

甜菜夜蛾核多角體病毒紫外線保護劑之效果評估

高穗生 臺灣省農業藥物毒物試驗所 臺中縣霧峰鄉萬豐村中正路 189 號

黃莉欣 臺灣省農業藥物毒物試驗所 臺中縣霧峰鄉萬豐村中正路 189 號

摘要

以分光光譜儀($\lambda=280-330\text{nm}$)測定 101 種保護劑，發現有 26 種單劑吸光良好，再與 9.15×10^4 PIBs/ml 之甜菜夜蛾核多角體病毒(*Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus, SeNPV)懸浮液及展著劑(Bivert)混合測定，篩選出 10 種保護劑。將 SeNPV 懸浮液與展著劑(Bivert)混合處理滿天星(*Gysophila paniculata*)葉片，經 UV 照射不同時間後($\lambda=312\text{nm}$, $1200\mu\text{W}/\text{cm}^2$)，病毒活性明顯降低，UV 照射 10 分鐘後，其原活性殘存率(original activity remaining, %OAR)值為 52.75%，而照射 30 分鐘則更降低至 25% 以下。將篩選出之 10 種保護劑分別與病毒懸浮液及展著劑(Bivert)混合處理滿天星葉片，以 UV 照射 10 分鐘，進行生物檢定，結果以尿酸(uric acid)、葉酸(folic acid)、活性碳(activated carbon)及黃嘌呤(xanthine)四種保護劑對病毒之致病力，具有明顯增強延效作用，其原活性殘存率值分別為 69.52%、58.55%、57.10% 及 50.00%，而其相對效率(relative efficiency)分別為 1.99 倍、1.65 倍、1.44 倍及 1.25 倍，而以尿酸為最佳保護劑。

關鍵詞：甜菜夜蛾、核多角體病毒、保護劑。

Effectiveness of UV Protectants for *Spodoptera exigua* (Hübner) Nuclear Polyhedrosis Virus

Suey-Sheng Kao Biopesticide Department, Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, 189 Chungcheng Road, Wufeng, Taichung Taiwan 413, R. O. C.
Li-Hsin Huang Biopesticide Department, Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, 189 Chungcheng Road, Wufeng, Taichung Taiwan 413, R. O. C.

ABSTRACT

One hundred and one substances were tested in the laboratory as protectants for *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus (SeNPV) against inactivation by UV. Absorbance of these substances was measured using a diode array spectrophotometer at wavelengths ranging from 280 to 330 nm. Twenty-six candidates, showing higher UV absorbance, were incorporated with adjuvant (Bivert) and SeNPV suspension (9.15×10^4 PIBs / ml) for UV spectrophotometric measurements. Leaves of *Gysophila paniculata* were dipped with virus-Bivert-UV protectant-mixtures, air-dried, and were exposed to UV radiation ($\lambda=312\text{nm}$, $1200\mu\text{W}/\text{cm}^2$, 10min) and fed to 4th-instar larvae for bioassay. Results showed that addition of 1% uric acid, 1% activated carbon, 1% folic acid or 1% xanthine to viral suspension provided significant UV protection for SeNPV.

Key words: *Spodoptera exigua*, nuclear polyhedrosis virus, UV protectant.

前 言

甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua* Hubner) 爲雜食性害蟲，爲害植物種類超過30種(陳文雄, 1985)，在臺灣以青蔥、滿天星、康乃馨及落花生之爲害最爲嚴重，農民收益頗受影響，施用化學藥劑頻仍，造成諸多副作用，特別是抗性問題的產生(Poe *et al.* 1973)；因此，生物防治的應用則益形重要。核多角體病毒(Nuclear polyhedrosis virus)對甜菜夜蛾幼蟲的致病力相當高，尤其是初齡幼蟲(Gelernter and Federici, 1986)，核多角體病毒對甜菜夜蛾致病的影響，在一系列的研究報告中(Smits, 1986; Smits and Vlask, 1984, 1987; Smits *et al.* 1988a, b)均發現其對甜菜夜蛾幼蟲之感染率很高。在網室的測試結果也具有良好的防治效果，本系(生物藥劑系)自埔里滿天上罹病蟲隻分離出核多角體病毒於室內試驗結果亦有頗高之致病力，

田間初步噴灑亦見效果良好，故利用核多角體病毒防治甜菜夜蛾，可爲本蟲之防治提供一嶄新的方向。

昆蟲病毒作爲防治害蟲之成功例證，不勝枚舉，其發展爲微生物製劑之潛力亦爲各方所公認；然而，如何能廉價大量製造的困難必須克服外，病毒在田間使用常受到許多環境因子的影響，主要是受到紫外線的破壞，使效果無法充分發揮。故此，如何除去或減少該弊端的發生，以增延昆蟲病毒的效果，爲當務之急。

環境的影響，以日光爲最，關係也最密切，應首先列爲考慮者。依Cantwell (1967)報告，擬尺蠖(*Trichoplusia ni*)之核多角體病毒在日光下直射3小時後，可使蟲體罹病率降低約57%。David (1969)及David *et al.*, (1968)證明經純化的白粉蝶(*Pieris brassicae*)病毒比未經純化之病毒較易受日光照射而失去效力。Morris (1971)分別以日光、紫

外線及³²P線處理Western hemlock looper之病毒，結果顯示以日光影響最大，經140小時照射後死亡率由83%降至10%，而且平均致死時間也比較長。Witt and Stairs (1975)也發現臘蛾(*Galleria mellonella*)病毒受紫外線不活化的影響與紫外線照射時間呈正相關。Teetor and Kramer (1977)指出微孢子蟲(*Octospora muscaedomesticae*)也會受到紫外線及日光的破壞而使孢子數減少，降低黑色綠頭蒼蠅(*Phormia regina*)的罹病率。

為防止日照造成病毒活性的降低，紫外線保護劑的應用則為一良策，Jaques (1971)嘗試由29種物質或混合物中尋求對擬尺蠖核多角體病毒具有保護能力之物質，結果發現墨汁(indian ink)、炭粉(charcoal)、酵母抽出物(yeast extract)等皆可增加病毒對日光的抗性。而代謝產物如尿酸(uric acid)、維生素B如葉酸(folic acid)、染料及一些輔助劑也都相繼被研究證實為良好之紫外線保護劑(Jaques, 1972; Martignoni and Iwai, 1985; Shapiro, 1984, 1985, 1989; Shapiro *et al.*, 1983)。高學文、Rose (1976)也證明將小菜蛾(*Plutella xylostella*)顆粒體病毒混合墨汁施用於田間，具有相當之效果。

紫外線保護劑的保護作用可分為二大類，一為反射作用，一為吸光作用(Shapiro *et al.*, 1983)。本文係針對具吸光作用之保護劑選擇101種，經過二次分光光譜儀(Spectrophotometer)，測定其吸光度，篩選吸光良好之保護劑，進行生物檢定，期望能找出具有良好防護效果之保護劑，以增長其於田間之持效及增加甜菜夜蛾核多角體病毒(*S. exigua* nuclear polyhedrosis virus, SeNPV)對甜菜夜蛾之防治力。

材料與方法

一、甜菜夜蛾大量飼育：

本試驗所供用的甜菜夜蛾係自高雄縣路竹鄉之蔥田中採得蟲源後，以室內半合成人工培養基(表一)飼育幼蟲，繼代培養於25±1°C, 60-65%RH, L:D=12:12之生長箱內。幼蟲化蛹後鑑定雌雄分別置放，羽化成蟲配對於高25公分，徑15公分之塑膠產卵筒(內裹餐巾紙)中，並餵以20%之蜜水(含0.005% Fumagillin)，每日收集之卵片，以3.7% Formalin浸泡60分鐘後，再以清水沖洗20分鐘，可防止NPV之感染而導致蟲體大量死亡。將卵片風乾後置入布丁杯中，俟其孵化再移至人工培養基上飼育。

二、核多角體病毒之製備及寄主植物之栽植：

於埔里滿天星(*Gysophila paniculata*)園中，採得甜菜夜蛾之罹病幼蟲，經室內離心、純化所得之核多角體病毒，接種於室內飼養之四齡幼蟲，罹病之幼蟲蟲體以指形管收集之，並貯存於-20°C，以為爾後試驗病毒之來源。

供試寄主植物為滿天星，以小鉢培育滿天星幼苗於鐵架及塑膠布搭蓋之棚內，定時澆水及管理。

三、保護劑吸光度測定：

表一 甜菜夜蛾之人工飼料配方

Table 1. Composition of the artificial diet for *Spodoptera exigua*

Ingredients	Amount
Flowering bean	200.00g
Yeast	120.00g
Wheat germ	110.00g
L-cysteine	1.20g
Ascorbic acid	1.20g
Sorbic acid	3.00g
Methyl-p-hydroxy-benzoate	3.50g
Streptomycin	0.75g
Propionic acid	14.00ml
Agar	70.00g
Fumagillin	0.12g
Distilled water	2400.00ml

以分光光譜儀(diode array spectrophotometer)設定波長(λ)範圍為280–330 nm, 測定101種保護劑之吸光度(absorbance), 以篩選吸光良好之保護劑。選出之保護劑分別再與含展著劑(Bivert)之病毒懸浮液(9.15×10^4 PIBs / ml)混合後, 各別測定其吸光度, 再篩選出吸光良好之保護劑, 作為供試保護劑。

四、病毒不活化期之測定：

滿天星葉浸入添加展劑Bivert之病毒懸浮液中, 浸泡30秒後取出, 經風乾後, 以波長312nm之紫外線(光照強度 $1200 \mu\text{W} / \text{cm}^2$)照射5、10、15、20、30、40、45、60、90分鐘後, 放置於布丁杯中, 每杯放10片葉片, 並接入四齡初幼蟲20隻, 24小時後更換為人工培養基且單隻飼育, 記錄死亡率至羽化為止。每處理3重覆, 並以原活性殘率(original activity remaining, %OAR)比較病毒受紫外線不活化之影響, 選出適當之照射時間。本試驗重覆三次。

$$\% \text{OAR} = \frac{\text{經UV照射處理後之死亡率}}{\text{未經UV照射處理後之死亡率}} \times 100\%$$

五、病毒加添保護劑之生物檢定：

將添加展著劑Bivert之病毒懸浮液, 分別加入不同保護劑, 均勻混合後, 浸泡滿天星葉片30秒, 取出風乾, 再依(4)之方法在選定的照射時間內, 進行生物檢定, 操作過程同(4)項。以原活性殘存率(%OAR)及相對效率(relative efficiency)比較保護劑之防護效果, 篩選出適當之保護劑, 以為田間施用參考。本試驗重覆四次。

結 果

一、保護劑吸光度之測定：

將101種保護劑以推薦濃度稀釋於水後, 將分光光譜儀之波長設定在280–330nm, 測定各種保護劑之吸光度, 其中有11種蛋白質及其衍生物、1種氨基酸、3種核酸、7種維生素、6種醣類、2種礦物類、8種染料及萃取物、7種農業用藥劑、5種代謝產物、Sun Screen 1種及多種混合物, 總計有101種不同成份及組合之保護劑。以吸光波峰集中於波長280–330nm者視為吸光良好, 故篩選出26種保護劑(表二), 其中包括6種蛋白質及其衍生物、2種核酸、2種維生素、1種醣類、2種礦物類、7種染料及萃取物、3種農業用藥劑、3種代謝產物。將已添加展著劑Bivert, 之病毒懸浮液(9.15×10^4 PIBs / ml), 分別加入業已選出之26種保護劑, 再以分光光譜儀($\lambda = 280\text{--}330\text{nm}$)測定其吸光度, 再選出吸光良好之保護劑, 計有維生素2種、醣類1種、礦物類1種、染料2種、農業用藥劑2種及代謝產物2種等共10種(表三), 作為進一步篩選之對象。

二、病毒不活化期之測定：

將添加展著劑Bivert, 之病毒懸浮液浸泡滿天星葉片, 風乾後, 以波長為312nm, 光照強度為 $1200 \mu\text{W} / \text{cm}^2$ 之紫外線照射不同時間, 由結果顯示, 經紫外線照射10分鐘後, 其致病率降低為原來之52.75%(表四)。

三、病毒加添保護劑之生物檢定：

由10種保護劑之生物檢定結果顯示, 尿酸、葉酸、活性碳及黃嘌呤, 四種保護劑在濃度1%對病毒防護效果較佳, 其原活性殘存率分別為69.52%、58.55%、57.10%、50.00%(表五)。由表中顯示其保護效果以尿酸之1.99倍為最高, 其次為葉酸, 活性碳及黃嘌呤, 分別為1.65倍、1.44倍及1.25倍, 其餘7保護劑之防護效果除Brilliant yellow外, 均低於1.00, 保護效果較差。Nufilm 17之黏稠性較高, 對滿天星葉片不具影響, 但

表二 以分光光譜儀測定紫外線保護劑之吸光度($\lambda=280-330\text{nm}$)

Table 2. Spectrophotometric measurements of various ultraviolet protectants by diode array spectrophotometer($\lambda=280-330\text{nm}$)⁽¹⁾

UV Protectants	Conc. (%)	Absorbances			
		280nm	290nm	320nm	330nm
Protein and its derivatives					
Egg albumin	3	3.620	3.590	2.905	2.702
Skim milk	1	3.590	3.429	2.983	2.836
Yeast	1	4.082	4.022	3.687	3.525
Corn extract	3	3.923	3.667	3.499	3.375
Lima bean extract	3	3.678	3.623	2.786	2.568
Sauce	3	3.730	3.631	3.616	3.573
Nucleic acid					
Guanine	1	4.082	4.101	3.733	3.689
Adenine	1	4.082	2.595	2.130	3.121
Vitamin					
Folic acid	1	3.672	3.593	3.455	2.150
Pyridoxine	1	3.377	3.416	3.489	3.055
Saccharide					
Honey	12.5	3.753	3.577	2.626	2.207
Mineral					
Charcoal	1	3.585	3.595	2.648	2.309
Activated carbon	1	3.916	3.554	3.765	3.587
Stain and colors					
Indian ink	1	3.729	3.728	3.906	3.965
Red ink	1	3.727	3.569	2.903	2.716
Blue ink	1	3.457	3.547	3.631	3.691
Black ink	1	3.614	3.593	3.345	3.310
Methylene blue	0.1	3.683	3.468	3.890	3.815
Brilliant yellow stain	0.1	3.804	3.601	3.495	3.444
Cabbage leaves extract	1	3.758	3.519	2.952	2.694
Agrochemicals					
Nu-film17	1	4.101	3.821	3.625	3.521
Amelosan	0.05	3.778	3.561	3.459	3.386
Ligninesulfonic acid	1	3.739	3.737	3.265	3.215
Metabolic products					
Xanthine	1	2.805	2.999	3.577	3.848
Uric acid	1	3.693	3.984	3.506	3.374

(1) A total of 101 protectants, individually or in combinations were tested. Only those absorbances higher than 2.0 have been listed.

對甜菜夜蛾幼蟲之取食偏好卻有影響。

討 論

一般而言，太陽光照射至地球表面多為

中波長及長波長之輻射光，亦即在紫外線B區(280-310nm)及紫外線A區(320-400nm)內，而紫外線對病毒及其他病原菌的破壞力是眾所皆知，尤以紫外線B區之輻射光對病毒不活化之影響更為重要(David, 1969; David *et al.*

表三 紫外線保護劑經與SeNPV和Bivert混合後，以分光光譜儀測定其吸光度
($\lambda=280-330\text{nm}$)

Table 3. Spectrophotometric measurements of different UV protectants with SeNPV and Bivert by diode array spectrophotometer($\lambda=280-330\text{nm}$)⁽¹⁾

UV protectants +9.15x10 ⁴ PIBs / ml +Bivert	Conc. (%)	Absorbances			
		280nm	290nm	320nm	330nm
Vitamin					
Folic acid	1	3.625	3.037	2.532	2.204
Pyridoxine	1	3.285	3.277	2.384	2.078
Saccharide					
Honey	12.5	3.251	3.138	2.409	2.050
Mineral					
Activated carbon	1	3.665	3.740	3.615	3.630
Stain and colors					
Methyleneblue	0.1	2.687	2.505	2.243	2.097
Brilliant yellow stain	0.1	2.730	2.519	2.546	2.482
Agrochemical					
Nu-film 17	1	3.109	2.892	2.613	2.568
UVinul DS-49	0.025	2.641	2.681	2.748	2.679
Metabolic products					
Xanthine	1	3.665	3.484	3.311	3.311
Uric acid	1	3.461	3.550	2.563	2.548

(1) A total of 26 protectants were tested. Only those absorbances higher than 2.0 have been listed.

表四 甜菜夜蛾核多角體病毒暴露於紫外線照射下($\lambda=312\text{nm}$, $1200\mu\text{m} / \text{cm}^2$)經不同時間後以四齡幼蟲工作物檢定測試其受到之不活化作用

Table 4. Inactivation of SeNPV⁽¹⁾ exposed to UV radiation($\lambda=312\text{nm}$, $1200\mu\text{W} / \text{cm}^2$) at different time intervals bioassayed by 4th-instar larvae⁽²⁾

UV lamp exposure (Minutes)	% OAR ⁽³⁾
NPV(NO UV)	100.00
5	73.20
10	52.75
15	44.91
20	36.70
30	24.21
40	20.74
45	16.10
60	15.18
90	14.22

1. 9.15x10⁴ PIBs / ml in combination with adjuvant(Bivert).
2. Means of three experiments ; 3 replicates per treatment; 20 early 4th-instar larvae per replicate.
3. % Original activities remaining(% OAR)

$$= \frac{\text{NPV-caused larvae mortality post-UV exposure}}{\text{NPV-caused larvae mortality pre-UV exposure}} \times 100\%$$

表五 甜菜夜蛾核多角體病毒在添加不同紫外線保護劑經紫外線照射後所獲保效果之比較。

Table 5. Protection of SeNPV⁽¹⁾ against UV-radiation by different protectants
($\lambda=312\text{nm}$: $1200\mu\text{W} / \text{cm}^2$; 10 mins)^{(2),(3)}

UV protectant	% OAR after ⁽⁴⁾ UV exposure	Relative ⁽⁵⁾ efficiency
SeNPV(Untreated)	100.00 a	—
Se NPV(treated with UV, standard)	42.15 cde	1.00 abc
1% Uric acid	69.52 b	1.99 a
1% Folic acid	58.55 bc	1.65 ab
1% Activated carbon	57.10 bc	1.44 abc
1% Xanthine	50.00 bcd	1.25 bcd
0.1% Brilliant yellow	43.85 cde	1.15 bcd
0.025% UVinul DS-49	34.33 cde	0.87 cd
12.5% Honey	32.21 cde	0.82 cd
1% Nu-film 17	25.68 de	0.58 d
1% Pyridoxine	24.17 e	0.54 d
0.1% Methylene blue	23.56 e	0.55 d

1. 9.15×10^4 PIBs / ml in combination with adjuvant(Bivert).

2. Means of four experiments ; 3 replicates per treatment ; 20 early 4th-instar larvae per replicate.

3. Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P \leq 0.05$, DMRT).

$$4. \% \text{OAR} = \frac{\text{NPV-caused larval mortality post-UV exposure}}{\text{NPV-caused larval mortality pre-UV exposure}} \times 100\%$$

5. Relative efficiency

$$= \frac{\% \text{OAR of SeNPV mixed with different UV protectants}}{\% \text{OAR of SeNPV (standard, treated with UV)}}$$

1968; Jacques, 1967, 1971; Morris, 1971)。因此，本試驗乃以中波長之紫外線(280–330nm)進行測試，發現甜菜夜蛾核多角體病毒在經過波長312nm，光照強度 $1200\mu\text{W} / \text{cm}^2$ 之紫外線照射10分鐘後，其致病力明顯降低(%OAR=52.75%)。在照射30分鐘後，其原活性殘存率值更是降至25%以下。而Terror and Kramer (1977)也發現感染黑色綠頭蒼蠅之微孢子蟲在經過紫外線照射30分鐘後，其孢子數目大量減少，而降低對黑色綠頭蒼蠅之感染率。吉普賽舞蛾(*Lymantria dispar*)核多角體病毒在紫外線照射60分鐘後，

其活性降低約75–80%，亦即其原活性殘存率值約20%(Shapiro *et al.*, 1983)。由以上試驗結果可證實，紫外線的確是引起病毒不活化之重要因子，倘若應用病毒施放於田間防治害蟲時，紫外線造成的殺傷力是必要的考慮因子，故找出保護病毒的物質，以減少病毒受紫外線的破壞，是迫切需要的。

一般紫外線保護劑之特性可分為二大類，第一類之保護劑，由於其物質化學之特性，可將輻射光反射，而達到保護效果，例如氧化鋅、氧化鈦及矽酸鹽等(Shapiro *et al.*, 1983)。Bull *et al.* (1976)利用二氧化鈦

以防護玉米穗蟲(*Heliothis zea*)核多角體病毒免受紫外線之破壞，即為一顯例。第二類保護劑之化學特性是以吸收紫外線之光波來達到保護病毒之效果，而大部份物質均屬此類(Shapiro *et al.*, 1983)。因此，本文乃利用物質吸光之保護原理，以分光光譜儀設定波長範圍280-330nm，測定101種不同成份及組合之物質的光度，篩選出吸光良好之26種保護劑，再將該26種保護劑分別與已添加展著劑Bivert，之病毒懸浮液混合，繼續測定其吸光度，再篩選出吸光良好之保護劑10種，並進行生物檢定，進一步篩選出真正具有保護病毒不受紫外線破壞之保護劑，以提供田間試驗之參考。

10種保護劑經生物檢定的結果顯示，尿酸對病毒受紫外線不活化之影響具有顯著保護效果(相對效率為1.99倍)，其次為葉酸(1.65)、活性碳(1.44)及黃嘌呤(1.25)。Shapiro (1984)以數種代謝產物評估其對吉普賽舞蛾核多角體病毒之保護效果，也認為尿酸的保護效果良好，同樣地，維生素B中之葉酸也被 Shapiro (1985)證實為良好之保護劑，其結果均與本試驗結果相仿。而黃嘌呤在 Shapiro (1984)之報導中認為保護效果不佳，則與本結果相異，可能是病毒種類及展著劑添加與否之差別所致。活性碳之保護效果雖無前人研究來相互印證，但Jaques (1971, 1972)及Shapiro *et al.* (1983)均曾以碳粉進行試驗觀察，也都得到不錯的結果，由此推論及結果證明，活性碳也為一良好之保護劑，但由於易生沈澱，在噴施過程中常易阻塞噴頭是其缺點。Martignoni and Iwai (1985)在紫外線吸收物質的試驗報告中，UVinul DS-49之保護效果不甚顯著，本結果相同。而Jaques (1972)也以Nu-Film進行保護效果試驗，所得結果與本結果相若，均非良好之保護劑。因此，選擇尿酸、葉酸、活

性碳、黃嘌呤四種保護劑，將來在田間再進行保護效果之實際測試。

所篩選出之10種保護劑在進行生物檢定時，發理各保護劑在處理滿天星葉片後，對甜菜夜蛾幼蟲取食偏好有影響，若保護效果良好之保護劑，同時兼具對甜菜夜蛾幼蟲具偏好取食之作用，則該保護劑應用於田間時，除可保護病毒免受紫外線之破壞而延長其致病性外，尚可增加幼蟲對病之攝取量，有關該問題之探討，有待進一步研究剖析之。

誌 謝

本文承農委會補助經費(78農建-7.1-糧-65)，試驗期間復蒙林美雀、洪德惠小姐鼎力協助，使試驗得以順利完成，謹此誌謝。

參考文獻

- 高學文、R. I. Rose。1976。日光照射對於小菜蛾顆粒體病毒之影響以及數種防護劑延效作用效果比較試驗。植保會刊 18: 391-395。
- 陳文雄。1985。甜菜夜蛾之生態研究。臺南改良場學術研討會報告。39-51頁。
- Bull, D. L., R. L. Ridgway, V. S. House, and N. W. Pryor. 1976. Improved formulations of the *Heliothis* nuclear polyhedrosis virus. J. Econ. Entomol. 69: 731-736.
- Cantwell, G. E. 1967. Inactivation of biological insecticides by irradiation. J. Invertebr. Pathol. 9: 138-140.
- David, W. A. L. 1969. The effect of ultraviolet radiation of known wavelengths on a granulosis virus of *Pieris brassicae*. J. Invertebr. Pathol.

14: 336-342.

Daveid, W. A. L., B. O. C. Gardiner,

and M. Woolner. 1968. The effects of sunlight on a purified granulosis virus of *Pieris brassicae* applied to cabbage leaves. *J. Invertebr. Pathol.* 11: 496-501.

Gelernter, W. D., and B. A. Federici.

1986. Isolation, identification and determination of virulence of a nuclear polyhedrosis virus from the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *Environ. Entomol.* 15: 240-245.

Jaques, R. P. 1971. Tests on protectants for foliar deposits of a polyhedrosis virus. *J. Invertebr. Pathol.* 17: 9-16.

Jaques, R. P. 1972. The inactivation of foliar deposits of viruses of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) and tests on protectant additives. *Can. Ent.* 104: 1985-1994.

Martignoni, M. E., and P. J. Iwai. 1985. Laboratory evaluation of new ultraviolet absorbers for protection of douglas-fir tussock moth (Lepidoptera: Lymantriidae) *Baculovirus*. *J. Econ. Entomol.* 78: 982-987.

Morris, O. N. 1971. The effect of sunlight, ultraviolet and gamma radiations, and temperature on the infectivity of a nuclear polyhedrosis virus. *J. Invertebr. Pathol.* 18: 292-294.

Poe, S. L., G. L. Crane, and D. Cooper, 1973. Bionomics of *Spodoptera exigua*

(Hubner), the beet armyworm in relation to floral crops. *Proc. Trop. Reg. Amer. Soc. Hort. Sci.* 178: 389-396.

Shapiro, M. 1984. Host tissues and metabolic products as ultraviolet screens for the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) nucleopolyhedrosis virus. *Environ. Entomol.* 13: 1131-1134.

Shapiro, M. 1985. Effectiveness of B vitamins as UV screens for the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) nucleopolyhedrosis virus. *Environ. Entomol.* 14: 705-708.

Shapiro, M. 1989. Congo red as an ultraviolet protectant for the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) nuclear polyhedrosis virus. *J. Econ. Entomol.* 82: 548-550.

Shapiro, M., P. P. Agin, and R. A. Bell. 1983. Ultraviolet protectants of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) nucleopolyhedrosis virus. *Environ. Entomol.* 12: 982-985.

Smits, P. H. 1986. Calculations on the intake of polyhedra by beet armyworm larvae feeding on virus sprayed chrysanthemums. pp. 145-146. *in* R. A. Samson, D. Peters, and J. M. Vlak, eds. *Fundamental and applied aspects of invertebrate pathology.* Foundation ICIP 86, Wageningen, The Netherlands.

Smits, P. H., and J. M. Vlak. 1988a. Selection of nuclear polyhedrosis viruses as biological control agents

- of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). Entomophaga 33: 299-308.
- Smits, P. H., and J. M. Vlask.** 1988b. Biological activity of *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus against *Spodoptera exigua* larvae. J. Invertebr. Pathol. 51: 107-114.
- Smits, P. H., R. von Schomberg, M. van de Vrie, and J. M. Vlask.** 1984. Production of a nuclear polyhedrosis virus in larvae of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hbn) (Noctuidae). Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent. 49 / 3a: 867-873.
- Smits, P. H., M. van de Vrie, and J. M. Vlask.** 1987. Nuclear polyhedrosis virus for control of *Spodoptera exigua* larvae on glasshouse crop. Entomol. Exp. Appl. 43: 73-80.
- Terror, G. E., and J. P. Kramer.** 1977. Effect of ultraviolet radiation on the microsporidian *Octospora muscaedomesticae* with reference to protectants provided by the host *Phormia regina*. J. Invertebr. Pathol. 30: 348-353.
- Witt, D. J., and G. R. Stairs.** 1975. The effects of ultraviolet irradiation on a *Baculovirus* infecting *Galleria mellonella*. J. Invertebr. Pathol. 26: 321-327.

收件日期：1992年1月6日

接受日期：1992年3月9日