

捕食性天敵昆蟲低溫儲存技術介紹

蔡餘慶（技佐）

前言

生物防治在現今農產業中的重要性逐漸受到全球重視，天敵昆蟲與捕食性蠕類屬於生物防治技術中的大型天敵生物 (Macroorganism) 一類（以下簡稱天敵），其具備主動尋找害蟲的能力，於田間釋放後在適合條件下能展現較佳的環境適應性。部分種類若能成功建立族群，亦可提供較長期且穩定的防治效果，故十分值得開發。

一套完整的天敵昆蟲生產技術，包含了量產、保存、收集、儲存及釋放等，其中的每一步都牽涉天敵的生物學特性，以及如何透過不同的環境因子與操作將目標特性最優化。而其中「低溫儲存技術」是延長天敵保存期及調節供應的關鍵技術，可讓生產端累積飼養的天敵總量，也可透過低溫處理減少人工飼養的代數，提高遺傳穩定性，為天敵量產技術中不可或缺的環節。捕食性天敵，包含常見的草蛉、瓢蟲、捕食性椿象與蠕類等，本文將介紹低溫儲存對捕食性天敵的影響及相關技術。

低溫對天敵昆蟲的影響

溫度是影響昆蟲分佈和死亡率的最關鍵因素之一，當環境溫度升高時，昆蟲的生理代謝速率會加快、活動力增強，但壽命往往會減少；反之，昆蟲的代謝與活動力會降低，存活時間則相對延長。昆蟲的適存溫度與其緯度分佈有關，溫帶昆蟲多介於 10°C 至 25°C 之間，亞熱帶昆蟲多數偏好 15°C 至 35°C 溫度範圍。一般而言，多數昆蟲對低溫

的適應範圍比高溫更廣：多數昆蟲對低溫的耐受性通常較高溫更高。亞熱帶昆蟲在連續高於 40°C 的環境下，死亡率明顯上升；相對地，溫帶昆蟲則能適應低至 0°C 的溫度；這是由於昆蟲會透過降低代謝活動、累積體內耐寒物質、儲存體內脂肪等生理機制，及靜止、休眠等行為策略，來增加自身對低溫的耐受性。

在生物防治領域，昆蟲對於低溫耐受性被應用於其儲存技術的研發，主要目的之一是延長天敵昆蟲的壽命與保存期限。然而，冷儲後的天敵品質同樣重要，因為不同的冷儲條件會導致存活率的差異。在天敵量產的應用研究中，若能在冷儲後維持 60-70% 的存活率，並確保其後續仍具繁殖能力與捕食效率，便具有實際應用價值。為了降低冷儲過程中的損耗並維持天敵的優良生物學特性，研發者通常會針對最佳冷儲溫度與時間進行評估，同時搭配其他關鍵環境因子與操作條件，例如天敵的齡期、光週期、濕度以及食物供應等，以確保冷儲後天敵的存活率與防治能力。

冷儲溫度與天敵齡期

通常，冷儲的溫度越低，天敵的存活率也越低；多數捕食性天敵的最佳冷儲溫度通常落在 5-12°C 之間，在 0°C 至 2°C 範圍則存活率極低。有研究指出，採用漸進式降溫或波動變溫處理，有助於提升天敵在低溫下的存活率。例如，七星瓢蟲 (*Coccinella septem-*

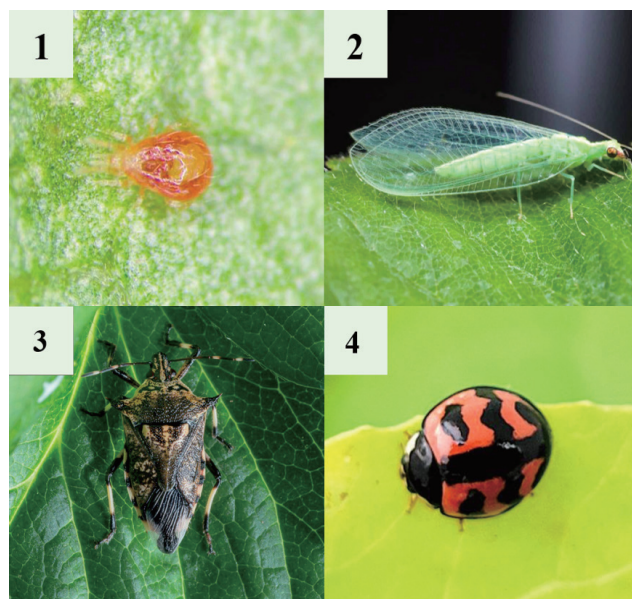
punctata) 與 小黑花椿象 (*Orius* sp.) 的成蟲在變動溫度下的存活率優於恆定低溫。

捕食性天敵對低溫的耐受性通常與發育齡期密切相關，因此在冷藏時多選擇耐寒性較佳的齡期進行儲存。以瓢蟲與捕食性椿象為例，成蟲普遍具有較高的耐冷能力。國際上應用廣泛的種類包括：七星瓢蟲、二星瓢蟲 (*Adalia bipunctata*)、以及以介殼蟲為獵物的 *Rhyzobius lophanthae*。此外，異色瓢蟲 (*Harmonia axyridis*) 的越冬型成蟲可在 3–6°C 下長期儲存，而少數種類如六條瓢蟲 (*Cheilomenes sexmaculata*) 則建議以 12°C 進行卵的短期冷藏。

在捕食性椿象方面，菸盲椿象 (*Nesidiocoris tenuis*)、小黑花椿象與黃斑粗喙椿象 (*Eocanthecona furcellata*) 等皆建議以成蟲進行冷儲。至於基徵草蛉 (*Mallada basalis*)，其幼蟲在 10°C 下冷藏 25 天 仍具良好存活率，而卵與蛹在分別冷藏 4 天 與 7 天內仍可維持正常發育，因此建議卵與蛹用於短期儲存，幼蟲則可進行較長期冷藏，以利釋放時機之調節。

捕食性蟎類則多以成蟎進行冷儲，特別是雌成蟎。常見種類包括：斯氏鈍綫蟎 (*Amblyseius swirskii*)、雙尾小新綫蟎 (*Neoseiulus bicaudus*)、西方捕植蟎 (*Metaseiulus occidentalis*)、以及冷儲最佳溫度為 5°C 的智利小植綫蟎 (*Phytoseiulus persimilis*) 與加州小新綫蟎 (*Neoseiulus californicus*)。

然而在實際量產應用中，捕食性蟎類的成蟎與若蟎通常不會分離。例如，本場研究的長毛小新綫蟎 (*Neoseiulus longispinosus*) (圖一 .1) 為以成蟎為主的混合齡期族群，可在 12°C 下安全儲存 14 天，仍維持良好活性與應用潛力。



圖一、具備可低溫儲特性的常見捕食性天敵。1. 長毛小新綫蟎；2. 基徵草蛉；3. 黃斑粗喙椿象；4. 六條瓢蟲。

冷儲時間

天敵於冷藏期間因低溫所造成的生理損傷會逐漸累積，導致存活率隨冷藏時間延長而下降。因此，尋求適宜的冷藏時間，成為維持天敵品質與後續生物表現的關鍵。

捕食性蟎類與天敵昆蟲在低溫冷儲時的耐受期間存在明顯差異。一般而言，捕食性蟎類僅能冷藏數週，不建議超過一個月；而天敵昆蟲的可冷藏時間則依物種而異。例如，菸盲椿象的成蟲僅能短期冷藏數天（通常不超過 10 天），而異色瓢蟲在適當條件下可長期冷藏達三個月。

雖然各類捕食性天敵的冷藏期限差異顯著，但透過以下三項調控策略，皆可有效延長其可儲存時間並維持釋放後之生物效能：

(1) 人工誘導滯育，以降低代謝速率與能量消耗；(2) 調節環境濕度，避免脫水或濕度過高；(3) 提供適當食物來源，以維持基本生理需求。透過這三項調控策略，可以有效延長捕食性天敵的冷儲期限並維持其釋放後

的品質。

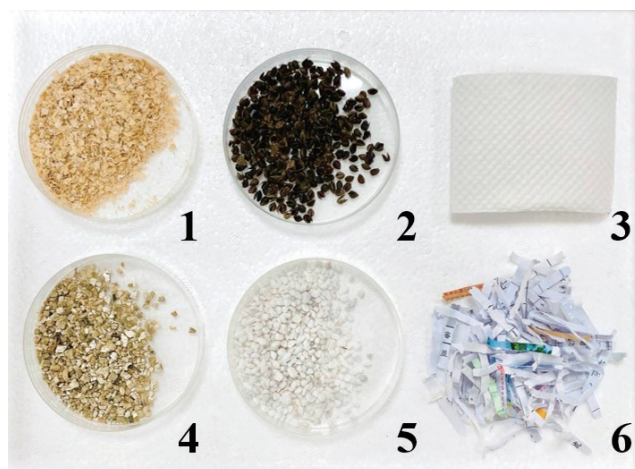
一、滯育狀態的影響

滯育狀態下的昆蟲通常對低溫有更高的耐受性，能有效提高存活率，延長冷儲時間。常見的人工滯育技術包括：透過短日照、較低溫度的誘導，或於冷儲期間置於全暗環境。例如，黃斑粗喙椿象成蟲會在 16-20°C 的低溫飼養環境條件下進入生殖休眠，延長壽命。普通草蛉成蟲經人工短日照誘導滯育後，可在冷儲環境中 4 個月後，仍維持 95% 的存活率和繁殖力。

二、環境濕度的影響

適當的溼度環境可減少昆蟲與蟎類體內水分流失，提升冷儲存期間的存活率和壽命。一般來說，捕食性蟎類對環境濕度更為敏感，適宜的高濕度可明顯延長冷儲期限。例如，加州小新綬蟎於 5°C 時，在環境濕度 60% 下存活率約為 70%，而濕度增至 80% 以上時存活率提升至 90%，存放時間也由 10 天延長至近 40 天。在高濕度條件下，雙尾新小綬蟎的存活率和壽命高於低濕度條件，對於已交配的雌成蟎更有正面影響。捕食性天敵昆蟲中的某些瓢蟲，於高濕度環境中可延長冷儲時間，其他捕食性天敵則著重於水分的直接供應，例如菸盲椿象於冷儲期間須提供吸有 10% 蜂蜜水的棉花。但須注意冷儲期間形成的凝結水可能導致幼蟲窒息或細小蟎類淹死，故需要搭配保濕多孔隙的填充資材，提供天敵棲息與避水的空間，常見的資材（圖二）有麥麩、蛭石、碎紙、穀殼、花粉鞘、木屑…等。此外，小型天敵的水分供應多以提高空間濕度間接進行，例如於容器外部裝置放置吸飽水的高保濕性材料（棉花、紙巾等），避免天敵直接接觸水面而溺死；也應注

意長時間高濕度引發黴菌的汙染問題。



圖二、常用的保（吸）濕資材。1. 麥麩；2. 穀殼；3. 紙巾；4. 蛭石；5. 珍珠石；6. 碎紙。

三、食物供應的影響

儲存前預先餵食使天敵處於飽食狀態，有助提升冷儲後的存活率與品質。儲存期間亦可提供卵或休眠態作物蟎等替代食餌、人工飼料，或糖、蜂蜜、生物膠等最低程度能量補給。例如，小黑花椿象 (*Orius laevigatus*) 在有食物供應的情況下，可於 10°C 長期冷儲 30 天，存活率顯著高於無食物組。此外，也須選擇合適的食物，施氏鈍綬蟎在單獨餵食穀物蟎，於冷儲 7 天後存活率僅 25%，但若提供混合食物（葉蟎、粉蝨卵與穀物蟎），則可提升冷儲後的存活率。

但部分研究亦指出，低溫儲存期間若無食物提供，可促使瓢蟲類的天敵於冷儲結束後出現飢餓狀態，從而提升初期捕食效率。例如，經過一週以上低溫無食物處理的七星瓢蟲、異色瓢蟲之成、幼蟲，其對害蟲的捕食能力提升，且對非活體餌料（如冷凍或粉狀）接受度提高。然而，需小心長期飢餓對其他生物學表現的負面影響，因此應根據物種特性進行謹慎評估，以確保冷儲後之生物防治效能。

捕食性天敵商品的低溫運輸與收貨注意事項

生產端的低溫處理可延長捕食性天敵商品保存期限，但運輸過程中仍須避免高溫與缺水導致折損。維持低溫與高相對濕度有助提高天敵存活率。臺灣氣候炎熱，生產者常將天敵商品置於保麗龍保冷盒內，搭配結冰瓶裝水或保冰劑，並以紙團等資材隔開避免凝結水直接接觸，減少濕氣對存活的不利影響（見圖三、四）。

目前多使用宅配運輸，建議農民收到商品後盡速釋放。若需短期存放，應將商品置於陰涼處，避免陽光直射，並保持一定通風與濕度。以本場開發的食蟻瓢蟲為例，經初步試驗，封閉包裝內添加微量蜂蜜及吸濕材料（如

碎紙、擦手紙），於 12°C 環境冷藏可維持良好活性，但仍建議 1 週內釋放。捕食性蟎類低溫宅配時，應於 1 日內使用並保持通風，防止回溫後凝結水淹死蟎類。

結語

掌握天敵最佳的冷儲溫度與儲存時間，配合濕度與水分等因子調控，並供給適當且適合的食物，可讓天敵昆蟲提高量產效率，於儲存後維持良好的品質，延長保存期限，以配合不同田間釋放時機。冷儲技術不只降低生產成本，也提供生產計劃的靈活性和效率。臺灣的天敵產業發展日益蓬勃，然而國內關於捕食性天敵低溫儲存的研究仍相對有限，多仰賴國外資料。本文期能提供天敵量產過程中關鍵且實用的技術資訊。



圖三、天敵昆蟲商品運輸常用到保麗龍盒，保冷效果比一般紙箱好。



圖四、天敵商品與結冰水之間，通常會以其他資材隔開，避免商品盒內的凝結水造天敵折損。