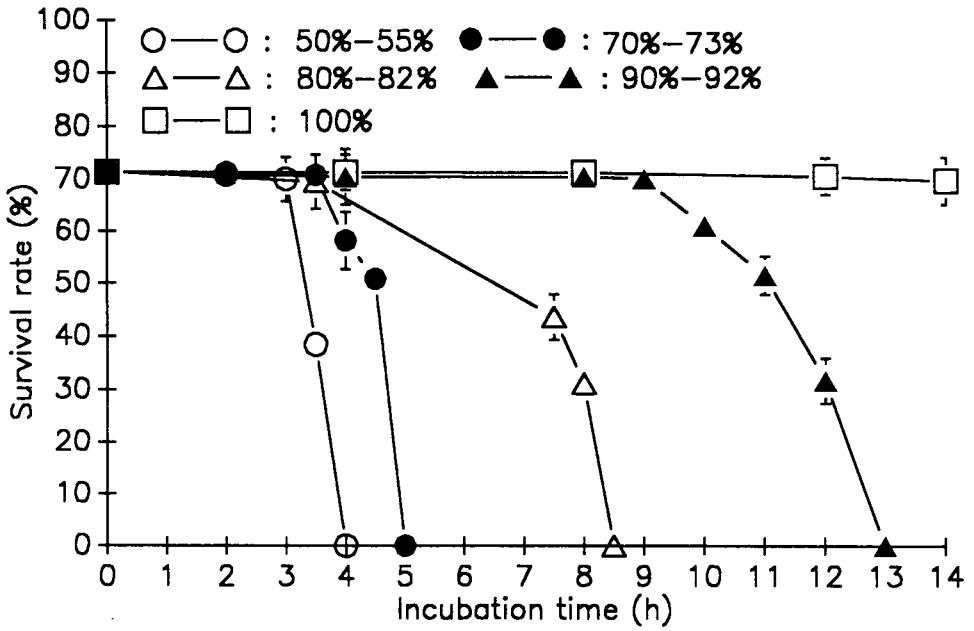
在 50% ~ 55%、70% ~ 73%、80% ~ 82% 及 90% ~ 92%，4 種不同的相對濕度下，蟲生線蟲存活的時間分別為 4、5、8.5 及 13 小時。相對濕度愈高線蟲存活時間愈久，當相對濕度接近 100% 時，在檢測的 14 小時內線蟲存活率仍未有明顯之下降。若環境中之相對濕度在 50% ~ 55%，4 小時後線蟲即全數死亡 (圖一)。由此結果可知相對濕度低的環境，較不利於線蟲之生存。

二、酸鹼度對線蟲存活率之影響

蟲生線蟲生存在 pH 4 ~ 12 之溶液中，經 10 天後可維持 60% 以上的存活率。經鄧肯氏多變域分析法分析結果，pH 值介於 4 ~ 12 之間線蟲存活率無顯著差異。而當溶液 pH 值為 2 時，2 天後線蟲存活率即降到 10%，至第 8 天則全部死亡 (圖二)。由酸鹼度試驗結果可知，線蟲對酸鹼度的忍受範圍甚廣。

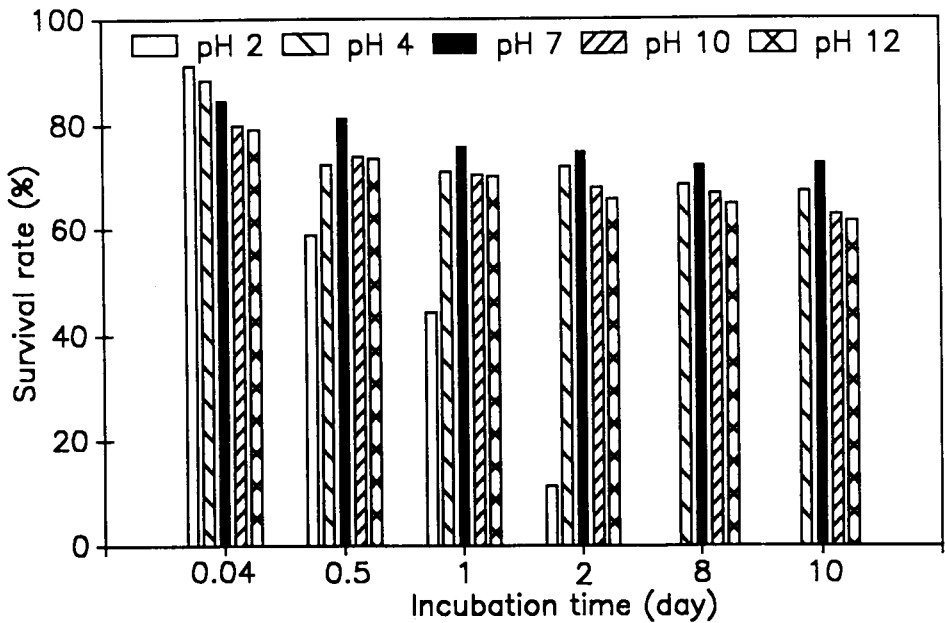
三、溫度對線蟲存活率之影響

在 4 ~ 32 °C 的環境下，隨著存放天數的增加，線蟲存活率有下降的趨勢，但不同溫度同一天數之間，無顯著的差異。經 10 天後，各處理溫度之線蟲存活率仍可維持在 75% 以上 (圖三)。但在 35 °C 的環境下，隨存放時間的加長，其存活率遞減，經 6 小時後，線蟲則全數死亡 (圖四)。溫度試驗結果顯示，此種蟲生線蟲生存在 32 °C 以下



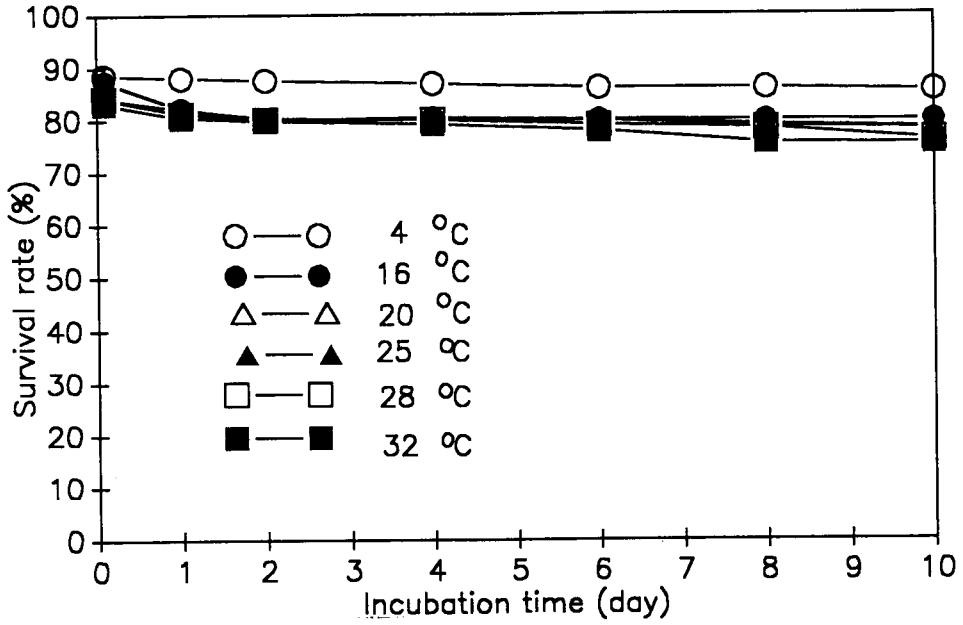
圖一 不同相對濕度對蟲生線蟲之影響。

Fig. 1. Effect of relative humidity on the survival rate of *S. carpocapsae*.

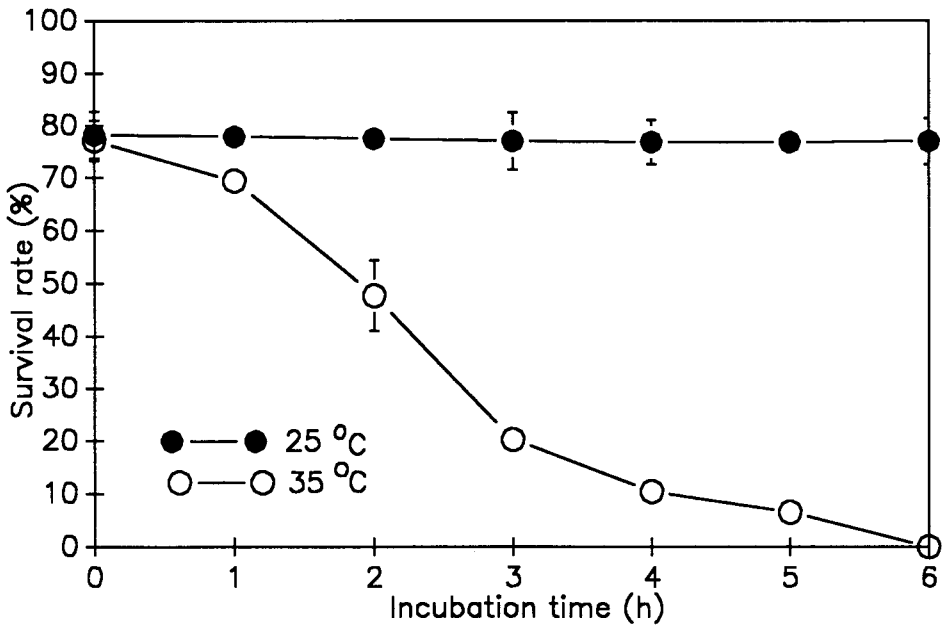


圖二 不同酸鹼度對蟲生線蟲之影響。

Fig. 2. Effect of pH on the survival rate of *S. carpocapsae*.



圖三 蟲生線蟲暴露於不同溫度之存活率。
 Fig. 3. Survival rate of *S. carpocapsae* exposed to different temperatures.



圖四 培養溫度對蟲生線蟲存活率之影響。
 Fig. 4. Effect of culture temperature on the survival rate of *S. carpocapsae*.

的溫度中其存活率較佳，但在 35 °C 的溫度下則無法長時間存活。

四、紫外線對線蟲存活率之影響

以 254 nm 短波紫外線照射線蟲懸浮液，需持續照射 18 小時後，線蟲之存活率方有明顯下降之趨勢，若持續照射 36 小時，則線蟲全數死亡（圖五）。

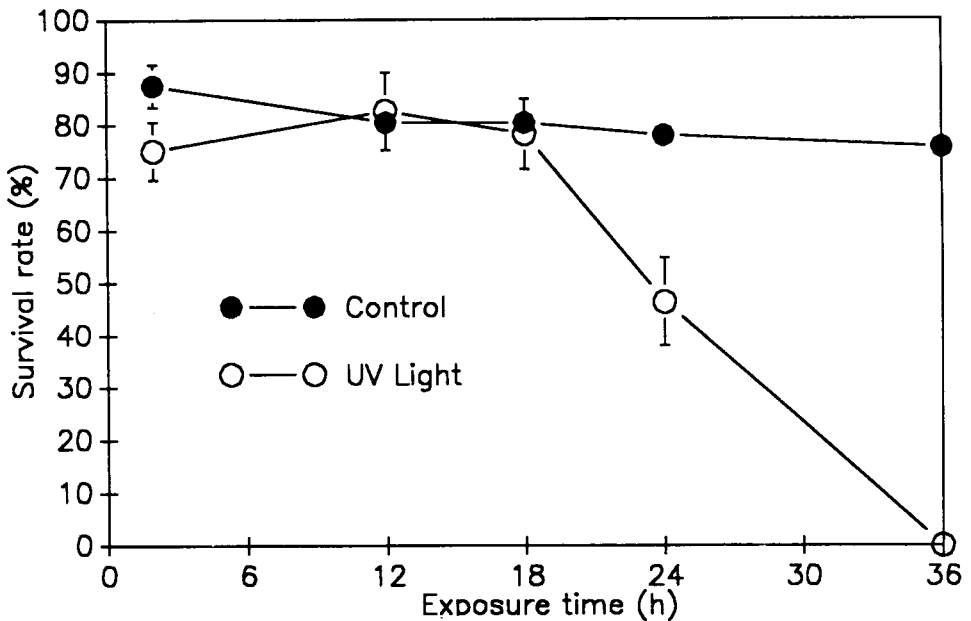
五、儲存時間對線蟲存活率及感染能力的影響

儲存在 25 °C 水溶液中的線蟲，經過 12 天後其存活率可維持在 70% 以上。以餵食及自然暴露兩種方式測試線蟲對亞洲玉米螟的感染力，結果顯示隨線蟲儲存時間的加長，亞洲玉米螟之死亡率有下降之趨勢，但仍維持在 90% 以上（圖六）。由此可知將線蟲保存在 25 °C，2 天內線蟲存活率與感染寄主之能力並無顯著的改變。至 30 天後其存活

率才有明顯的下降，儲存 60 天後尚有 52.2% 的存活率，直到儲存 105 天線蟲並無存活。若儲存溫度降至 4 °C，60 天後線蟲尚有 70% 的存活率，105 天時仍維持 60% 存活（圖七）。由此結果可知蟲生線蟲在低溫水溶液中可長時間儲存。

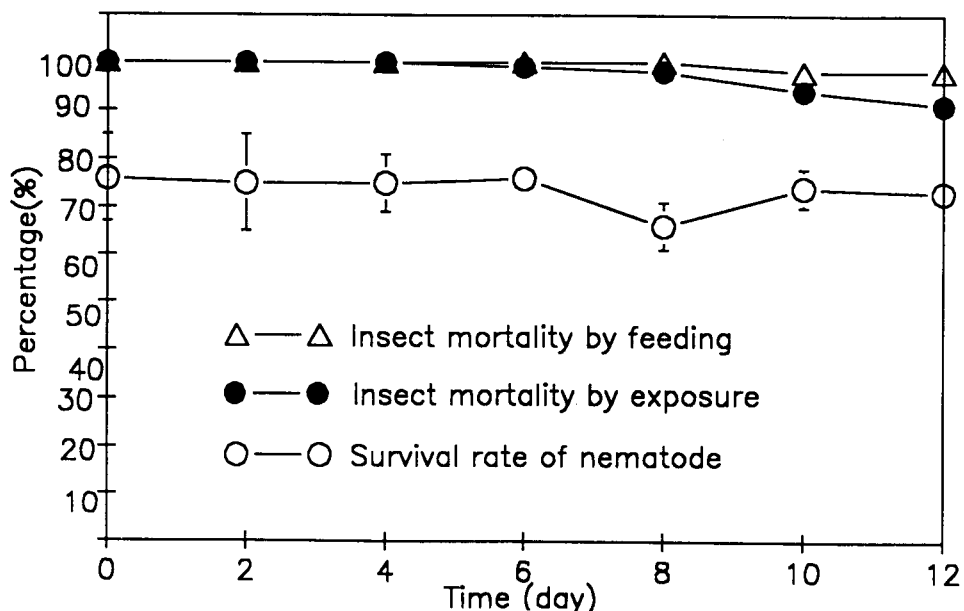
六、施用時間及方式對蟲生線蟲在葉表存活期之影響

本試驗分別於上午 06:00 時及下午 17:00 時，將線蟲懸浮液以噴灑及點滴兩種不同方式施用於玉米葉片上，比較線蟲存活率。結果顯示，噴灑線蟲懸浮液後，60% 以上的線蟲可存活 2 小時。噴施 3 小時後兩處理時間線蟲存活率分別降至 23% 及 36%，且在 4 及 5 小時後線蟲全數死亡。點滴線蟲懸浮液後，兩處理組分別於 4 及 7 小時，仍維持 90% 及 80% 以上之存活率，但再經 2 小

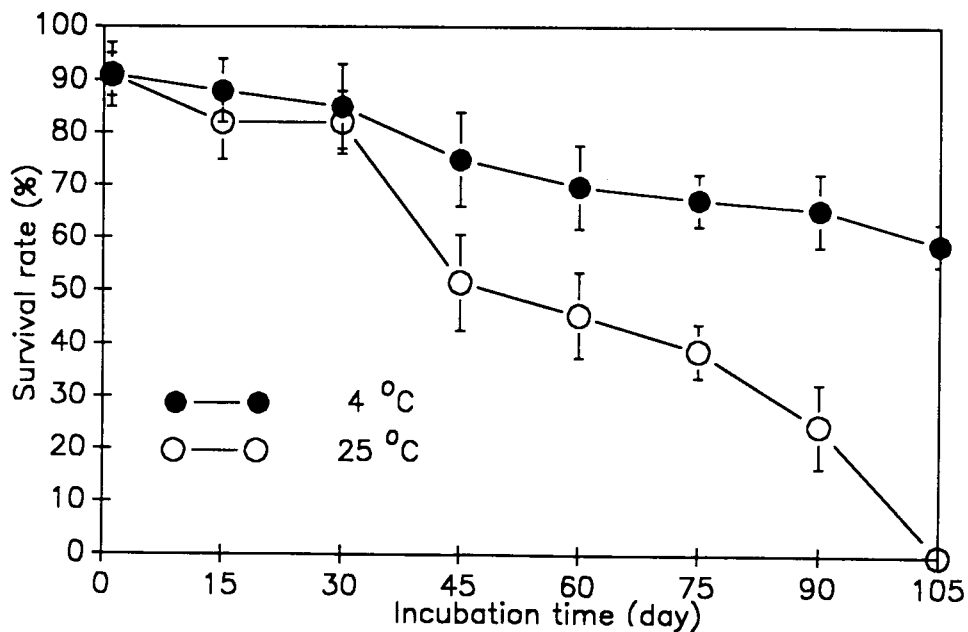


圖五 紫外線照射對蟲生線蟲存活率之影響。

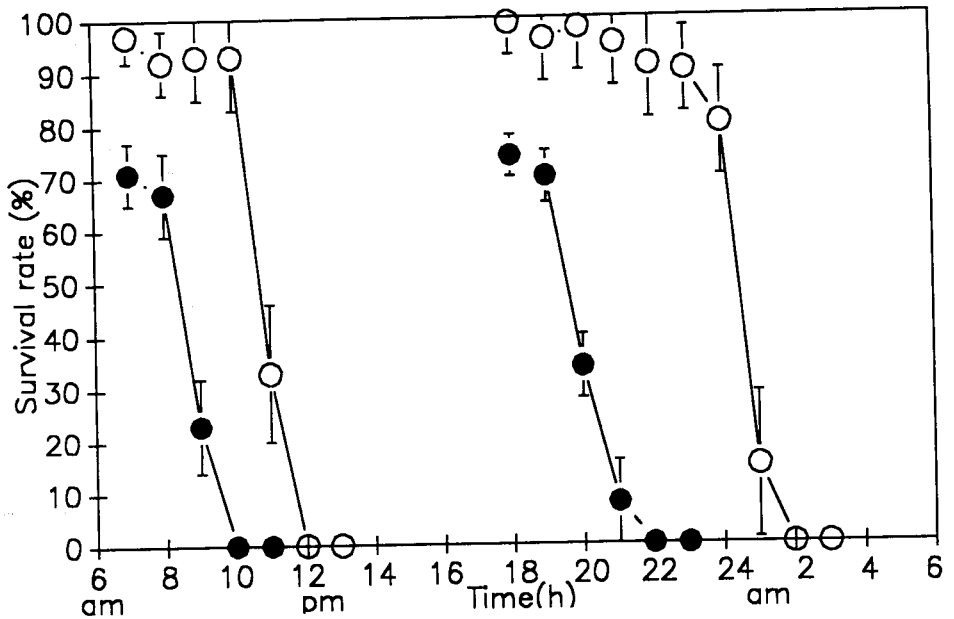
Fig. 5. Effect of UV irradiation on the survival rate of *S. carpocapsae*.



圖六 室溫下儲存溫度對蟲生線蟲存活率及感染力之影響。
 Fig. 6. Survival rate and pathogenicity of *S. carpocapsae* at indicated storage times at room temperature.



圖七 線蟲懸浮液長期儲存對蟲生線蟲存活率之影響。
 Fig. 7. Effect of storage time on the survival rate of *S. carpocapsae* in suspension.



圖八 施用時間及施用方式對蟲生線蟲在葉表存活率之影響。
Fig. 8. Effect of application timing and method on the survival rate of *S. carpocapsae* on the surface of corn leaves. (○—○ dropping, ●—● spraying)

時後兩處理組之線蟲則全數死亡。試驗期間以溫濕度計記錄網室內溫濕度，由此得知網室溫度在 12.5 ~ 23 °C，相對濕度 53% ~ 85%，中午 12:00 ~ 14:00 時溫度最高、相對濕度最低。由此結果顯示，線蟲在植物葉表之存活時間不長，選擇適當之時機及使用方式，可增加線蟲之存活時間，由研究數據可得知在傍晚施用較上午施用線蟲之存活時間為長（圖八）。

討 論

由許多研究報告之結果顯示絕大部分的蟲生線蟲，無法長時間暴露在乾燥的環境下。環境中的相對濕度 100% 時，線蟲可長時間存活 (Schmiege, 1963; Kung *et al.*, 1991)。若暴露在相對濕度 26 ± 4% 的室

內環境中，3 小時後線蟲全數死亡 (Schmiege, 1963)。在不同相對濕度的土壤中亦有類似的情形，Simons and Poinar (1973) 指出在相對濕度為 10.0% 的土壤中，55% 之線蟲存活期僅為 1 天；當相對濕度為 79.5%，90% 之線蟲可存活 12 天。由以上研究報告可知，環境中的相對濕度是限制線蟲活動的主要因子之一。Kung *et al.* (1990) 報告線蟲在 pH 4 ~ 10 的土壤中可存活 16 週，本試驗結果顯示線蟲對環境中 pH 值之忍受範圍亦在 pH 4 ~ 12。可見線蟲對酸鹼度變化的忍耐力較大，因此酸鹼度並非影響線蟲活動的主要因子。

溫度對蟲生線蟲之影響甚多，可影響其在寄主體內的寄生及在體外培養時，幼蟲生長與成熟的速度，成蟲的生殖力、性比例 (Dunphy and Webster, 1986)，感染期 3

齡幼蟲的形成、感染力、致病力、遷移、尋找寄主的能力，以及死亡率等 (Schmiege, 1963)。由文獻記錄得知，蟲生線蟲在 -10°C 的冰原，或在 50°C 的溫泉中均可存活 (Poinar, 1979)。其活動範圍一般在 $10 \sim 30^{\circ}\text{C}$ ，最適溫為 $23 \sim 28^{\circ}\text{C}$ (Kaya, 1977)。Yang et al. (1990) 報告線蟲存在 $15 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 之溫度下具感染能力，並能在寄主體內繁殖。Dunphy and Webster (1986) 在 15 、 20 及 25°C 之溫度條件下測試 *S. carpocapsae* 對大蠟蛾的半數致死濃度 (LC₅₀) 及半數致死時間 (LT₅₀)，結果發現在 25°C 的環境下所得的 LC₅₀ 最低且 LT₅₀ 最短。Boivin and Belair (1989) 在 $8 \sim 26^{\circ}\text{C}$ 的溫度下測定線蟲對胡蘿蔔象鼻蟲 (carrot weevil) 的 LT₅₀，結果亦以 26°C 為最低。Lindgren et al. (1986) 在 7 、 17 及 27°C 的溫度下測定線蟲的呼吸量，結果在 27°C 時測得的呼吸量最大，由此推測在 27°C 溫度下蟲生線蟲的活動力最強。上述 3 篇報告指出之線蟲活動力最強時，均在溫度 $23 \sim 28^{\circ}\text{C}$ 之間，本報告結果亦顯示溫度在 $16 \sim 32^{\circ}\text{C}$ 之間線蟲最具活力。由於台灣地處亞熱帶全年大部分時間之溫度均在 $16 \sim 32^{\circ}\text{C}$ 範圍，因此施用線蟲製劑時溫度並非重要的限制因子。

Gaugler and Boush (1978) 以 254 nm 波長的紫外線照射感染期的 3 齡幼蟲，經過 7 分鐘後線蟲即失去對大蠟蛾的感染力。直接照射日光 60 分鐘，對大蠟蛾的感染力也會迅速降低。但對波長 366 nm 的紫外線則不具感受性。由此報告可知感染期的 3 齡幼蟲對短波紫外線及日照較為敏感。本報告以 254 nm 短波紫外線照射線蟲懸浮液，線蟲因受水溶液之保護，因此照射 18 小時後，線蟲存活率才有下降之趨勢，36 小時後才會全數死亡。*S. carpocapsae* 雖面

對強殺傷力的紫外短波 (254 nm)，但若有少許水的存在，即可能受到極大的保護，目前一般使用懸浮液噴灑或施用於土壤中，不易直接受到陽光中紫外線的照射，故較不致影響線蟲的存活。

由以上論述可知蟲生線蟲對酸鹼度及溫度具有較高的忍受能力。但對於環境中相對濕度則較敏感且忍受力較差，在較低的相對濕度環境下，無法長時間存活。從其構造來探究原因，可知蟲體外圍並無特殊的抗乾旱的組織，即使感染期的 3 齡幼蟲，蟲體外表尚存 2 齡幼蟲的舊表皮，但其保護功能還是有限。故如何強化蟲生線蟲的抗乾旱力，為應用蟲生線蟲發展為生物防治製劑上，極待解決的問題。本試驗結果顯示在 4°C 下，貯存 105 天後尚有線蟲 60% 的存活率。在美國已有利用吸水海綿或以沾附不具化學活性物料的塑膠網，做為儲存線蟲之介質，即可以較小的空間保存較多之線蟲，利於攜帶運輸。因此將蟲生線蟲應用於害蟲防治的工作上，其儲存及攜帶等問題均已克服。且將線蟲配製成懸浮液來施用，是目前較普遍的方法，因為此種方法除可提供線蟲所需之水分及濕度外，由本報告之結果可知其尚有幫助阻隔紫外線之功能。但懸浮液施用於植株地上部容易蒸發，由本試驗結果顯示，在不同時間將線蟲懸浮液噴施於葉表，線蟲存活的時間僅有 $4 \sim 6$ 小時。若有水滴殘留於葉表，則其存活的時間可加長至 $6 \sim 9$ 小時。Glazer and Navon (1990) 在 $24 \sim 28^{\circ}\text{C}$ ， $50\% \sim 70\% \text{RH}$ 的溫室中測試線蟲在豆科植物葉表之存活時間。其結果顯示，4 小時後線蟲的存活率只剩 20%，至 12 小時會全數死亡，本報告與其結果頗為相近。由此可知線蟲在葉面均無法長時間存活。本報告針對此點進行試驗，結果發現選擇適當的施用方式及時間可以增加線蟲的存活時

間。因此，以蟲生線蟲為防治害蟲之生物防治製劑時，除應選擇較適當的施用時間及方式外，最重要的是保護線蟲，使其可有效率之侵入寄主體，達到防治的目的。

誌 謝

本試驗承蒙農委會 81-農建-12.1-糧-18 (26) 計畫補助經費，及美國天普大學張芳男教授提供材料，文成後承台中榮民總醫院教學研究部徐士蘭博士斧正，於此一併誌謝。

參考文獻

- Boivin, G., and G. Belair.** 1989. Infectivity of two strains of *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) in relation to temperature, age and sex of carrot weevil (Coleoptera: Curculionidae) adults. *J. Econ. Entomol.* 82: 762-765.
- Dunphy, G. B., and J. M. Webster.** 1986. Temperature effects on the growth and virulence of *Steinernema feltiae* strains and *Heterorhabditis heliothidis*. *J. Nematol.* 18: 270-272.
- Gaugler, R., and G. M. Boush.** 1978. Effects of ultraviolet radiation and sunlight of the entomogenous nematode, *Neoaplectana carpocapsae*. *J. Invertebr. Pathol.* 32: 291-296.
- Glazer, I., and A. Navon.** 1990. Activity and persistence of entomoparasitic nematodes tested against *Heliothis armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* 83: 1785-1800.
- 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.** 1977. Development of the DD-136 strain of *Neoaplectana carpocapsae* at constant temperature. *J. Nematol.* 9: 346-350.
- Kung, S. P., R. Gaugler and H. K. Kaya.** 1990. Influence of soil pH and oxygen on persistence of *Steinernema* spp. *J. Nematol.* 22:440-445.
- Kung, S. P., R. Gaugler 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).
- Lindgren, J. E., R. E. Rij, S. R. Ross, and D. C. Fuse.** 1986. Respiration rate of *Steinernema feltiae* infective juveniles at several constant temperatures. *J. Nematol.* 18: 221-224.
- Nickle, W. M., and H. E. Welch.** 1984. History, development, and importance of insect nematology. pp. 627-653. in: W. R. Nickle, ed. *Plant and Insect Nematodes*. Academic Press, New York, 925 pp.

- Poinar, G. O., Jr.** 1979. Nematodes for Biological Control of Insects. Academic Press, Berkeley. 277 pp.
- Poinar, G. O., Jr.** 1986. Entomophagous nematode. pp. 95-121. in: G. O. Poinar Jr., ed. Biological Plant and Health Production. Academic G. Fischer Verlag. Fortschritte der Zoologic. Bd. 32 Franz (Hrsg), New York.
- Schmiege, D. C.** 1963. The feasibility of using a neoaplectanid nematode for control of some forest insect pests. J. Econ. Entomol. 56: 427-431.
- Simons, W. R., and G. O. Poinar, Jr.** 1973. The ability of *Neoaplectana carpocapsae* (Steinernematidae: Nematoda) to survive extended periods of desiccation. J. Invertebr. Pathol. 22: 228-230.
- Yang, H., Y. Y. Zhou, and S. G. Zhang.** 1990. Biological studies on an indigenous entomopathogenic nematode, *Steinernema* sp. found in Hebei, China. Chinese J. Biol. Control 6: 13-17.

收件日期：1996年9月25日

接受日期：1997年1月21日

Effects of Environmental Factors on Survival of the Entomopathogenic Nematode, *Steinernema carpocapsae*

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

ABSTRACT

Effects of relative humidity, pH, temperature, and UV irradiation on survival of 3rd stage infective juveniles (IJs) of the entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae*, were investigated in the laboratory. Viability of IJs under different storage times and after spraying a nematode suspension onto leaves was examined based on their survival time. When incubated in phosphate buffer at pH 4-12 for 10 days, the IJs could maintain a 60%-70% survival rate. However, all IJs died when the suspension was adjusted to pH 2. The nematodes maintained a 70% survival rate when cultured at 16-32 °C for 10 days, but they died after 6 h at 35 °C. All nematodes died after continuous exposure to 254 nm UV light for 36 h although the survival rate was slightly reduced when exposed for 14 h. *S. carpocapsae* could survive for 105 days when stored in water at 25 °C, and was still able to infect larvae of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis*. IJs were able to survive for 6-9 h when the nematode suspension was sprayed onto corn leaves.

Key words: *Steinernema carpocapsae*, entomopathogenic nematode, environmental factors