

食用玉米主要發生蟲害管理策略之探討¹

黃秀雯²

摘 要

黃秀雯。2025。食用玉米蟲害管理策略之探討。臺南區農業改良場研究彙報 85：67-77。

本研究針對食用玉米 (*Zea mays*) 發生之蟲害，採用不同防治策略進行效果評估，其中，玉米重要的蟲害包括秋行軍蟲 (*Spodoptera frugiperda*)、亞洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis*) 及玉米薊馬 (*Frankliniella williamsi*)，其中玉米薊馬可傳播玉米褪綠斑駁病毒 (Maize chlorotic mottle virus, MCMV)。本試驗在玉米的不同生育期進行蟲害防治計四次，分別為幼苗期 ($V_4 \sim V_5$)、輪生初期 ($V_5 \sim V_6$ 和 $V_6 \sim V_7$)、輪生中後期 ($V_{14} \sim V_{15}$)。防治資材為賜諾特 (Spinetoram) 和蘇力菌 (*Bacillus thuringiensis*, BT) 混合柑橘精油 (Orange oil)。本試驗計採用五種不同防治處理，分別為：S 組四次防治均使用賜諾特；BO 組四次均使用蘇力菌混合柑橘精油；SB1 組第一、二次使用賜諾特，第三、四次使用蘇力菌混合柑橘精油；SB2 組在第一、三次使用賜諾特，第二、四次使用蘇力菌混合柑橘精油；CK 組則四次均噴水。試驗結果顯示，在整個防治期間 ($V_5 \sim R_1$)，賜諾特處理組 (S、SB1、SB2) 防治秋行軍蟲效果顯著優於蘇力菌混合柑橘精油處理組 (BO) 和對照組 (CK)。各處理組間玉米薊馬的發生無顯著差異，且試驗期間未發現感染 MCMV 之病毒株。玉米螟在玉米的栽培全期幾乎未發生，僅在 S 組的一植株上發現一隻玉米螟。防治期間 ($V_5 \sim R_1$) 以秋行軍蟲平均發生率最低的 S 與 SB1 處理組之單穗重最高。採 SB1 處理相較於 S 處理，可減少 50% 的化學藥劑用量，此管理策略符合我國推動農藥十年減半的政策，亦可改善農產品食安問題。

現有技術：秋行軍蟲的推薦藥劑包括賜諾特與蘇力菌，柑橘精油用於防治小型害蟲。

創新內容：化學農藥與非化學資材的輪用，與僅使用化學農藥防治蟲害，兩種策略可達到相似的防治效果。

對產業影響：化學農藥與非化學資材的輪用可減少農藥用量，降低藥劑殘留風險，符合我國推動農藥風險十年減半的政策，以改善農產品食安問題。

關鍵字：食用玉米、秋行軍蟲、玉米薊馬、蘇力菌

接受日期：2024 年 11 月 21 日

1. 農業部臺南區農業改良場研究報告第 583 號。

2. 農業部臺南區農業改良場助理研究員。712009 臺南市新化區牧場 70 號。

前 言

我國食用玉米 2023 年種植面積約 14,476 公頃，其中雲林、嘉義與臺南分別佔 50.3%、10.4%、13.0% 的栽培面積⁽³⁾。南部地區田間最常見的病蟲害包括秋行軍蟲、亞洲玉米螟、玉米薊馬、以及玉米薊馬傳播的 MCMV。秋行軍蟲於 2019 年入侵我國後⁽⁴⁾，成為玉米上最主要的優勢種害蟲，在玉米苗期即可見秋行軍蟲初齡幼蟲的食痕，待植株逐漸長大，3 ~ 4 齡幼蟲躲藏於心葉取食，若植株生長點被破壞，玉米將無法正常開花顯著影響產量。玉米螟初齡幼蟲取食葉肉，幼蟲逐漸長大後蛀食莖部，受害玉米於莖部有圓形蟲孔明顯可見，開花結果穗時則取食花穗與果穗。玉米薊馬是玉米上重要的媒介昆蟲，會傳播 MCMV，造成葉片顏色呈黃綠斑駁，嚴重時導致植株矮化、褐化枯死，果穗無法結實而影響產量⁽¹⁾。國內的食用玉米發生之病蟲害，主要以化學藥劑防治管理，但是用藥不當則容易有農藥殘留的風險，或引起抗藥性而使害蟲更不易防治⁽²⁷⁾。若以生物性農藥或友善資材取代部分化學農藥，相當值得進行評估其的管理效益，且若在近採收期使用，將可有效避免藥劑殘留。蘇力菌結晶毒蛋白專一性高，對非標的生物無害，主要針對蛾類幼蟲能有效防治，且無藥劑殘留問題⁽³²⁾。柑橘精油也是具防治小型昆蟲潛力的友善資材^(2,29,31)。蘇力菌與油劑 (spray oil) 的混合可增加防治害蟲的效果^(20,22)。本試驗主要於玉米生育至開花抽穗前，以化學藥劑與友善非農藥資材之搭配等不同處理進行四次蟲害防治試驗，探討化學藥劑 (賜諾特) 與友善資材 (蘇力菌與柑橘精油) 的防治成效，並進行探討如何輪用可達較理想的防治效果。

材料與方法

一、試驗玉米品種

甜玉米華珍 2 號。

二、種植時間與試驗地點

2021 年 3 月 3 日播種，5 月 19 日採收，種植於臺南區農業改良場試驗田。

三、田間試驗防治資材

試驗均使用蛾類核准登記藥劑⁽⁶⁾，試驗藥劑之普通名、有效成分、施用倍數、出品公司分別為：11.7% 賜諾特水懸劑、3,000 倍、臺灣道禮股份有限公司；54% 鮎澤蘇力菌 NB-200 水分散性粒劑、1,000 倍、臺灣住友化學股份有限公司。免登記防治資材柑橘精油可應用於防治蛾類與薊馬^(16,29)，柑橘精油 (威得喜®)、1,000 倍、嘉昕生物科技有限公司。

四、田間試驗設計

田區採逢機完全區集 (Randomized Complete Block Design, RCBD) 設計，種植行距 80 公分，株距 25 公分。共 5 種不同處理 (S、BO、SB1、SB2、CK) (表 1)，每處理噴施 30 株，共進行 4 重複。

五、防治時期

(一) 幼苗期 ($V_4 \sim V_5$)：3 月 18 日播種後的第 15 天 (days after sowing, 15 DAS) 進行第一次防治。

(二) 輪生初期 ($V_5 \sim V_6$)：3 月 29 日，為播種後第 26 日，進行第二次防治 (26 DAS)。

(三) 輪生初期 ($V_6 \sim V_7$)：4 月 8 日，為播種後第 36 日，進行第三次防治 (36 DAS)。

(四) 輪生中後期 ($V_{14} \sim V_{15}$)：4 月 22 日，為播種後第 50 日，進行第四次防治 (50 DAS)。

六、試驗處理

(一) S：4 次皆以賜諾特防治。

(二) BO：4 次皆以蘇力菌混合柑橘精油防治。

(三) SB1：第一、二次 ($V_4 \sim V_5$, $V_5 \sim V_6$) 施用賜諾特，第三、四次 ($V_6 \sim V_7$, $V_{14} \sim V_{15}$) 施用蘇力菌混合柑橘精油。

(四) SB2：第一、三次 ($V_4 \sim V_5$, $V_6 \sim V_7$) 施用賜諾特，第二、四次 ($V_5 \sim V_6$, $V_{14} \sim V_{15}$) 施用蘇力菌混合柑橘精油。

(五) CK：4 次皆噴水防治。

七、調查方式

依動植物防疫檢疫署訂定秋行軍蟲防治基準之監測方式⁽⁴⁾進行調查，於田區選取 3 ~ 5 行，每行貫穿田區，於田區調查並記錄每一株玉米是否受秋行軍蟲為害，並記錄其受害率 (Damage rate)，受害率 (%) = (受害株數 / 總調查株數) $\times$ 100。本試驗採用受害率 (%) 方式記錄，每次防治前分別於田間調查並記錄玉米薊馬、秋行軍蟲、玉米螟的發生。不同之防治處理於試驗田均噴施 30 株，隨機調查其中 10 株蟲害之發生，並記錄其受害率，最後一次調查為第四次噴藥後第 11 天之開花吐絲期 ($V_T \sim R_1$, 61 DAS)。

八、果穗品質分析

5 月 19 日採收果穗 (77 DAS)，試驗田每種防治處理之 30 株，隨機調查 10 株之單果穗，記錄單穗重量 (去苞葉)、可溶性固形物 (甜度計 Atago, N-3E) 與計算玉米粒排數。

九、統計分析

植株受害率 (x) 以 arcsin 轉換 ($\sin^{-1} \sqrt{x}$)，穗重、甜度與玉米粒排數之數據不轉換，數據進行 ANOVA 統計，若呈顯著差異再以最小顯著差異法 (Fisher's protected least significant difference, LSD) ($P = 0.05$) 分析。數據以 SPSS 12.0 軟體進行統計。

結果與討論

首次防治之前的幼苗期 ($V_1 \sim V_4$)，即玉米播種後的第 15 天 (15 DAS)，約 65% 以上植株可見秋行軍蟲與玉米薊馬，此階段秋行軍蟲初齡幼蟲群聚危害，取食葉片呈薄膜狀 (表 1、圖 1)。在輪生初期 ($V_5 \sim V_6$)，群聚的秋行軍蟲幼蟲逐漸分散，食量變大，食痕亦擴大，第一次防治後，以賜諾特處理組 (S、SB1、SB2) 相較於蘇力菌混合柑橘精油 (BO) 與噴水 (CK)，害蟲發生率較低。輪生初期 ($V_6 \sim V_7$)，多數秋行軍蟲幼蟲已分散，單株玉米通常棲息 1 至 2 隻幼蟲取食心葉，心葉有明顯蟲糞。第二次防治後，S 與 SB1 較其它處理組害蟲發生率低。輪生中後期 ($V_{14} \sim V_{15}$)，此階段玉米生長快速，第 3 次防治後，目測可見賜諾特處理組 (S、SB1、SB2) 大致生長良好，無明顯秋行軍蟲被害狀。第四次防治後植株進入開花吐絲期 ($V_T \sim R_1$)，因葉片老化，幼蟲轉而危害玉米穗，直至水泡期 (R_2 , blister) 採收果穗。綜觀整個防治期間 ($V_5 \sim R_1$) 的植株受害率，第一次防治後 11 天 (3 月 29 日)，至第四次防治後

11 天 (5 月 3 日)，以賜諾特的處理組 (S、SB1、SB2) 植株受害率明顯較低，分別為 0.34、0.36、0.40，防治效果最顯著，而蘇力菌混合柑橘精油 (BO) 處理之效果次之，受害率為 0.62 (表 1、圖 1)。

玉米之不同生長階段，半數以上植株皆可發現薊馬，在水泡期因葉片組織老化與玉米穗漸成熟，薊馬族群移至它處尋找幼嫩植物組織，愈接近採收期，薊馬族群愈趨下降，整個玉米生長期來看，不同處理間的薊馬發生無顯著差異 (表 1、圖 2)。薊馬的重要性為傳播 MCMV，此次田間試驗並未發現任何 MCMV 病毒株。開花吐絲期 ($V_T \sim R_1$)，賜諾特處理組 (S)，有發現一隻玉米螟，是此次試驗唯一一次發現玉米螟。

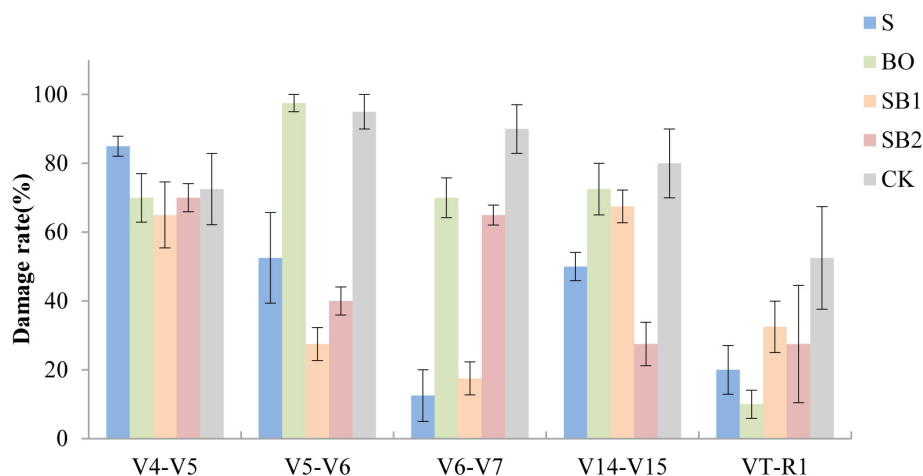


圖 1. 玉米田不同處理試驗秋行軍蟲造成的植株受害率 (%)

Fig. 1. Damage rate caused by *Spodoptera frugiperda* (Mean $\pm$ SE) under various treatments in maize field

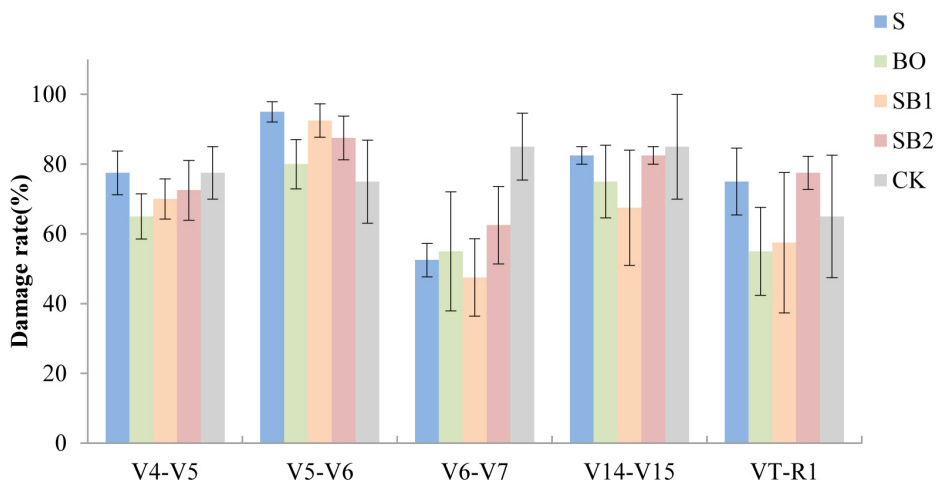


圖 2. 玉米田不同處理試驗玉米薊馬造成的植株受害率 (%)

Fig. 2. Damage rate caused by *Frankliniella williamsi* (Mean $\pm$ SE) under various treatments in maize field

表 1. 玉米上秋行軍蟲與玉米薊馬之防治試驗

Table 1. Experiment on the control of *Spodoptera frugiperda* and *Frankliniella williamsi* in maize field

Growth stage	V ₄ ~ V ₅	V ₅ ~ V ₆	V ₆ ~ V ₇	V ₁₄ ~ V ₁₅	V _T ~ R ₁	V ₅ ~ R ₁
Days after sowing (Date)	15 (18-Mar)	26 (29-Mar)	36 (8-Apr)	50 (22-Apr)	61 (3-May)	—
Treatment	Products applied					
S	Spinetoram	Spinetoram	Spinetoram	Spinetoram	—	—
BO	BT + orange oil	BT + orange oil	BT + orange oil	BT + orange oil	—	—
SB1	Spinetoram	Spinetoram	BT+orange oil	BT+orange oil	—	—
SB2	Spinetoram	BT+orange oil	Spinetoram	BT+orange oil	—	—
CK	Water	Water	Water	Water	—	—
Treatment	Damage rate (%)					
<i>Spodoptera frugiperda</i>						
S	85.0 ± 02.9 *	52.5 ± 13.1 b	12.5 ± 7.5 a	50.0 ± 04.1 a	20.0 ± 07.0 ab	33.8 ± 6.0 c
BO	70.0 ± 07.1 a	97.5 ± 02.5 a	70.0 ± 5.8 b	72.5 ± 07.5 b	10.0 ± 04.1 a	62.5 ± 8.6 b
SB1	65.0 ± 09.6 a	27.5 ± 04.8 c	17.5 ± 4.8 a	67.5 ± 04.8 ab	32.5 ± 07.5 ab	36.3 ± 5.5 c
SB2	70.0 ± 04.1 a	40.0 ± 04.1 bc	65.0 ± 2.9 b	27.5 ± 06.3 c	27.5 ± 17.0 ab	40.0 ± 5.8 c
CK	72.5 ± 10.3 a	95.0 ± 05.0 a	90.0 ± 7.1 c	80.0 ± 10.0 b	52.5 ± 14.9 b	79.4 ± 6.2 a
<i>Frankliniella williamsi</i>						
S	77.5 ± 6.3 a	95.0 ± 02.9 a	52.5 ± 04.8 ab	82.5 ± 02.5 ab	75.0 ± 09.6 a	76.3 ± 4.7 a
BO	65.0 ± 6.5 a	80.0 ± 07.1 a	55.0 ± 17.1 ab	75.0 ± 10.4 ab	55.0 ± 12.6 a	66.3 ± 6.3 a
SB1	70.0 ± 5.8 a	92.5 ± 04.8 a	47.5 ± 11.1 a	67.5 ± 16.5 a	57.5 ± 20.2 a	66.3 ± 7.7 a
SB2	72.5 ± 8.5 a	87.5 ± 06.3 a	62.5 ± 11.1 ab	82.5 ± 02.5 ab	77.5 ± 04.8 a	77.5 ± 3.9 a
CK	77.5 ± 7.5 a	75.0 ± 11.9 a	85.0 ± 09.6 b	85.0 ± 15.0 b	65.0 ± 17.6 a	77.5 ± 6.6 a

同一欄中的不同字母表示經由 Fisher's protected LSD 分析 (P < 0.05) 呈現顯著差異。

* Means (± SE) within a column followed by different letters represent a significant difference (P < 0.05) by Fisher's protected LSD test.

依防檢署建議秋行軍蟲防治基準⁽⁴⁾，幼苗期至輪生中期(5 ~ 40 DAS)、輪生後期至抽穗前期(40 ~ 55 DAS)、抽穗期至果實期(55 ~ 70 DAS)，各時期植株受害率分別達 10%、20%、10%時，啟動防治作業。防檢署建議賜諾特使用方式⁽⁶⁾，於玉米播種後 25 ~ 35 天(25 ~ 35 DAS)，發現幼蟲時開始施藥，隔 10 天施藥 1 次，連續 2 次；於 50% 雄花抽穗時開始施藥，隔 10 天施藥 1 次，連續 2 次，全期計施藥 4 次。國外文獻⁽¹¹⁾指出，玉米植株在不同生長階段對害蟲危害的忍受程度差異大，植株在苗期、輪生初期與抽穗期前最容易受害^(18,26)。相較於防治的次數，防治時機的擬定更為重要⁽¹⁴⁾。在玉米的早期營養生長期，保護玉米不受害蟲危害可獲得最佳產量⁽³⁴⁾。早期發現，早期防治非常重要，秋行軍蟲 1~3 齡幼蟲較易防治，造成的傷害程度亦較低^(19,25)。本試驗的各防治時機($V_4 \sim V_5$ ， $V_5 \sim V_6$ ， $V_6 \sim V_7$ ， $V_{14} \sim V_{15}$)，植株受害率皆達防治基準之上，第一次防治於玉米播種後的第 15 天(15 DAS)，早於建議的玉米播種後的第 25 ~ 35 天(25 ~ 35 DAS)⁽⁶⁾，因 15 DAS 植株受害率已達 65% 以上，須即時防治。賜諾特施藥建議⁽⁶⁾間隔為 10 天，蘇力菌為 7 天，本試驗 4 次施藥間隔分別為 11、10、14 天，為防範害蟲避免擴大，施藥間隔應可評估調整為 7 至 10 天。

國外文獻⁽⁹⁾記錄，在墨西哥以賜諾特、陶斯松、蘇力菌防治秋行軍蟲，結果顯示賜諾特僅施用一次，陶斯松、蘇力菌須施用三次，果穗品質以賜諾特防治效果最佳。賜諾特對於秋行軍蟲的防治效果優於蘇力菌^(7,12)，但也有秋行軍蟲對賜諾特產生抗藥性的情況⁽¹⁵⁾，並與賜諾特產生交叉抗性⁽²³⁾。在蟲害嚴重的情形下，為了儘速防治害蟲，亦有研究人員建議⁽¹⁰⁾以化學農藥進行即時的控制，但同時須考量化學農藥的侷限性，整合性防治的應用相當重要，如輪用殺蟲劑、使用生物性農藥(Biorational-selective insecticides)⁽⁷⁾、其它物理性與生物防治等^(10,21)。儘管合成殺蟲劑對秋行軍蟲具一定程度的成效，但納入微生物製劑與具殺蟲效果的植物萃取物亦應考量，此方式可提供安全與更環保的管理策略⁽²⁸⁾。例如：植物精油的應用，橙皮精油和檸檬烯(Limonene)防治蛾類幼蟲，為具潛力替代農藥的方法⁽¹⁶⁾，植物精油對環境友善，有利於解決秋行軍蟲抗藥性問題⁽⁸⁾。本試驗以蘇力菌混合柑橘精油，增強防治害蟲的效果，當此方式與賜諾特交替使用(SB1、SB2)，與單純使用化學農藥賜諾特處理(S)，有相似的防治成效。本試驗觀察四次防治期間($V_5 \sim R_1$)植株受害率，單純以蘇力菌混合柑橘精油(BO)的防治效果與對照組相同，國外報告建議⁽³⁰⁾在蘇力菌中添加佐劑，以增加市售蘇力菌毒力，例如加入硝酸鈉(Sodium nitrate)可使秋行軍蟲最大死亡率提高至 82.2%，然而此建議仍需在國內栽培環境中進行試驗評估。

整個蟲害防治期間($V_5 \sim R_1$)，賜諾特處理(S)與賜諾特與蘇力菌混合柑橘精油處理(SB1)之平均秋行軍蟲發生率(%)最低，分別為 33.8 ± 6.0 與 36.3 ± 5.5 (表 1)，單穗重亦最佳(表 2)，表示 S 與 SB1 的幼苗期($V_4 \sim V_5$)與輪生初期($V_5 \sim V_6$)以化學農藥防治，果穗品質單穗重優於全期以非化學防治(BO)與對照組(CK)。文獻指出當 20% 或更多的玉米受到秋行軍蟲危害時，產量損失可達 17%，葉片損傷程度越低，玉米產量越高⁽³⁰⁾。隨著每株玉米上秋行軍蟲幼蟲數量的增加，葉片取食損傷、受損雄花與果穗的百分比亦隨之增加⁽¹⁷⁾，然而文獻中並未指出昆蟲的危害是否造成甜度差異。果穗甜度最高 SB2 與最低 SB1 分別為 11.7 ± 0.1 與 9.9 ± 0.5 Brix° (表 2)，然而整個防治期間($V_5 \sim R_1$)兩者秋行軍蟲發生率並無顯著差異(表 1)。國外文獻⁽³³⁾說明玉米的生長受到土壤肥力、供水和施肥效率影響，而間接影響甜度的表現。研究指出在玉米輪生後期，當秋行軍蟲密度低至 0.2 ~ 0.8 隻/株，可能足以使產量減少 5 ~ 20%，相較於輪生中期($V_6 \sim V_9$)與早期($V_1 \sim V_6$)，在輪生晚期($V_9 \sim R_1$)蟲害的防治可有更高的產量與減少果穗被害的比例⁽²⁴⁾。本研究中玉米粒排數(果穗被害

程度)皆無顯著差異,所有處理皆從幼苗期防治到輪生後期,即便對照組與處理組間玉米粒排數無顯著差異,不過對照組單穗重量為最低(表2)。本試驗中秋行軍蟲的發生對果穗的影響,主要造成單穗重有所差異,秋行軍蟲發生率最低的S與SB1處理組,單穗重表現最佳。

表 2. 玉米蟲害防治試驗之果穗品質分析

Table 2. Analysis of ear quality of maize in pest control trials

Treatments	Fresh ear wt. (g)	Sugar content (Brix°)	Raw no. per ear
S	210.9 ± 2.2 a	10.5 ± 0.7 ab	13.2 ± 0.1 a
BO	189.6 ± 1.2 b	10.6 ± 0.6 ab	12.9 ± 0.2 a
SB1	207.3 ± 2.7 a	9.9 ± 0.5 b	13.2 ± 0.2 a
SB2	201.0 ± 7.2 ab	11.7 ± 0.1 a	13.4 ± 0.3 a
CK	187.4 ± 7.0 b	11.1 ± 0.7 ab	12.9 ± 0.2 a

同一欄中的不同字母表示經由 Fisher's protected LSD 分析 ($P < 0.05$) 呈現顯著差異。

* Means ($\pm$ SE) within a column followed by different letters represent a significant difference ($P < 0.05$) by Fisher's protected LSD test.

害蟲的防範,相較於栽培後期的防治,早期發現,早期防治可確保有良好產量⁽³⁴⁾。四次蟲害防治期間 ($V_5 \sim R_1$), S 與 SB1 處理,前兩次以化學農藥噴灑,從輪生初期到開花吐絲期之期間平均秋行軍蟲發生率最低(表1),單穗重也最高(表2),表示 SB1 處理化學農藥與生物農藥(混合友善資材)的輪用,為值得採用的管理策略。若依據本試驗總防治次數四次,前兩次以化學藥劑防治,後兩次以生物農藥(SB1),相較於四次皆使用化學藥劑賜諾特(S),輪用資材可減少 50% 的化學藥劑用量,此處理之管理策略符合我國推動農藥十年減半的政策⁽⁵⁾,亦可提升食品的安全性,改善農產品的食安問題。

結 論

綜觀整個玉米防治期間 ($V_5 \sim R_1$) 之植株受害率,以賜諾特處理組(S、SB1、SB2)防治秋行軍蟲的效果優於蘇力菌混合柑橘精油處理組(BO)和對照組(CK)。不同處理間的薊馬發生無顯著差異。秋行軍蟲發生率最低的S與SB1,單穗重最高。表示SB1前兩次以化學藥劑防治,後兩次以生物農藥,相較於四次皆使用化學藥劑賜諾特(S),化學農藥與生物農藥(混合友善資材)的輪用,可減少 50% 的化學藥劑用量,為值得採用的管理策略,此策略符合我國推動農藥風險十年減半的政策,以改善農產品食安問題。

致 謝

本研究由 110 農科-5.3.2-南-N1 計畫經費支持,承蒙梁民杰、林宇盛、陳奐宇先生、莊孟華女士協助試驗,嘉義大學林明瑩老師提供報告修改建議,一併致上衷心謝忱。

引用文獻

1. 周建銘、林鳳琪、鄧汀欽、簡伊萱、陳君弢、陳怡如、蔡錦慧、黃秀雯。2015。玉米褪綠斑駁病毒病害流行及傳播模式研究。臺灣新浮現之重要作物病害及其防治研討會專刊。31-42。
2. 黃秀雯、張淳淳、林宇盛、李兆彬。2023。溫室小果番茄病蟲害整合性管理之經濟效益評估。臺南區農業改良場研究彙報 81：45-62。
3. 農業部。2023。農業統計資料查詢。<https://agrstat.moa.gov.tw/sdweb/public/inquiry/InquireAdvance.aspx>。
4. 農業部動植物防疫檢疫署。2023。秋行軍蟲專區。<https://faw.aphia.gov.tw/ws.php?id=19480>。
5. 農業部動植物防疫檢疫署。2024。化學農藥風險十年減半政策。<https://www.aphia.gov.tw/ws.php?id=21410>。
6. 農業部動植物防疫檢疫署。2024。農藥資訊服務網。<https://pesticide.aphia.gov.tw/information/Data/NewsLast>。
7. Ahissou, B. R., W. M. Sawadogo, G. T. Dabire, F. C. Kambire, A. H. Bokonon-Ganta, I. Somda and F. Verheggen. 2022. Susceptibility of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) to microbial and botanical bioinsecticides and control failure likelihood estimation. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 26: 136-143.
8. Altaf, N., M. I. Ullah and M. Arshad. 2024. The chemical composition and biological activities of plant essential oils against *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Plant Dis. Prot.* 131: 705-717.
9. Amezcua-Urtiz, L. G., L. T. Fuentes-Guardiola, J. M. Gutierrez-Campos, J. C. Sanchez-Rangel, H. A. Hernandez-Ortega and J. E. Castrejon-Antonio. 2023. Eficacia insecticida de spinetoram, *Bacillus thuringiensis* Berliner y clorpirifos contra *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) en maíz. *Av. Investig. Agropecu.* 27(1): 208-218.
10. Bista, S., M. K. Thapa and S. Khanal. 2020. Fall armyworm: menace to nepalese farming and the integrated management approaches. *Int. J. Environ. Agric. Biotechnol.* 5(4): 1011-1018.
11. Buntin, G. D. 1986. A review of plant response to Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), injury in selected field and forage crops. *Fla. Entomol.* 69: 549-559.
12. Cheema, H. K., J. Jindal, N. Aggarwal, S. Kumar and U. Sharma. 2021. Insecticidal management of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) on grain and fodder maize in Punjab. *Pestic. Res. J.* 33(1): 72-77.
13. Cruz, I. and F. T. Turpin. 1983. Yield impact of larval infestations of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to midwhorl growth stage of corn. *J. Econ. Entomol.* 76(5): 1052-1054.
14. Dal Pogetto, M. H. F. A., E. P. Prado, M. J. Gimenes, R. S. Christovam, D. T. Rezende, H. O. Aguiar-Junior and S. I. A. Costa. C. G. Raetano. 2012. Corn yield with reduction of insecticidal sprayings against Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Agron.* 1:

- 17-21.
15. Dourado, P. M. 2009. Resistencia de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) a spinosad no Brasil. PhD thesis, Universidade de São Paulo.
16. Duran Aguirre, C. E., D. Pratissoli, A. P. Damascena, J. Romario de Carvalho and L. M. de Araujo Junior. 2024. Lethal and sublethal effects of *Citrus aurantium* and *Citrus sinensis* essential oils and their major component limonene on *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Essent. Oil Bear. Plants. 27(3): 838-848.
17. Ghidui, G. M. and G. E. Drake. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) damage relative to infestation level and stage of sweet corn development. J. Econ. Entomol. 82(4): 1197-1200.
18. Gross, H. R. Jr., J. R. Young and B. R. Wiseman. 1982. Relative susceptibility of a summer-planted dent and tropical flint corn variety to whorl stage damage by the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol. 75: 1153-1156.
19. Hardke, J. T., J. H. Temple, B. R. Leonard and R. E. Jackson. 2011. Laboratory toxicity and field efficacy of selected insecticides against fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). Fla. Entomol. 94: 272-278.
20. Hazzard, R., B. Schultz, E. Groden, E. Ngollo and E. Seidlecki. 2003. Evaluation of oils and microbial pathogens for control of lepidopteran pests of sweet corn in New England. J. Econ. Entomol. 96(6): 1653-1661.
21. Horowitz, A. R., C. Guzmán, D. Sadeh, L. L. Mondaca, R. Shi and S. Sarig. 2022. Insecticide resistance management for fall armyworm in maize fields of Israel. Agrofor Int. J. 7(2): 95-101.
22. Khyami-horani, H. and M. Ateyyat. 2002. Efficacy of jordanian isolates of *Bacillus thuringiensis* against the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae). Int. J. Pest Manag. 48: 297-300.
23. Lira, E. C., A. Bolzan, A. R. Nascimento, F. S. Amaral, R. H. Kanno, I. S. Kaiser and C. Omoto. 2020. Resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to spinetoram: inheritance and cross resistance to spinosad. Pest Mana. Sci. 76(8): 2674-2680.
24. Marengo, R. J., R. E. Foster and C. A. Sanchez. 1992. Sweet corn response to fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) damage during vegetative growth. J. Econ. Entomol. 85(4): 1285-1292.
25. McGrath, D., J. E. Huesing, R. Beiriger, G. Nuessly, T. G. Tepa-Yotto, D. Hodson, E. Kimathi, F. Elias, J. A. Obaje and M. Mulaa. 2018. Monitoring, surveillance, and scouting for fall armyworm. In Fall Armyworm in Africa: A Guide for Integrated Pest Management; Prasanna, B., Huesing, J. E., Eddy, R., Peschke, V. M., Eds.; CDMX/CIMMYT: Mexico City, Mexico.
26. Morril, W. L. and G. L. Greene. 1974. Survival of fall armyworm larvae and yields of field corn after artificial infestations. J. Econ. Entomol. 67: 119-123.
27. Negrisoli, A. S. Jr., M. S. Garcia and C. R. C.B. Negrisoli. 2010. Compatibility of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Rhabditida) with registered insecticides for *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions. Crop Prot. 29: 1-5.
28. Njuguna, E., P. Nethononda, K. Maredia, R. Mbabazi, P. Kachapulula, A. Rowe and D. Ndolo.

2021. Experiences and perspectives on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) management in Sub-Saharan Africa. J. Integr. Pest Manag. 12(1): 7.
29. Pei, T. H., Y. J. Zhao, S. Y. Wang, X. F. Li, C. Q. Sun, S. S. Shi, M. L. Xu and Y. Gao. 2023. Preliminary study on insecticidal potential and chemical composition of five Rutaceae essential oils against *Thrips flavus* (Thysanoptera: Thripidae). Molecules. 28(7): 2998.
30. Priyanka, M., P. Yasodha, C. Justin, J. Ejilane and V. Rajanbabu. 2021. Biorational management of maize fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) using *Bacillus thuringiensis* (Berliner) enriched with chemical additives. J. Appl. Nat. Sci. 13(4): 1231-1237.
31. Robert G. Hollingsworth. 2005. Limonene, a citrus extract, for control of mealybugs and scale insects. J. Econ. Entomol. 98(3): 772-779.
32. Schnepf, E., N. Crickmore, J. Van Rie, D. Lereclus, J. Baum, J. Feitelson, D. R. Zeigler and D. H. Dean. 1998. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 62: 775-806.
33. Sidahmed, H. M. I., Á. Illés, A. Almahdi and J. Nagy. 2024. Performance of agricultural factors on yield of sweet corn (*Zea mays* L. Saccharata)-A review. Acta Agraria Debreceniensis. 1: 143-156.
34. van den Berg, J., C. Britz and H. du Plessis. 2021. Maize yield response to chemical control of *Spodoptera frugiperda* at different plant growth stages in South Africa. Agriculture. 11(9): 826.

Investigation on pest management strategies for sweet corn¹

Huang, H. W.²

Abstract

This study evaluates the effectiveness of different pest control strategies for sweet corn (*Zea mays*). Major pests affecting corn include fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*), Asian corn borer (*Ostrinia furnacalis*), and corn thrip (*Frankliniella williamsi*), which is able to transmit maize chlorotic mottle virus (MCMV). Pest control was conducted at four stages of corn development: seedling stage ($V_4 \sim V_5$), early whorl stage ($V_5 \sim V_6$ and $V_6 \sim V_7$), and mid-to-late whorl stage ($V_{14} \sim V_{15}$). The control materials used were Spinetoram and a combination of *Bacillus thuringiensis* (BT) with orange oil. Five pest management strategies tested were: Group S applied Spinetoram for all four treatments; Group BO applied a mixture of BT and orange oil for all four treatments; Group SB1 applied Spinetoram for the first two treatments and the BT-orange oil mixture for the last two; Group SB2 applied Spinetoram for the first and third treatments and the BT-orange oil mixture for the second and fourth treatments; Group CK applied water for all four treatments. Results indicated that the Spinetoram treatments (S, SB1, SB2) were significantly better to control the fall armyworms than the BT-orange oil mixture (BO) and the control group (CK). There were no significant differences in the occurrence of corn thrips among the other treatment groups, and no MCMV was detected during the trial. Throughout the cultivation period, only one Asian corn borer was found, on a plant in Group S. The lowest incidence of fall armyworm was observed in treatments S and SB1, with the best yield per ear. This suggests that in the SB1 treatment, the first two applications applied the chemical pesticide Spinetoram, while the last two applied a combination of BT and orange oil. Compared to four applications of Spinetoram alone (S), alternating between Spinetoram and BT can reduce chemical pesticide use by 50%, making it a valuable management strategy. This approach aligns with our country's policy of halving pesticide risk over ten years to improve the safety of agricultural products.

What is already known on this subject?

Recommended pesticides for fall armyworms include Spinetoram and BT, with orange oil used for controlling small pests.

What are the new findings?

Alternating chemical pesticides with non-chemical agents can achieve similar pest control effectiveness as using only chemical pesticides.

What is the expected impact on this field?

This rotation strategy can reduce pesticide use and residue risk, and support the national agricultural policies to halve pesticide risks over a decade and improve food safety in agricultural products.

Key words: *Zea mays*, *Spodoptera frugiperda*, *Frankliniella williamsi*, *Bacillus thuringiensis*

Accepted for publication: November 21, 2024

1. Contribution No. 583 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.

2. Assistant Researcher, Tainan District Agricultural Research and Extension Station. 70 Muchang, Hsinhua, Tainan 712009, Taiwan, R.O.C.