

基徵草蛉微膠囊人工飼料製作技術開發

李文台 台灣省農業試驗所應用動物系 台中縣霧峰鄉中正路 189 號

摘 要

為研究發展大量繁殖天敵用之膠囊化人工飼料，以供作物害蟲綜合防治之所需，一種具溫度、壓力、液面調整裝置之微膠囊製作機原型機已裝置完成，可依狀態調整製作不同囊徑大小、囊殼厚薄之人工飼料微膠囊。實際製做成品後，從比較囊徑大小、囊殼厚薄及製做成功率之高低等因子，找出飼料槽溫度維持 50 ± 5 °C，臘槽溫度為 125 ± 5 °C，壓力保持 $0.7-0.8 \text{ kg/cm}^2$ 所製成之人工膠囊最佳，其囊徑僅 $465 \pm 68 \mu\text{m}$ 、殼厚約 $10 \mu\text{m}$ 、製囊成功率 90% 以上。以改良 Hassan and Hagen 配方之人工飼料微膠囊飼育基徵草蛉，並與飼以豆蚜、外米綴蛾卵之草蛉比較之，試驗結果顯示從草蛉發育期 20.7 天、羽化率為 90% 及成蟲產卵量 348.5 粒等三項生物特性來看，飼以人工膠囊之草蛉均有良好表現，人工飼料微膠囊飼育基徵草蛉之效果得以確立。

關鍵詞：人工飼料、微膠囊、*Mallada basalis*。

Technical Development of Microencapsulated Artificial Diets for *Mallada basalis* Walker

Wen-Tai Lee Department of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute, 189 Chungcheng Road, Wufeng, Taichung, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

A prototypical machine with control of temperature, pressure and fluid level was set up to make microcapsulated artificial diets for mass rearing of *Mallada basalis* Walker. The best conditions to make microcapsules were obtained by maintaining the temperatures of diet and wax tank at 50 ± 5 °C and 125 ± 5 °C, a pressure of diet tank at 0.7–0.8 kg / cm², and keeping the needle-tip within 1 mm below the wax surface. Under these conditions microcapsules about 465 μ m in diameter and 10 μ m in thickness were produced with 90% success. When *M. basalis* larvae were reared with the microencapsulated artificial diets modified from Hassan and Hagen's formula, 90% of individuals reached the adult stage in 20.7 days and the females deposited 348.5 eggs on average. The results were comparable with those from rearing with eggs of *Corcyra cephalonica* or *Aphis glycines*. The microencapsulated artificial diet developed in this work seems promising for mass rearing of *M. basalis*.

Key words: Artificial diet, microcapsule, *Mallada basalis*.

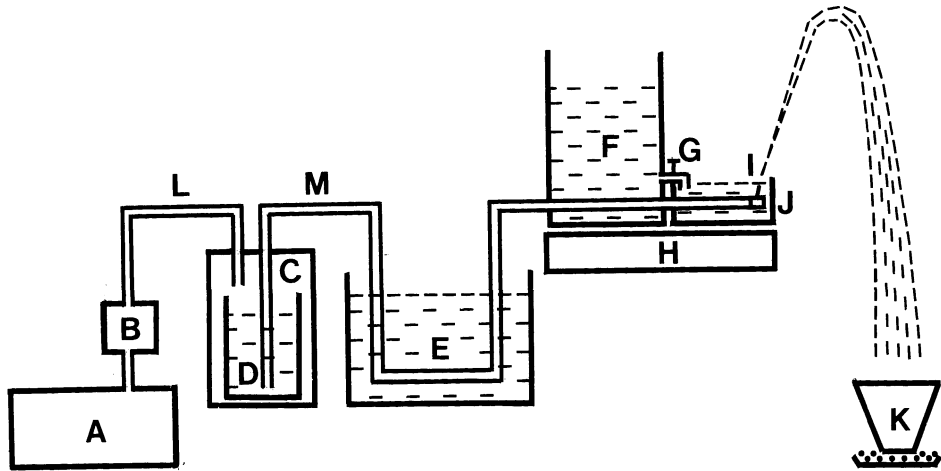
前 言

大量飼育天敵為生物防治成功之基礎，在其過程中食餌(preys)、寄主昆蟲(hosts)、甚至寄主植物(host plants)之飼養或栽植佔極大之工作量，因此草食性寄主昆蟲或食餌昆蟲之飼育多利用人工飼料以簡化其飼育過程。至於捕食性昆蟲雖有多人嘗試以人工飼料飼養，然由於其對供試飼料之接受性及營養品質上尚有待突破之問題存在，至今仍未臻實用之階段 Waage *et al.* (1985)。Hagen and Tassan (1965)曾以敲打沾有人工飼料及熔臘之玻棒的方法，製做出石臘膜包被之滴狀人工飼料，可以被草蛉幼蟲接受；Cohen (1983)改良了製做石臘膠囊的方法，增快了製做速度與品質，同時採用了複合材料作為囊殼材料，但基本上仍延襲舊有之理念與做法。直到近幾年 Ma *et al.* (1986)設計出“人工製卵機”才算是在人工飼料膠囊化技術上有

了新的突破。其方法乃是以高壓將液態飼料通過皮下注射針頭，形成束狀射流快速通過包被物溶液層而飛躍出液面，經空氣冷卻後，外層包被物質硬化形成卵粒狀之膠囊。本研究以 Ma *et al.* 之人工製卵機為藍圖，加以研究改良，期能製做出各種人工飼料微膠囊以提高天敵昆蟲之飼養效率。初期先從技術層面較低之捕食性天敵人工飼料膠囊化開始研究，俟技術層面及經驗逐步提升後，再開發寄生性天敵人工膠囊方面之研究。

材料與方法

人工飼料微膠囊製作機由飼料槽、包被物料槽、飼料噴射盤、收集器四大部份組成，如圖一所示。飼料槽具加壓裝置，並經由管線與噴針相連接，藉壓力將飼料噴出，飼料管線具加溫裝置，飼料於其中流動時溫度逐步升高。包被物料槽具加溫裝置，將包



圖一 微膠囊製作機設計簡圖：A.壓縮機，B.壓力調節器，C.壓力槽，D.飼料槽，E.水浴槽，F.包被物料槽，G.閥，H.加熱盤，I.噴針，J.飼料噴射盤，K.收集器，L.壓力管，M.飼料輸送管。

Fig. 1. Graph of machine for microcapsule production: A, Compressor; B, Pressure regulator; C, Pressure chamber; D, Diet tank; E, Water bath; F, Wax tank; G, Valve; H, Hot plate; I, Needle; J, Operation tray; K, Collector; L, Air tube; M, Diet tube.

被物質熔解並維持於一定之溫度，經由出口閥直接將包被溶液注入飼料噴射盤中；飼料噴射盤具加熱裝置，以維持包被溶液之溫度；並具液面調整裝置，可調整噴針頭到包被溶液液面之距離。此原型機與 Ma *et al.* 設計上最大之不同有三點(一)飼料槽不具加熱裝置而加熱於輸送管上，如此局部逐步加熱的方式可以降低飼料受到熱分解或變性之可能。(二)針頭長度較長，約有三公分，如此可增加射出口之飼料溫度避免溫差過大而將附近之臘凝結。且因針頭加長導致噴射盤上臘量增加，較易維持其臘液溫度之穩定。(三)收集器加裝氣流減速裝置，可將落下之微膠囊降速承接以避免撞擊破裂。本試驗僅以蜂臘做為膠囊製做之包被材料，往後將再添加其他材料進行改良。本試驗項目及方法如下：

1.溫度及壓力條件對膠囊製作之影響：使用現有微膠囊製作機原型機，以 26 G 之皮下注射針為噴針、以水為內容物代替飼料，調

整不同之臘槽溫度及飼料槽壓力條件，調查所製作膠囊之直徑、囊殼厚度、膠囊百粒重之差異變化，以找尋規律性。

2. 草蛉人工飼料微膠囊製作：修改 Hassen & Hagen(1965)飼養草蛉幼蟲之人工飼料配方，成分如下：

Honey	5 g
Sugar	5 g
Brewer's yeast	5 g
Yeast Autolysate	6 g
Casein hydrolysate	1 g
Egg yolk	10 g
Distilled water	68 ml

並製作下列兩種微膠囊。(1)微膠囊(A)為以 26 G 之皮下注射針頭，飼料槽溫度 50 ± 5 °C、臘槽溫度為 125 ± 5 °C，壓力保持 $0.8-1.1 \text{ kg/cm}^2$ 所製出者，囊徑 $618 \pm 104 \mu\text{m}$ ；(2)微膠囊(B)乃以 30 G 之皮下注射針頭，飼料槽溫度 50 ± 5 °C、臘槽溫度 125 ± 5 °C，壓

力 1.0–1.4 kg / cm² 所製出者，囊徑 396 ± 48 μm。

3. 草蛉人工飼料微膠囊應用效果評估：收集 12 小時內所產之基徵草蛉卵，置於 10 公分長、1.5 公分徑之玻璃管中做單隻飼育，管口以細紗網封閉，置於溫度 28 ± 0.5 °C、日間相對溼度 70%，夜間 95%、每日光照 13 小時之生長箱中。分別以棉花團吸滿草蛉人工飼料、前項製作之微膠囊(A)與微膠囊(B)、外米綴蛾(*Corcyra cephalonica*)之卵、豆蚜(*Aphis glycines*)等不同食餌飼養草蛉幼蟲。各處理供試蟲 26 隻以上，每日餵飼足量之食物，每 12 小時觀察草蛉之存活數及生長期。各觀察值之平均值經變方分析後，再以鄧肯氏多變域測定法比較各處理間之差異顯著性，顯著水準為 5%。

結果與討論

膠囊製作時之臘槽溫度、飼料槽壓力、噴射針頭之大小、針頭到臘面之距離等任何一因子改變時，均會影響到膠囊化之結果。臘液溫度及飼料槽壓力變化對膠囊化之影響如表一，在相同壓力下溫度愈高膠囊徑愈小囊壁亦愈薄，百粒重亦愈輕。在臘液溫度相同時，壓力越大膠囊徑愈小囊壁亦愈薄，百粒重亦愈輕。壓力對膠囊化之影響較溫度之影響為巨。在考量高溫較易造成人工飼料變性影響天敵利用，同時容易發生堵塞針管之情況，儘量以高壓低溫之搭配較為合適。此外，預備試驗結果顯示，針頭越粗製成之膠囊亦越大，目前市售之皮下注射針頭以 26 G 及 27 G 兩種尺寸較為合用。針頭至臘面之距離越大形成之囊壁越厚，最適當之距離應在 1 mm 以下，但距離過小又會導致膠囊囊殼過薄，產生無法收集之情況，最適距離因受儀器限制無法精測，僅憑目測及經驗行之。

改良 Hassan & Hagen 配方之草蛉人工飼料黏稠度較水為高，在製作膠囊時得酌量增加飼料槽之壓力，方能順利製成。因影響膠囊成形之因子太多，製成之囊徑大小之變異度偏高，因此將來正式膠囊製作機設計之各項控制調整裝置須有較高精準度。目前製成之微膠囊徑在 274–880 μm 之間，殼厚 10–15 μm，約為外米綴蛾卵徑的 1–3 倍大小，可以被任何齡期草蛉幼蟲接受，但囊殼閉水性略嫌不足，故製作囊殼材料仍有繼續改進之必要。以其飼育基徵草蛉之效果如表二、表三所示。草蛉幼蟲發育期之長短及最終成蟲率均顯示以外米綴蛾卵飼育之效果最佳，豆蚜次之，人工飼料與微膠囊之情況較差。且人工飼料與微膠囊(A)間之差異並不顯著，顯示膠囊化人工飼料應有其應用之可行性。

進一步探討飼以微膠囊(A)草蛉之死亡原因主要為初齡幼蟲造成，顯示其初齡幼蟲對微膠囊之接受性較差，必須針對此缺點再予以改良。經鏡檢實際觀察後發現微膠囊(A)之囊徑過大，一齡幼蟲大顎張開角度較小，不易刺破囊殼取食飼料。因此乃以相同之內含飼料製作出微膠囊(B)，再做飼育草蛉之效果試驗。其結果顯示不僅改善了發育期之死亡率，其成蟲羽化率由 66.7% 上升為 90%，更縮短了一天的發育期，由 21.53 天減為 20.74 天，雌蟲之平均產卵量 348.55 粒，較諸取食外米綴蛾卵或豆蚜之草蛉並不遜色，其整體情況遠較人工飼料之飼育結果(成蟲羽化率 64.3%，發育期 21.39 天，產卵量 258.0)為佳，膠囊化之人工飼料對捕食性天敵之飼育效果得以確立。然而取食人工飼料及微膠囊之處理蟲，其發育期仍較餵食外米綴蛾卵及豆蚜者為長，且有個體發育速率較不均勻之現象，推論此乃人工飼料本身之缺點，而與膠囊化無關，故應針對飼料配方繼續改進

表一 臘液溫度及飼料槽壓力之變化對膠囊化之影響

Table 1. Influences of wax temperature and diet tank pressure on artificial diet

Encapsulation	Pressure (kg / cm ²)	Wax temperature (°C)			
		65	70	75	80
Diameter of capsule (μm)	1.05	929 \pm 104	759 \pm 85	741 \pm 74	671 \pm 57
	1.75	855 \pm 103	663 \pm 59	561 \pm 47	512 \pm 39
Thickness of capsule (μm)	1.05	105 \pm 14	69 \pm 19	63 \pm 15	24 \pm 13
	1.75	79 \pm 15	35 \pm 5	18 \pm 6	9 \pm 4
Weight per 100 capsules (mg)	1.05	29.5 \pm 1.5	17.0 \pm 1.1	14.1 \pm 1.1	11.8 \pm 0.8
	1.75	21.8 \pm 1.1	8.2 \pm 0.5	4.8 \pm 0.4	1.4 \pm 0.2

表二 基徵草蛉取食不同飼料下發育期(日)之變化情形

Table 2. Development duration(days) of *M. basalis* fed on varied food sources

Food sources	Larvae			Pupae	From larva to adult emergence
	first instar	second instar	third instar		
<i>Aphis glycines</i>	3.24 ^{a1)} \pm 0.39 ²⁾	2.88 ^{ab} \pm 0.40	4.00 ^a \pm 0.74	10.00 ^a \pm 0.37	19.94 ^{ab} \pm 0.87
<i>Corcyra cephalonica</i>	3.28 ^a \pm 0.36	1.67 ^a \pm 0.32	3.05 ^a \pm 0.58	9.71 ^a \pm 0.46	17.60 ^a \pm 0.64
Artificial diet	4.68 ^b \pm 0.79	3.76 ^b \pm 0.74	4.00 ^a \pm 0.72	9.61 ^a \pm 0.98	21.39 ^b \pm 1.52
Microcapsule (A) ³⁾	4.91 ^b \pm 0.83	3.70 ^b \pm 0.67	3.50 ^a \pm 0.60	9.50 ^a \pm 0.71	21.53 ^b \pm 1.44
Microcapsule (B)	3.69 ^a \pm 0.50	3.66 ^b \pm 0.51	3.65 ^a \pm 0.57	9.48 ^a \pm 0.40	20.74 ^{ab} \pm 1.51

1) : Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level according to Duncan's new multiple range test.

2) : Standard error of mean.

3) : Microcapsule (A) : diameter 618 \pm 104 μm .

Microcapsule (B) : diameter 396 \pm 48 μm .

表三 不同食物源對基徵草蛉存活及繁殖之影響

Table 3. Survival rate and fecundity of *M. basalis* fed on varied food sources

Food sources	No. of survival ¹⁾			% Adults from larvae	Fecundity (Eggs / ♀)
	Larvae	Pupae	Adults		
<i>Aphis glycines</i>	42	41	37	88.1	312.75
<i>Corcyra cephalonica</i>	26	24	23	88.5	316.14
Artificial diet	28	21	18	64.3	258.00
Microcapsule (A) ²⁾	27	22	18	66.7	234.78
Microcapsule (B)	30	30	27	90.0	348.55

1) : started from 1st instar stage larvae.

2) : see footnotes of Table 2.

之，方能達到實用之階段。

比較考量各製作情況時，發覺 30 G 之針頭必需訂做無法市售購得，價格極為昂貴，同時在製作過程中常發生針管堵塞之現象，不敷實用。目前乃以 26 G 之皮下注射針頭為噴針，飼料槽溫度維持 50 \pm 5 °C、而蜂臘槽

之溫度為 125 \pm 5 °C 為最適宜，製作時壓力保持 0.7-0.8 kg / cm² 所製成之膠囊狀況最佳，其囊徑僅 465 \pm 68 μm ，殼厚平均 10 μm ，膠囊成功率90%左右，且較不會發生飼料堵塞針管之情形，此為現階段膠囊製作之最佳條件。Ma *et al.* 之“人工卵”製作結果，其卵徑

627-712 μm ，卵殼厚平均 22.8 μm ，成卵率 95%。與之相較，吾等所製作之膠囊具有較小之囊徑較薄之殼壁，膠囊大小也更為均一，在製作技術上實已超過大陸之水準。如此則有較佳之機會被初齡草蛉幼蟲或其他更小之捕食性天敵所接受，在後續之應用研究上更具發展潛力。

綜合以上試驗結果可知，目前發展出來之膠囊製作技術已較嫻熟，製成之人工膠囊亦相當穩定，在應用效果上亦初獲肯定，於捕食性天敵人工飼料之研究上可謂已成功地跨出了第一步，然而在未來發展路程上，仍有諸多問題極待解決，諸如流質人工飼料之改良，以改善草蛉發育情況或適用於其他各種不同之天敵；包被材料之改進，增強膠囊保水性以利貯藏；防腐劑之添加與寄生性天敵用人工膠囊之開發等等。此外以膠囊化人工飼料為基礎之大量飼育天敵方法，更有許多困難及技術性之問題需解決，必須繼續努力研究，期望早日達成以膠囊化人工飼料為基礎之大量繁殖各類天敵之目標，以供作物綜合防治之所需。

誌 謝

本實驗由行政院農業委員會補助經費(78農建-7.1-糧-65(10)，79農建-7.1-糧-51(10))協助研究，謹此申謝。本文承本所應用動物系羅主任幹成、陳炳輝博士、何琦琛博士不吝撥冗斧正，特此致謝。

參考文獻

- Cohen, A. C.** 1983. Improved method of encapsulating artificial diet for rearing predators of harmful insects. *J. Econ. Entomol.* 76: 957-959.
- Hagen, K. S., and R. L. Tassan.** 1965. A method of providing artificial diets to *Chrysopa* larvae. *J. Econ. Entomol.* 58: 999-1000.
- Hassan, S. A., and K. S. Hagen.** 1978. A new artificial diet for rearing *Chrysopa carnea* larvae (Neuroptera, Chrysopidae). *Zeitschrift fur Angewandte Entomologie.* 86: 315-320.
- Ma, A. N., X. D. Zhang, and J. Z. Zhao.** 1986. A machine for making encapsulated diet for rearing *Chrysopa* spp. *Chinese J. Biol. Control.* 2: 145-147.
- Waage, J. K., K. P. Carl, N. J. Mills, and D. J. Greathead.** 1985. Rearing entomophagous insect. pp 45-66. *In:* P. Singh and R. F. Moore (Eds.), *Handbook of Insect Rearing.* Vol. 1. Elsevier, Amsterdam.

收件日期：1993年7月28日

接受日期：1993年12月3日