

高次寄生蜂 *Tetrastichus* sp.의 生態

金 鍾 國¹⁾

Biology of the hyperparasite *Tetrastichus* sp. (Hymenoptera : Eulopidae)

Jong-Kuk Kim¹⁾

要 約

高次寄生者 *Tetrastichus* sp.는 單寄生性 外部寄生者로 一次寄生者 *Aneristus ceroplastae*, *Microterys flavus*, *Coccophagus hawaiiensis*의 終齡幼蟲이나 蛹에 産卵하였다. 卵부터 成蟲까지의 發育限界溫度와 有效積算溫度는 各 9.8℃와 272日도로 計算되었다. 25℃의 恒溫, 16時間 照明條件에서 蜂蜜源液을 給與하며 飼育한 雌 成蟲의 平均壽命은 40日 이었다. 成蟲은 羽化 24時間後부터 産卵을 시작하여 一生동안 平均 220卵을 낳았으며, 50% 累積産卵率은 産卵開始 14日 後에 達成되었다. 純繁殖率(R_0)과 世代期間(T), 內的自然增加率(r)은 各 99.6/世代, 32日, 0.142/♀/日 이었다.

ABSTRACT

This study was carried out to clarify the primary hosts of *Tetrastichus* sp. and its host relationship, development and reproductive capacity. *Protopulvinaria mangiferae* was parasitized by *Aneristus ceroplastae*, *Microterys flavus*, *Coccophagus hawaiiensis*. All of these primary parasitoid were attacked by the hyperparasite *Tetrastichus* sp.. *Tetrastichus* sp. was bound to be a solitary ectoparasite. Eggs were laid on the pupa of the primary host or attached to the inner surface of the integument of the scale insect. Threshold of the development and thermal constants for completion of immature stages were 9.8℃ and 272 day-degrees, respectively. At 25℃ the life span of both sexes without any food or with water were very short as compared with that with honey.

After a pre-oviposition periods of about one day they laid on overage 220 eggs each, almost all during the first half of their life. The value of the net reproduction(R_0), the mean length of a generation(T) and the intrinsic rate of natural increase(r) were calculated as 99.6, 32days and 0.142 per female per day respectively.

Key words : Hyperparasitism, *Tetrastichus* sp., Development, Reproductiv capacity.

1)江原大學校 林科大學 森林資源保護學科 助教授 Dept. of Forest Resources Protection, College of Forestry, Kangwon National University.

緒論

담팔수각지벌레(신칭) *Protpulvinaria mangiferae* (Green)는 Takahahi(1959)에 의해 *Platycoccus acuminatus* (Signoret)로 기록되었으나 河合(1980)은 이를 *Kilifa acuminata* (Signoret)로 보고한 바 있으며, 그는 1987년上記의學名으로再同定하였다(私信).

본 각지벌레는 아시아, 이집트, 인도, 이스라엘 등世界各地에分布되어 있으며(De Letto, 1957), 주로 감귤나무, 담팔수나무, 팔손이나무, 노린재나무, 망고나무 등에寄生하는 것이確證되었다(Othanes, 1936: Avidov and Zaitzov, 1960: Takahashi, 1959: 河合, 1980). 본 각지벌레에 의해寄生된樹木은 그을음병이發生하여早期落葉되므로인하여林木이枯死되며, 망고나무의 경우 과실에寄生하여生産량의減少 및品質이低下되는(Othanes, 1936)등森林및庭園木의重要害蟲의 하나이다. 金(1990)은本種의一次寄生蜂(Primery parasitoids)으로 *Aneristus ceroplastae* Howard, *Coccophagus hawaiiensis* Timberlake, *Coccophagus yoshidae* Nakayama, *Encarsia* sp., *Microterys flavus* (Howard), *Metaphycus* sp.을 기록하였으며, 특히寄主人 담팔수각지벌레와寄生蜂인 *Aneristus ceroplastae*, *Microterys flavus*,의生態的諸特性을調査比較하여2種의寄生蜂이寄主의密度增加를抑制하는主要한生物要因으로報告하였다. 그러나 이들寄生天敵에는高次寄生者(Hyperparasitoids)인 *Cheiloneurus ceroplastis* Ishii, *Tetrastichus* sp., *Marietta carnesi* Howard 등이寄生하며 이는害蟲의生物的防除에惡影響을 미치므로天敵種의選別을위하여는高次寄生蜂에 대한生態學的인檢討가必要하다. 이제까지害蟲個體群의抑制라는觀點에서高次寄生蜂의役割에 대해報告된 바 있으나(Doutt and Debach, 1964 : Huffaker, 1976)寄生天敵種의生態에 관한報告는 드물다. 이에本研究는上記한一次寄生蜂2種에 대한天敵으로서의有效性을評價하기 위하여高次寄生蜂가운데優占種인 *Tetrastichus* sp.의寄生樣式, 發育速度, 增殖能力을調査하여寄生蜂에 의한害蟲의生物的防除戰略을模索하는데必要한基礎的인資料를提供하였다.

材料 및 方法

1. 寄主의 種類와 寄生樣式

담팔수나무 *Elaeocarpus sylvestris*(Lour.)에棲息하고 있는 담팔수각지벌레를採集하여一次寄生蜂의種類와 *Tetrastichus* sp.의寄生有無및習性を觀察하였다. 건전한 각지벌레個體는生理食鹽水中에서解剖하여高次寄生蜂의産卵有無를調査하였다.

한편, 寄主人 *Aneristus ceroplastae*를終齡幼蟲初期인個體(각지벌레가 완전히 미이라化되지 않은時期), 終齡幼蟲後期인個體(각지벌레가 완전 미이라化된時期), 蛹後 1-2日經過된個體, 蛹後 3-4日經過된個體, 蛹後 5-6日經過된個體로區分하여, 發育段階別로 10個體를 6個의 사레(직경 9cm, 높이 1.5m)에 넣고各 사레당交尾가 이루어진 *Tetrastichus* sp. 成蟲 3쌍을 24時間放置한後에産卵有無를確證하였으며, 産卵된個體에 대해서는 16時間照明, 25℃ 恒溫條件下에서飼育하여羽化에成功한個體數를調査하였다.

2. 發育 및 增殖能力

Tetrastichus sp.에 의해寄生된 *Aneristus ceroplastae*의蛹 50個體를 물에 적신 탈지면과 함께 사레에 넣고 20℃, 22.5℃, 25℃ 및 30℃의恒溫, 16時間照明下에서飼育하여各溫度區別로卵과幼蟲期間 및 蛹期間을調査하였다. 各個體의發育過程은 24時間마다實體顯微鏡을利用하여觀察하였다. 또한 25℃ 恒溫條件에서飼育하여 얻은 *Tetrastichus* sp. 암컷成蟲 15個體를 사레(직경 9cm, 높이 1.5cm)에各 1頭씩 넣고, 寄主人 *Aneristus ceroplastae* (蛹後 1-2日經過된個體)를包含하고 있는 각지벌레 10個體를 넣어 25℃ 恒溫, 16時間照明條件下에飼育하면서 24時間마다成蟲의死亡個體數와産卵數를調査하였다. 飼育期間中 *Aneristus ceroplastae*의蛹은 24時間마다 새로운個體로交換하였으며 *Tetrastichus* sp. 成蟲의 먹이는蜂蜜源液을含有한 종이를 사레에 부착하여供給하였다. 한편野外個體群의時期別, 寄主種類別 性比 및食餌條件에 따른 암컷과 수컷成蟲의壽命을調査하였다. 이상의調査結

果는 Reaumur가 提案한 積算溫度法則(伊藤,1975) 및 純繁殖率(Ro)世代期間(T),內의自然增加率(r) 算出方法(Birch,1948)을 利用하여 發育과 增殖에 관한 生活史 特性值를 推定하였다.

正常的으로 發育하였다.

상기한 結果에 따라 本種은 單寄生性種으로 判斷되며 Flanders(1963)의 正義한 一次寄生者가 寄生된 寄主만을 攻擊하는 直接的 二次寄生者(direct secondary parasitism)로 分類할 수 있다. 過寄生이나 同一種에 寄生하는 2가지 形態의 種內競爭에 대하여는 今後 成蟲의 寄主識別 能力 및 産卵習性에 대한 研究가 必要하나, 同一種에 寄生하는 경우 寄主密度가 顯著하게 낮은 時期에 個體群 維持機構의 要因으로서 중요한 役割을 하고 있는 것으로 思料된다.

結果 및 考察

1. 寄主種類 및 寄生樣式

Tetrastichus sp.는 一次寄生蜂 *Aneristus ceroplastae*, *Microterys flavus*, *Coccophagus hawaiiensis*의 終齡幼蟲이나 蛹에 外部寄生하는 것이 確認되었으나 *Coccophagus yoshidae*, *Encarsia* sp. 및 각지벌레에 寄生된 個體는 觀察되지 않았다. 本種은 同一寄主에 重複産卵하는 習性이 있으나 이 경우 孵化後 種內競爭에 의해 1個體만이 發育을 完了하였으며,同一種의 蛹에 産卵하여

한편 寄主 *Aneristus ceroplastae*의 發育蟲態에 따른 *Tetrastichus* sp.의 産卵有無를 調査한 結果는 Table 1.과 같다. *Tetrastichus* sp.의 成蟲은 각지벌레蟲體內에 寄生하고있는 *Aneristus ceroplastae*가 終齡幼蟲이나 蛹으로 成熟된 時期에 産卵하였으며, 終齡幼蟲이라도 각지벌레의 介殼이 미이라化 되지 않은 個體에는 産卵하지 않았다.

Table 1. Occurrence of oviposition by *Tetrastichus* sp. on different developmental stages of *Aneristus ceroplastae*.

Host stage	No. of hosts	No. of hosts	%
	examined	parasitized	
last instar larva in unummified scale	60	0	0
lost instar larva in mummified scale	54	36	66.7
1-2 day old pupa	56	51	91.1
3-4 day old pupa	57	50	87.7
5-6 day old pupa	50	42	84.0

Table 2. Emergence of *Tetrastichus* sp. adult which developed on hosts parasitized at different developmental stages.

Stage of hosts parasitized	No. of hosts	No. of adults	%
	parasitized	emerged	
last instar larva	42	39	92.9
1-2 day old pupa	51	41	86.3
3-4 day old pupa	55	45	81.8
5-6 day old pupa	48	12	25.0

寄主의 發育 蟲態別 産卵率은 蛹化後 1-2日 經過된 個體를 供試한 實驗區가 91.1%, 終齡幼蟲을 供試한 試驗區가 66.7%로 蛹化直後의 蟲態를 가장 選好하는것으로 나타났다. 羽化 成功率은 Table 2.와 같이 終齡幼蟲을 供試한 實驗區가 92.9%였으나, 蛹化後 5-6日 經過된 個體를 供試한 試驗區는 25%로 낮았다. 이러한 결과는 寄主 蟲體위에 産卵된 卵이 孵化後, 寄主의 먹이조건에 따른 攝食能力의 差異에 基因한 것으로 생각된다.

2. 發育速度 및 有效積算 溫度

各 實驗 溫度에서의 *Tetrastichus* sp.의 蟲態別 發

育所要日數는 Table 3.과 같다. 本種은 卵期間이 매우 짧으므로 幼蟲期間과 合算하였다. 設定한 溫度範圍(20℃~30℃)內의 恒溫條件에서 溫度가 높을수록 蟲態別發育所要日數는 短縮되었으며, 卵부터 成蟲까지의 全發育日數는 20℃區에서 平均 27.2日, 30℃區에서 13.8日이었다. Table 3.의 結果를 利用하여 飼育溫도와 發育速度와의 回歸直線式을 求하였다. 蟲態別로 推定된 理論的인 發育限界 溫度및 有效積算 溫度는 Table 4.와 같이 卵부터 成蟲까지의 發育限界溫度는 9.8℃, 有效積算溫度는 272日度로 計算되었으며, 이에 基礎하여 算出한 福岡市의 理論的 年間 世代數는 9世代로 推定되었다.

Table 3. Duration of immature stages of *Tetrastichus* sp. reared under different temperatures.

Temperature	Duration of stages (days±SD)		
	Egg & larva	pupa	Egg to adult emergence
20.0℃	13.9 ± 0.9	13.8 ± 1.0	27.2 ± 1.7
22.5℃	10.8 ± 0.7	11.7 ± 0.9	22.5 ± 1.2
25.0℃	8.4 ± 0.6	8.2 ± 0.5	16.6 ± 0.7
30.0℃	6.7 ± 0.5	7.1 ± 0.4	13.8 ± 0.5

Table 4. Theoretical thresholds of development(t_0) and thermal constants(K) for *Tetrastichus* sp.

Developmental stages	t_0 (℃)	K(day-degrees)
Egg to larva	10.5	128.5
Pupa	9.7	139.8
Egg to adult emergence	9.8	272.0

이는 內田(1957)에 의한 벌目 昆蟲의 發育限界 溫도와 比較하면 약간 낮은 昆蟲群類에 屬하는 種이며, 寄生 가능한 寄主가 終齡幼蟲期와 蛹期로 制限되기 때문에 野外에서의 實際 世代數는 理論的 年間世代數 보다 적을 것으로 思料된다.

3. 成蟲의 性比 및 生存期間

野外 個體群에서 時期別 및 25℃ 恒溫條件에서 寄主種類別 *Tetrastichus* sp.成蟲의 性比를 調査하였다. 時期別 性比는 5月에 雌 比率이 71%, 8月과 10月 에는 48%였으며, 寄主種類別 性比는 *Microterys flavus*에 寄生한 경우 雌比率이 62%, *Aneristus ceroplastae*에 寄生한 경우 52%였다.

Flanders(1956)와 Sandlan(1979)은 寄生天敵의 性

比率이 環境條件이나 寄主의 種類에 의해 影響받
는것으로 報告하였다. 本種의 경우 時期別 性比
의 差異가 甚하게 나타남점으로 미루어 寄主 種
類에 의한 影響보다 季節的인 變化 즉 環境條件
에 의해 支配받는 것으로 생각되며 今後 이에 대
한 檢討가 必要하다.

한편 25°C 恒溫下에서 蜂蜜 源液, 蒸溜水 및 아무
것도 給與하지 않은 成蟲의 壽命을 調査한 結果
는 Table 5.와 같다. 蒸溜水나 아무것도 給與하
지 않은 個體의 生存期間 1.2-2.8日로 매우 짧았
으나 蜂蜜原類을 給與하며 飼育한 個體의 生存期
間은 36.3-40.2日로 비교적 길었다.

Table 5. Effect of food on life span of *Tetrastichus* sp. adults at 25°C.

Food	Sex	Life span(days)
Honey	Female	40.2 ± 13.7
	Male	36.3 ± 8.2
None	Female	1.6 ± 0.5
	Male	1.2 ± 0.6
Water	Female	2.8 ± 1.2
	Male	1.9 ± 0.7

4. 增殖能力

成蟲은 羽化當時 卵巢內에 成熟卵이 觀察되지
않으나 24時間後에 成熟卵이 連續的으로 發生,
成蟲生存期間동안 繼續하여 卵을 낳았다. 이와같
은 卵巢의 發育 및 産卵經過등으로 미루어 本種은
Synovigenic種으로 判斷된다.

成蟲의 日別平均産卵數消長과 累積産卵率은
Fig. 1.과 같다. 産卵活動이 活潑한 時期는 羽化
後 3 - 12日 이었고 7日後의 平均 産卵數는 12.8
卵으로 가장 많았으며 平均 總産卵數는 220卵 이
었다. 50%累積 産卵率은 産卵開始 14日後에 達
成되었으며 그후의 日平均産卵數는 漸次 減少되
었다.

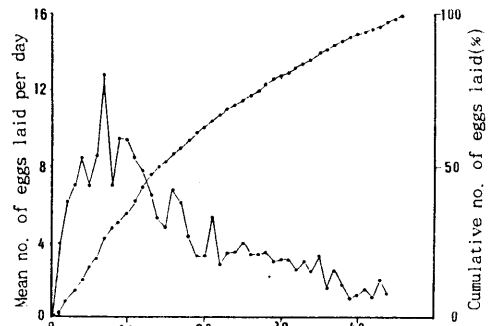


Fig. 1. Daily oviposition and its cumulative percentage of *Tetrastichus* sp.

Table 6. Life table statistics of *Tetrastichus* sp. reared at 25°C.

Parameter	Value
Net reproductive rate per generation(R_0)	99.6
Mean length of a generation(T)	32.4
Intrinsic rate of natural increase(r)	0.142/♀/day
Fertility(Total no. of eggs oviposited per female)	220.1

以上 調査된 本種의 發育, 産卵數, 性比, 壽命을 利用하여 算出한 純繁殖率, 平均世代期間, 內的 自然增加率은 Table 6.과 같다. 純繁殖率 (R_0)은 99.6으로 이는 1世代當 약 100倍 增加하는 것을 意味하며 世代期間 (T)은 32日, 內的 自然增加率 (r)은 0.142/우/日로 計算되었다. 이는 寄主인 一次寄生蜂과 같은정도의 增殖能力이 있는 種으로, 담팔수작지벌레密度增加를 抑制하는 一次寄生蜂의 密度 變動에 關與하는 主要因으로 思料된다.

引用文獻

1. Aidov, s. and A. Zaitzov, 1960. On the biology of the mango shield scale *Coccus mangiferae* (Green) in Israel. Ktavim. 10:125-137.
2. Birch, L.C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. J. Anim. Ecol. 17:15-26. De lotto, G. 1957. On some Ethiopian species of the genus *Coccus* (Hom.Cocc.), J, ent. Soc. sth. Afr. 20:295-314.
3. Douitt,R.L. and P. DeBach.1964. Some biological control concepts and questions. Reinhold. New York. pp.118-142
4. Flanders, S.E. 1963. Hyperparasitism, a mutualistic Phenomenon. Canada. Ent. 95:716-720.
5. Huffaker,C.B.,F.J.Simmonds and J.E. Laing. 1976. The theoretical and empirical basis of biological control. Academic Press.New York. 41-78
6. 伊藤嘉昭. 1975. 動物生態學. 上. 古今書院. 東京. 226pp
7. 河合省三. 1980. 日本原色カイガラムシ圖鑑. 全國農村教育協會. 455pp.
8. 金鍾國. 1990. ハラビロカタカイガラムシとその主要天敵に關する生態學的 研究. 九州大學 學位論文集. 179pp.
9. Othanes, R.Q. 1936. Some observation on two scale insects injurious to mango flowers and fruits. Philip. J. Agr. 7:129-141.
10. Sandlan, K. 1979. Sex ratio regulation in *Coccygomimus turionella* Linnaeus (Hymenoptera: Ichneumonidae) and its ecological implications. Ecol. Entomol. 4:365-378.
11. Takahashi, R. 1959. Two new genera of Coccidae (Homoptera). Kontyu. 27:74-76.
12. 内田後郎. 1957. 昆蟲 發育零點. 應動昆.1:46-53.