



防蟲網對積穀害蟲隔絕效果評估

蘇永倫、張又文、李啟陽、姚美吉*

行政院農業委員會農業試驗所應用動物組 41362 台中市霧峰區中正路 189 號

* 通訊作者 email: yaomc@tari.gov.tw

收件日期：2017 年 1 月 10 日 接受日期：2017 年 4 月 10 日 線上刊登日期：2017 年 5 月 8 日

摘 要

以農藥防治積穀害蟲常導致產生害蟲抗藥性的問題與作物農藥殘留的疑慮，因此開發新型態的防治方法成為重要課題。防蟲網具物理阻隔害蟲效果；若蟲網內含殺蟲藥劑，更可能使防治效果有加成效應。本研究主要在探討不同網目之防蟲網對三種主要積穀害蟲穀蠹 (*Rhyzopertha dominica*)、米象 (*Sitophilus oryzae*) 與麥蛾 (*Sitotroga cerealella*) 的阻隔效果，並比較網內含藥劑與否之防蟲效果差別，以提供未來防治積穀害蟲之參考。選用 16、24 和 32 目的網袋，測試上述三種害蟲 24 小時後之穿出率與侵入率，結果顯示無論網內含藥劑與否，均以 32 目防蟲網最佳，與另兩種網目皆有顯著差異 ($P < 0.05$)。就害蟲穿出率而言，不含藥劑之防蟲網，害蟲穿出率低於 15%；而含藥劑者，穿出率則低於 1.9%。至於侵入率，穀蠹和米象成蟲之結果與其穿出率相近，穀蠹在不含及含藥劑蟲網之侵入率分別為 5.8 及 0%，米象則均為 0%。另外，選用一齡麥蛾幼蟲測試侵入率之結果顯示，不含藥劑防蟲網之侵入率皆為 100%，含藥劑者亦最高可達 54.8% 以上，且三網目間無顯著差異。三種成蟲接觸含藥劑蟲網 24 小時後的死亡率，均顯著地高於不含藥劑蟲網。綜上所述，32 目不含藥劑之防蟲網對三種積穀害蟲的成蟲有極高的阻隔效果，建議應用於貯藏有機米之穀倉；而含藥劑之防蟲網，除阻隔外亦具有觸殺效果，則推薦可應用於長期貯藏之稻穀倉，將能有效降低積穀害蟲之侵入及發生。

關鍵詞：積穀害蟲、防蟲網、穀蠹、米象、麥蛾。

前 言

稻米是臺灣主要糧食，隨著消費者對食品安全的意識上升，農藥殘留的問題逐漸受到重視。過去，害蟲防治偏向於施用農藥，常造成害蟲抗藥性的問題，故當田間栽種逐漸轉為自然農法或有機農法時，穀倉管理亦朝向不使用或低度使用農藥的趨勢 (Boyer *et al.*, 2012)。

積穀害蟲防治上，從化學防治逐步轉變為施用

生物性農藥、生物防治或是物理防治等，除可減少藥劑殘留問題外，更可提升穀倉作業人員的健康安全 (Schöller *et al.*, 1997)。生物性農藥如生長調節劑 (insect growth regulator, IGR)，可以替代溴化甲烷燻蒸劑與部分已產生抗藥性之藥劑，將其均勻噴灑於玉米與小麥上，可抑制穀蠹 (*Rhyzopertha dominica* Fabricius) 和大穀蠹 (*Prostephanus truncatus* Horn) 子代出現達 90% 以上 (Oberlander *et al.*, 1997; Kavallieratos *et al.*, 2012)。生物防治

中最常見的是費洛蒙誘集 (pheromones)，屬於昆蟲化學訊息素 (semiochemicals)；在過去 40 年間，已有超過 40 種積穀害蟲費洛蒙，搭配誘集器應用於誘殺積穀害蟲 (Phillips and Throne, 2010)。物理防治是綜合蟲害管理 (Integrated Pest Management, IPM) 當中重要的一環，在預防 (prevention)、偵察 (detection) 和防治 (control) 皆有採用到物理防治方法，其種類繁多諸如改變溫度、調控空氣、採用阻隔、密閉、利用趨光性習性等，都可以發展成一套防治方式 (Cornel, 2010)。目前的策略有以溫度調控使穀倉內的害蟲死亡、以二氧化碳取代氧氣使害蟲窒息、或利用新式三層塑料穀倉袋隔絕害蟲入侵等，配合其他防治方式，皆可以達到有效的防治效果 (Beckett *et al.*, 2007; Conyers and Bell, 2007; Loganathan *et al.*, 2011; Freitas *et al.*, 2016)。

目前尚無應用防蟲網於防治積穀害蟲的研究報告。過往，防蟲網主要是應用於田間害蟲與衛生昆蟲的防治，其中又以用於衛生昆蟲上發展的最為快速。田間害蟲方面，防蟲網可以有效阻隔鱗翅目與半翅目害蟲危害，且對作物不造成藥害，也不影響品質 (Licciardi *et al.*, 2008; Martin *et al.*, 2013)。衛生昆蟲方面，主要使用含除蟲菊之防蟲網，對哺乳類毒性低，於人體內可快速的代謝，且對害蟲擊昏 (knock-down) 效果佳，適合用於防蟲網上 (Zaim *et al.*, 2000)。含藥劑防蟲網可以分為殺蟲劑處理網 (insecticide-treated net, ITN) 和長效殺蟲網 (long-lasting insecticidal net, LLIN)，ITN 是將防蟲網浸泡於藥劑中，LLIN 則是在製作網子時，將藥劑一起拌入，包含於網子纖維內。研究指出，LLIN 擁有較好的害蟲致死率和擊昏率，其經過 20 次的清洗還可以維持相當高的害蟲致死率，故世界衛生組織 (WHO) 推薦 LLIN 廣泛應用於瘧疾盛行地 (Rafinejad *et al.*, 2008)。

在臺灣，由於地理環境與氣候等因素，穀倉環境極適合積穀害蟲的生長，加上許多積穀害蟲對藥劑產生抗藥性 (Yao and Lo, 1994, 1995; Boyer *et al.*, 2012)，農藥防治日漸無效。而含藥劑防蟲網兼具物理及化學防治效果，且無農藥殘留於糧食上的問題，故本研究篩選對穀蠹、米象 (*Sitophilus oryzae* Linnaeus) 和麥蛾 (*Sitotroga cerealella* Olivier) 等三種常見積穀害蟲的阻隔最佳之網目的防蟲網，並測試含藥劑防蟲網對害蟲的接觸致死率，以評估防蟲網應用於穀倉防治積穀害蟲之可行性。

材料與方法

試驗昆蟲、稻穀與防蟲網來源

本試驗之蟲源是於本實驗室內持續累代飼養之穀蠹、米象與麥蛾等三種害蟲。以麥片與稻穀飼養在塑膠飼育盒內 (直徑 12 cm，高 5 cm)，並置於 $30 \pm 1^\circ\text{C}$ 的恆溫箱中。試驗稻穀選用當期之台南 11 號稻穀，並先冷凍一星期以上殺死稻穀內之害蟲。含藥劑 LLIN 防蟲網主要材質為聚乙烯 (PE)，內含藥劑成分為第滅寧 (deltamethrin) 0.75% 及治滅寧 (tetramethrin) 0.25%，製成之 16、24 與 32 目含藥劑防蟲網 (康豪奈米應用材料有限公司，新竹，台灣)。不含藥劑防蟲網，材質亦為聚乙烯，網目為 16、24 與 32 目 (煥坤有限公司，彰化，台灣)。

害蟲侵入與穿布袋內試驗

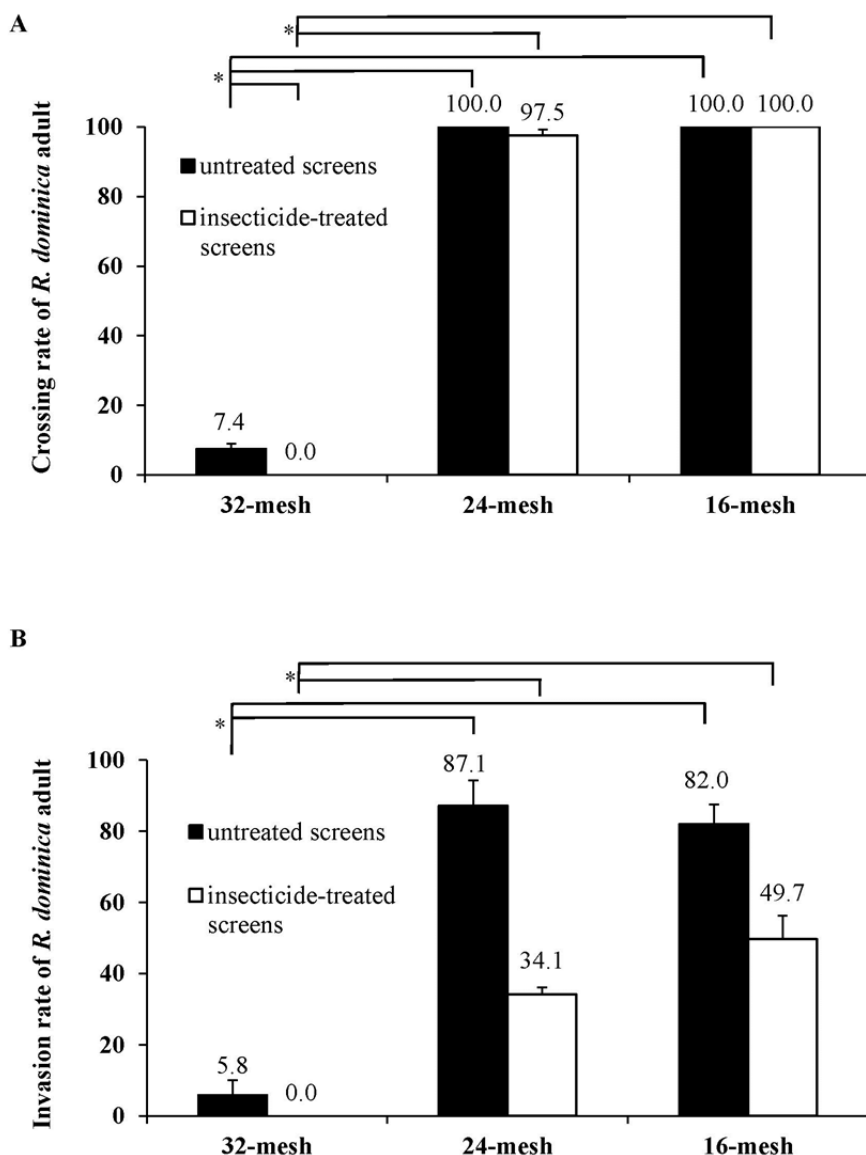
本試驗 16、24 與 32 目孔目之防蟲網，對 3 種害蟲侵入及穿之影響。其中侵入率方面，穀蠹及米象在產卵習性上，均於穀物表面或挖洞產卵，故穀蠹及米象試驗仍以成蟲進行試驗；但麥蛾之產卵習性屬於隨機產卵模式，故麥蛾侵入率則採一齡幼蟲測試 (Wongo, 1990)。

(一) 穀蠹與米象

將各類不同網目之防蟲網，製作成 $12 \times 6 \text{ cm}$ 之小袋。侵入試驗的部分，於小袋內裝入 20 g 稻穀後封合，並置於直徑 12 cm 之飼育盒內，再將 30 隻成蟲置於小袋外。經過 1 天後，調查飼育盒內之袋內及袋外蟲數及活蟲與死蟲數，並換算各網目之害蟲侵入率；穿出試驗的部分，於小袋內裝入 30 隻成蟲後封合，在直徑 12 cm 之飼育盒內先放置 20 g 稻穀，再將小袋放置於稻穀周圍。經 1 天後，調查飼育盒內之袋內及袋外蟲數及活蟲與死蟲數，並換算各網目之害蟲穿出率。不同網目大小、含藥劑與不含藥劑均各三重複。

(二) 麥蛾

將各類不同網目之防蟲網，製作成 $12 \times 6 \text{ cm}$ 之小袋，於小袋內裝入 20 g 稻穀後封合，並置於直徑 12 cm 之飼育盒內。將 15 對麥蛾成蟲 (共 30 隻) 置於小袋外。5 天後檢查成蟲存活數目，10 天後檢查袋外幼蟲死亡數，40 天後檢查飼育盒內之袋內及袋外成蟲數及活蟲與死蟲數，換算成幼蟲侵入率與成蟲穿出率。對照組分為兩組，皆未放入防蟲網袋，一組在飼育盒內放入 20 g 稻穀與 15 對麥蛾成蟲，另一組在飼育盒內放入 15 對麥蛾成蟲。不同網目大



圖一 不同網目防蟲網對穀蠹成蟲的阻隔效果。(A) 穿出率；(B) 侵入率。使用無母數分析法曼恩-惠尼 U 檢測數據差異，以*表示 P 值 < 0.05 ，表示具有顯著差異。

Fig. 1. Evaluation of the preventive effect of screen meshes of different sizes for *Rhyzopertha dominica* adults. (A) Crossing rate; (B) Invasion rate. Statistical significance was analyzed using the Mann-Whitney U -test, and the asterisk indicates significant differences ($P < 0.05$).

小、含藥劑與不含藥劑均各三重複。

含藥劑防蟲網對害蟲接觸死亡率試驗

於培養皿和塑膠飼育盒內層貼入 32 目不含藥劑或含藥劑防蟲網，放入 30 隻害蟲（穀蠹與米象放入培養皿；麥蛾放入塑膠飼育盒），24 小時後檢查活蟲死蟲數，換算死亡率。對照組不在內層貼入防蟲網。含藥劑與不含藥劑試驗組均各三重複。

統計分析

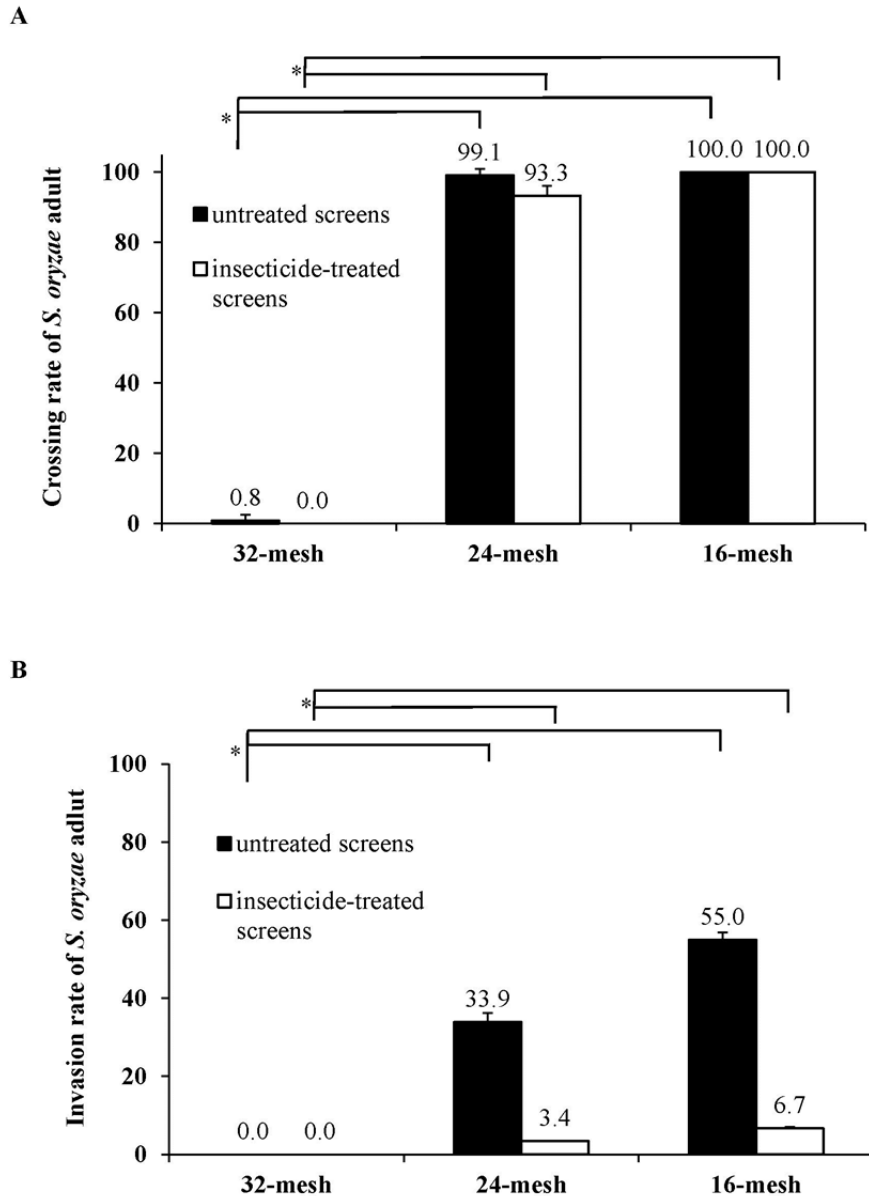
本試驗使用 PAST (Paleontological Statistics)

3.12 統計軟體，數據以平均值和標準差 (Standard Deviation, SD) 呈現。進行無母數分析法的曼恩-惠尼 U 檢測 (Mann-Whitney U -test)，比較試驗各組處理間是否有顯著差異。

結 果

防蟲網之最佳隔絕網目測試

穿出率方面，穀蠹成蟲在含藥劑與不含藥劑蟲網之試驗結果 (圖一 A)，不含藥劑蟲網以 32 目最佳，穿出率僅 7.4%；含藥劑蟲網亦以 32 目最佳，



圖二 不同網目防蟲網對米象成蟲的阻隔效果。(A) 穿出率；(B) 侵入率。使用無母數分析法曼恩-惠尼 U 檢測數據差異，以*表示 P 值 < 0.05 ，表示具有顯著差異。

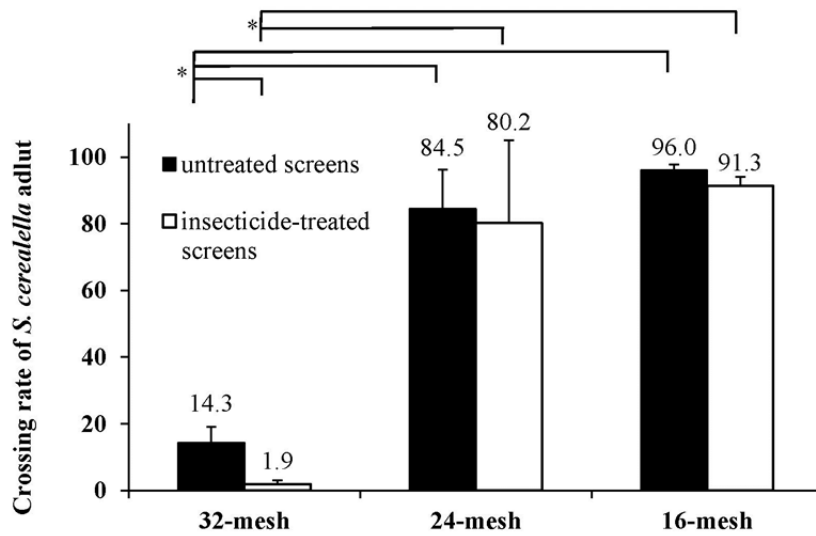
Fig. 2. Evaluation of the preventive effect of screen meshes of different sizes for *Sitophilus oryzae* adults. (A) Crossing rate; (B) Invasion rate. Statistical significance was analyzed using the Mann-Whitney U -test, and the asterisk indicates significant differences ($P < 0.05$).

穿出率為 0%，能完全隔絕穀蠹成蟲之穿出。且 32 目與其餘兩種網目皆有顯著差異，32 目含藥劑網與 32 目不含藥劑網間也有顯著差異，顯示 32 目含藥劑網對穀蠹成蟲穿出的阻隔效果最好。米象成蟲之測試（圖二 A），結果與穀蠹相似，不含藥劑蟲網以 32 目最佳，穿出率僅 0.8%，含藥劑蟲網亦以 32 目最佳，穿出率為 0%。且 32 目與其餘兩種網目皆有顯著差異，但 32 目含藥劑網與 32 目不含藥劑網無顯著差異。麥蛾之試驗（圖三 A），結果亦類似穀蠹及米象，不含藥劑蟲網以 32 目最佳，穿出率僅

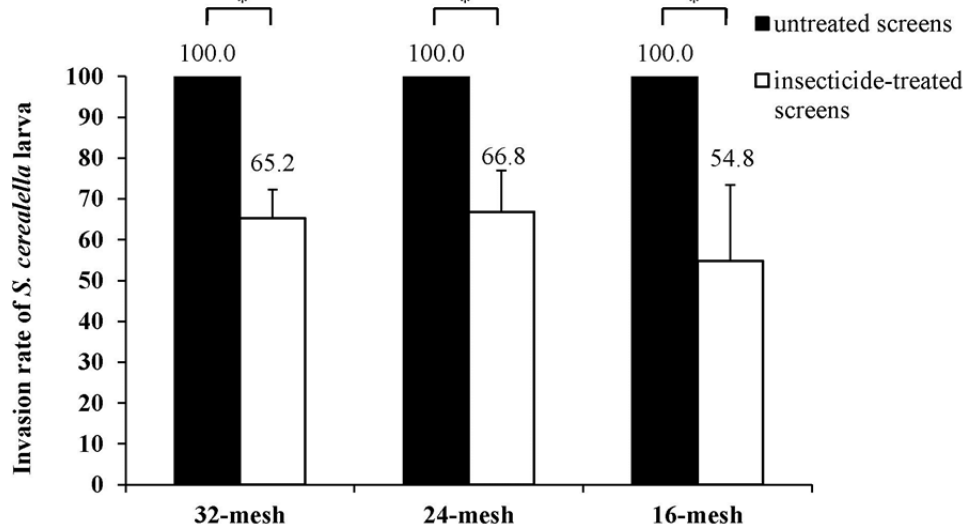
14.3%，含藥劑蟲網亦以 32 目最佳，穿出率為 1.9%。32 目與其餘兩種網目皆有顯著差異；綜合上述三種害蟲之結果，均顯示 32 目含藥劑防蟲網對三種害蟲的穿出阻隔效果最好。

侵入率方面，穀蠹成蟲之測試結果，不含藥劑蟲網以 32 目最佳，侵入率僅 5.8%，含藥劑蟲網結果相似，亦以 32 目最佳，侵入率為 0%，能完全隔絕穀蠹之侵入（圖一 B）。32 目與其餘兩種網目皆有顯著差異，但 32 目含藥劑網與 32 目不含藥劑網無顯著差異。米象成蟲之試驗（圖二 B），結果與穀蠹

A



B



圖三 不同網目防蟲網對麥蛾的阻隔效果。(A) 成蟲穿出率；(B) 幼蟲侵入率。使用無母數分析法曼恩-惠尼 U 檢測數據差異，以*表示 P 值 < 0.05 ，表示具有顯著差異。

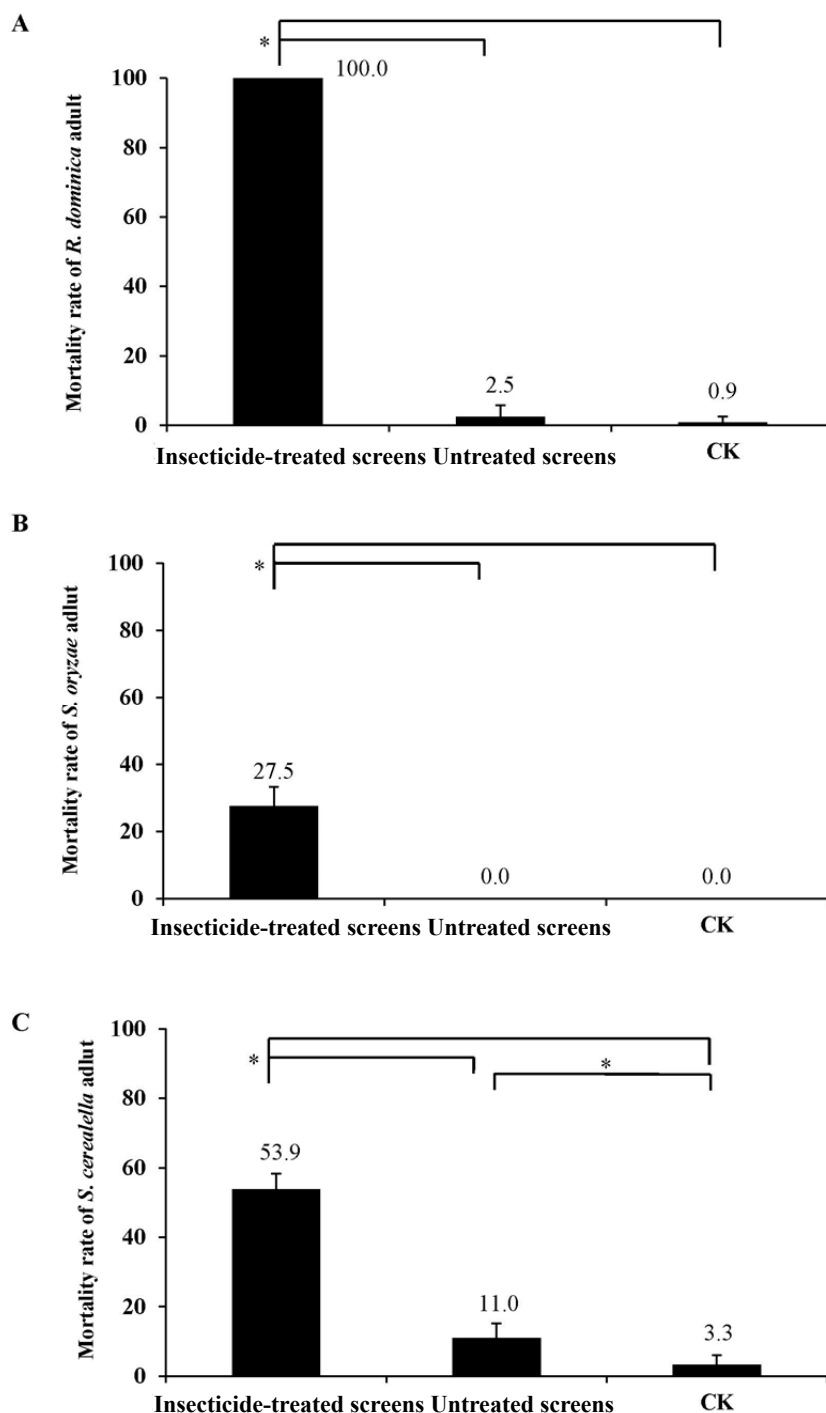
Fig. 3. Evaluation of the preventive effect of screen meshes of different sizes for *Sitotroga cerealella*. (A) Crossing rate of adults; (B) Invasion rate of larvae. Statistical significance was analyzed using the Mann-Whitney U -test, and the asterisk indicates significant differences ($P < 0.05$).

相仿，不含藥劑及含藥劑蟲網均以 32 目最佳，侵入率均為 0%。32 目與其餘兩種網目皆有顯著差異，但 32 目含藥劑網與 32 目不含藥劑網無顯著差異。麥蛾之試驗結果 (圖三 B)，因麥蛾是以一齡幼蟲進行測試，不含藥劑網侵入率皆為 100%，含藥劑網目依序 16、24 與 32 目分別為 54.8、66.8 與 65.2%。網目大小間侵入率無顯著差異，但含藥劑防蟲網與不含藥劑防蟲網的侵入率有顯著差異，表示含藥劑

防蟲網較能阻止麥蛾的侵入。

害蟲接觸防蟲網之死亡率測試

穀蠹成蟲接觸 24 小時後，含藥劑防蟲網組、不含藥劑防蟲網組與對照組死亡率分別為 100、2.5 與 0.9%，含藥劑防蟲網與其他兩組試驗組有顯著差異 (圖四 A)。米象成蟲接觸 24 小時後，含藥劑防蟲網組、不含藥劑防蟲網組與對照組死亡率分別為



圖四 含藥劑防蟲網對積穀害蟲的接觸死亡率。(A) 穀蠹；(B) 米象；(C) 麥蛾。使用無母數分析法曼恩-惠尼 U 檢測數據差異，以*表示 P 值 < 0.05 ，表示具有顯著差異。

Fig. 4. Contact mortality rate of insecticide-treated screen for the three stored-product insect pests. (A) *Rhyzopertha dominica*; (B) *Sitophilus oryzae*; (C) *Sitotroga cerealella*. Statistical significance was analyzed using the Mann-Whitney U -test, and the asterisk indicates significant differences ($P < 0.05$).

27.5、0 與 0%，含藥劑防蟲網亦與其他兩組試驗組有顯著差異（圖四 B）。麥蛾成蟲接觸 24 小時後，含藥劑防蟲網組、不含藥劑防蟲網組與對照組死亡率分別為 53.9、11 與 3.3%，含藥劑防蟲網與其他兩組試驗組有顯著差異（圖四 C）。由三組結果可知，

含藥劑防蟲網對害蟲的致死效果較佳，可減少上述三種害蟲危害。

討 論

三種害蟲穿出率結果相似，但侵入率卻不盡相同，穀蠹和米象成蟲對於含藥劑防蟲網侵入率皆低，可能是含藥劑防蟲網的藥劑具有忌避效果，導致 16 或 24 目雖然無法阻隔害蟲，依然可以防止害蟲侵入網袋中。麥蛾幼蟲的侵入率較前兩者不同，其幼蟲尺寸遠小於 32 目網孔大小 0.55 mm，所以侵入率高，且與網目孔徑大小無相關性，但含藥劑防蟲網相較之下麥蛾侵入率較低，推測亦因藥劑具忌避效果所導致。

目前世界衛生組織所推薦的 long-lasting insecticidal nets (LLINs)，宣稱擁有 3 年以上的時效力，耐洗 20 次以上。然而實際應用於非洲尚比亞 (Zambia) 時卻發現 LLIN 放置 2 年後甘比亞瘧蚊 (*Anopheles gambiae* Giles) 致死率降低至 41%，顯示 LLIN 實際上的時效低於 2 年 (Anonymous, 2011; Tan *et al.*, 2016)。生產 LLIN 的主要品牌種類有日本的 Olyset 與 Vestergaard 公司生產的 PermaNet，Olyset 含有重量比 (w/w) 2% 的百滅寧 (permethrin)、PermaNet 含有 0.1 % 的第滅寧 (deltamethrin)，與本試驗中使用含有 0.75% 的第滅寧及 0.25% 的治滅寧的藥劑種類與殺蟲機制上相似，但其只需將瘧蚊放置於網內 3 分鐘，死亡率較高 (Abílio *et al.*, 2015)。由圖四可知，米象和麥蛾經過 24 小時後死亡率未超過 50%，相較於瘧蚊差距較大，且藥劑濃度以本試驗含藥劑防蟲網較高，然而，當放置 48 小時後，其死亡率有攀升之現象。第滅寧在台灣從 2002 年推薦起已達十年以上，且 Chen and Chen (2014) 報告部分地區穀蠹品種已對第滅寧產生抗藥性，因此米象和麥蛾死亡率偏低，是否與蟲種或是產生抗藥性有關，需進一步探討。

田間害蟲防治較常使用的為不含藥劑網室，如 Berlinger *et al.* (2002) 測試 10 種不同材質的網子來防治煙草粉蟲 (*Bemisia tabaci* Gennadius) 傳播番茄黃葉捲曲病，經過室內與田間試驗後，發現可有效防治的紗網剩下 3 種，目前已在以色列推廣至今。而含藥劑防蟲網的使用較少，目前較多研究使用非洲坦桑尼亞 A to Z 紡織公司 (A to Z Textile Mills Limited) 所生產的 AgroNets，其技術與日本 Olyset 相同，藥網含有 2% 的亞滅寧 (alphacypermethrin)，桃蚜 (*Myzus persicae* Sulzer) 與偽菜蚜 (*Lipaphis erysimi* Kaltentbach) 接觸 24 小時後死亡率高於 80% (Martin *et al.*,

2013)。現今在穀倉之蟲害防治，尚未使用防蟲網之報告，由此試驗結果極適合推薦應用在穀倉害蟲防治。

比較各報告網目大小，防治瘧蚊的 Olyset 網目約為 56 網目，而使用在田間害蟲防治的 AgroNets 網目約為 80 網目 (Martin *et al.*, 2013)，網目皆大於本試驗的 32 目。根據田間試驗結果，可知 AgroNets 網不但不會影響網內蔬菜生長，亦可提升市場價格，故未來在研究防蟲網防治積穀害蟲時，除了 32 目以外，可針對增加網目數作進一步研究，但可能需考量其通透性，是否對貯藏穀物品質的影響，若無影響將能達到更好防治效果。

在農藥氾濫使用的年代，抗藥性已經成為防治害蟲之棘手問題。而在糧食方面，近年來由於食安問題漸漸受到關注，希望降低農藥使用量，因此物理防治方法之研發成為極重要方向。含藥劑防蟲網的好處是綜合化學與物理防治法，且在穀倉應用時主要應用於穀倉出入口，或稻穀包裝袋外如蚊帳覆蓋，稻穀不會接觸藥劑，卻有農藥防治的成效。由此次試驗結果顯示，32 目不含藥劑網對三種積穀害蟲亦有極高阻隔效果，建議可應用於貯藏有機米之穀倉，而含藥劑網除阻隔外亦兼具觸殺效果，則可推薦應用於長期貯藏之稻穀倉，將能有效降低積穀害蟲之侵入及發生。

誌 謝

本研究進行期間承蒙本所李錦霞小姐協助試驗；文成後，復承陳健忠博士不吝撥冗斧正，謹此一併致謝。本研究接受農糧署委託辦理防蟲網對公糧穀倉害蟲之防治效果計畫之經費補助進行研究。

引用文獻

- Anonymous. 2011. Guidelines for monitoring the durability of long-lasting insecticidal mosquito nets under operational conditions. Geneva: World Health Organization, [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44610/1/9789241501705_eng.pdf].
- Abílio AP, Marrune P, de Deus N, Mbofana F, Muianga P, Kampango A. 2015. Bio-efficacy of new long-lasting insecticide-treated bed nets against *Anopheles funestus* and *Anopheles gambiae* from central and

northern Mozambique. *Malar J* 14: 352.

- Beckett SJ, Fields PG, Subramanyam B.** 2007. Disinfestation of stored products and associated structures using heat. pp 182-237. In: Tang J, Mitcham E, Wang S, Lurie S (eds). *Heat Treatments for Postharvest Pest Control: Theory and Practice*. CAB International, UK.
- Berlinger MJ, Taylor RA, Lebiush-Mordechi S, Shalhevet S, Spharim I.** 2002. Efficiency of insect exclusion screens for preventing whitefly transmission of tomato yellow leaf curl virus of tomatoes in Israel. *Bull Entomol Res* 92: 367-373.
- Boyer S, Zhang H, Lempérière G.** 2012. A review of control methods and resistance mechanisms in stored-product insects. *Bull Entomol Res* 102: 213-229.
- Chen CY, Chen ME.** 2014. Susceptibility of field populations of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.), to deltamethrin and spinosad on paddy rice in Taiwan. *J Stored Prod Res* 55: 124-127.
- Conyers ST, Bell CH.** 2007. A novel use of modified atmospheres: storage insect population control. *J Stored Prod Res* 43: 367-374.
- Cornel A.** 2010. Physical control of stored product insects. pp 33-35. In: Petzold R (ed). *International European Symposium on Stored Product Protection "Stress on chemical products"*. Julius-Kühn-Archiv, Quedlinburg, Germany.
- Freitas RS, Faroni LRA, Sousa AH.** 2016. Hermetic storage for control of common bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* (Say). *J Stored Prod Res* 66: 1-5.
- Kavallieratos NG, Athanassiou CG, Vayias BJ, Tomanović Z.** 2012. Efficacy of insect growth regulators as grain protectants against two stored-product pests in wheat and maize. *J Food Prot* 75: 942-950.
- Licciardi S, Assogba-Komlan F, Sidick I, Chandre F, Hougard JM, Martin T.** 2008. A temporary tunnel screen as an eco-friendly method for small-scale farmers to protect cabbage crops in Benin. *Int J Trop Insect Sci* 27: 152-158.
- Loganathan M, Jayas DS, Fields PG, White NDG.** 2011. Low and high temperatures for the control of cowpea beetle, *callosobruchus maculatus* (F.) (coleoptera: Bruchidae) in chickpeas. *J Stored Prod Res* 47: 244-248.
- Martin T, Palix R, Kamal A, Delétré E, Bonafos R, Simon S, Ngouajio M.** 2013. A repellent net as a new technology to protect cabbage crops. *J Econ Entomol* 106: 1699-1706.
- Oberlander H, Silhacek DL, Shaaya E, Ishaaya I.** 1997. Current status and future perspectives of the use of insect growth regulators for the control of stored product insects. *J Stored Prod Res* 33: 1-6.
- Phillips TW, Throne JE.** 2010. Biorational approaches to managing stored-product insects. *Annu Rev Entomol* 55: 375-397.
- Rafinejad J, Vatandoost H, Nikpoor F, Abai MR, Shaeghi M, Duchon S, Rafi F.** 2008. Effect of washing on the bioefficacy of insecticide-treated nets (ITNs) and long-lasting insecticidal nets (LLINs) against main malaria vector *Anopheles stephensi* by three bioassay methods. *J Vector Borne Dis* 45: 143-150.
- Schöller M, Prozell S, Al-Kirshi AG, Reichmuth CH.** 1997. Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. *J Stored Prod Res* 33: 871-897.
- Tan KR, Coleman J, Smith B, Hamainza B, Katebe-Sakala C, Kean C, Kowal A, Vanden Eng J, Parris TK, Mapp CT, Smith SC, Wirtz R, Kamuliwo M, Craig AS.** 2016. A longitudinal study of the durability of long-lasting insecticidal nets in Zambia. *Malar J* 15: 106.
- Wongo LE.** 1990. Factors of resistance in sorghum against *Sitotroga cerealella* (Oliv.) and *Sitophilus oryzae* (L.). *Insect Sci Appl* 11: 179-188.
- Yao MC, Lo KC.** 1994. Phoxim resistance in

Rhyzopertha dominica Fabricius in Taiwan.

Chinese J Entomol 14: 331-341. (in Chinese)

Yao MC, Lo KC. 1995. Phoxim resistance in *Sitotroga cerealella* Olivier in Taiwan. J

Agric Res China 44: 166-173. (in Chinese)

Zaim M, Aitio A, Nakashima N. 2000. Safety of pyrethroid-treated mosquito nets. Med Vet Entomol 14: 1-5.

Evaluation of Insect-Proof Screens Applied to Prevent of Stored-Product Insects

Yong-Lun Su, Yu-Wen Chang, Chi-Yang Lee, and Me-Chi Yao*

Applied Zoology Division, Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Taichung City, Taiwan

* Corresponding email: yaomc@tari.gov.tw

Received: 10 January 2017 Accepted: 10 April 2017 Available online: 8 May 2017

ABSTRACT

Chemical control is widely applied to stored-product insect pests. To prevent insecticide resistance in stored-product insect pests and reduce insecticide residue on crops, researchers have developed insecticide-treated screens. This study evaluated the crossing rate, invasion rate, mortality rate, and preventive effect of screen meshes of different sizes for *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, and *Sitotroga cerealella*. Three screen mesh sizes, namely 16-, 24-, and 32-mesh, were used in a 24-hour experiment. The results indicated that the 32-mesh untreated screen exhibited optimal prevention for the three tested stored-product insect pests, and the prevention rate was less than 15%. Similarly, the 32-mesh insecticide-treated screen showed the optimal preventive effect for the three stored-product insect pests, which was less than 1.9%. Statistically significant differences were observed between the 16- and 24-mesh insecticide-treated screens and the 32-mesh insecticide-treated screen for *R. dominica* and *S. oryzae*. The invasion rate was evaluated using *R. dominica* and *S. oryzae* adults, and the 32-mesh screen showed the optimal preventive effect. The invasion rates of the untreated and insecticide-treated 32-mesh screens were 5.8% and 0% for *R. dominica*, respectively, and were both zero for *S. oryzae*. *S. cerealella* larvae were used to evaluate the invasion rate, and the invasion rates of all untreated and insecticide-treated screens were 100% and more than 54.8% for *S. cerealella*, respectively. The invasion rate of the 32-mesh screen was significantly increased in comparison to the 16- and 24-mesh screens for both *R. dominica* and *S. oryzae* adults, but not the *S. cerealella*. Moreover, the 24-hour contact mortality rates of insecticide-treated screens were more effective than untreated screens for the three stored-product insect pests. In conclusion, the 32-mesh untreated screen shows the highest prevention rate, suggesting that it can be used in organic paddy storage facilities. The 32-mesh insecticide-treated screen combines prevention and contact mortality functions for three stored-product insect pests, suggesting its application to long-term paddy storage facilities.

Key words: stored product pests, insect-proof screens, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, *Sitotroga cerealella*