室内条件におけるミカンハダニの増殖と分散に関与する要因

安 田 誠

名古屋大学農学部

(1977 年 9 月 30 日 受領)

Reproduction and Factors Influencing Dispersal of the Citrus Red Mite, *Panonychus citri* (McGREGOR) (Acarina: Tetranychidae) under Laboratory Conditions. Makoto YASUDA (Laboratory of Applied Entomology and Nematology, Faculty of Agriculture, Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464, Japan) *Jap. J. appl. Ent. Zool.* **22**: 12~17 (1978)

The citrus red mite was reared singly or in a group on a citrus leaf at 25°C with 16 hr illumination. The net reproduction rate per generation (R_0) and the intrinsic rate of natural increase (r) were estimated to be 19.57 and 0.1708, respectively, on the basis of the results of the individual rearings. When a single female adult was introduced on a citrus sapling, the number of female adults increased rapidly for 3 or 4 generations to reach peak density and then decreased drastically to a low level. The phase of population increase corresponded well with the equation of exponential growth ($N_t = N_0 e^{rt}$), and the instantaneous growth rate (r_0) was estimated to be 0.113, which was very close to the estimated value of the intrinsic rate of natural increase. The rapid decline of the mite population after attaining peak density was mainly caused by the dispersal of adults. The dispersal occurred when the population increased to a high density of 40 or more female adults per leaf, which caused serious deterioration of the leaf (indicated by 80~100% of an index of injury). A mass dispersal of adults from one leaf to others was often observed under such conditions.

緒 言

我が国におけるミカンハダニ *Panonychus citri* (McGREGOR) の発生動態に関する研究は、真梶 (1959b, 1962), 田中・井上 (1970) や各地の試験場によってなされてきた。しかしながらミカンハダニは体が小さく、肉眼による観察が容易でない上、年間経過世代数が多く、世代が重なり合うなど詳細な個体群動態の解析を行なうことが困難であるため、これまでの研究では、成虫個体数の季節的消長と、それに影響を与えると考えられる種々の環境要因を個体数の変動との間の単純な相関からのみ評価しようとするものが多かった。筆者はミカンハダニの発生動態とそれに関与する要因の働き方を明らかにするためには、まず、比較的単純な室内条件下での個体群の増殖や分散、死亡の起こり方などの基本的な特性を数量的に把握することが大切で、その上でこれらの特性が野外条件下で働く種々の環境要因によってどのように変容され実現されてゆくかを解析することが必要であると考えた。

このような観点から、この論文ではまず、室内条件下

での基本的なミカンハダニの増殖能力、増殖過程での分散の起こり方、および分散の起こる发育ステージに関して調査を行なったのでその結果について報告する。

本文に入るに先立ち、御指導いただいた京都大学昆虫学研究室 巖 俊一教授、名古屋大学害虫学研究室 中筋房夫助手に心からお礼申しあげる。また、御助言、御協力いただいた名古屋大学害虫学研究室 斎藤哲夫教授、同本多八郎技官、園芸学研究室 鳥潟博高教授に感謝の意を表する。さらに、実験材料を提供して下さった農林省果樹試験場安芸津支場虫害研究室 真梶徳純博士(現在千葉大学)、シオノギ製菓株式会社油日ラボラトリーズの方々にお礼申しあげる。

材料および方法

実験に用いたミカンハダニは、1975 年 6 月に農林省果樹試験場安芸津支場虫害研究室より譲り受けた平塚産ジコホル感受性系統のもので、寄主植物としてはナツダイダイの実生の 2 年生幼木を使用した。以下の実験はすべて 25°C, 16 時間照明, 湿度 60~90%(RH) の条件下で行なった。

1. 純増殖率 (R_0), 内的自然増加率 (r) および繁殖価 (v_x) の推定

水を浸した脱脂綿上にナツダイダイの展開葉を置き、その上にミカンハダニの雌成虫を1葉当り5~10頭放飼し、1日間葉上で産卵させた。1日経過後に雌成虫を除去し、卵が孵化するまではその葉上で飼育した。孵化した幼虫は、直径6.5cmのプラスチック製カップ内に水を浸した脱脂綿を置き、その上に乗せたナツダイダイの半葉(約9cm²)上に個体別に接種し、その後の発育を調べた。雌個体には第2若虫の段階で雄を2~3頭接種し、成虫化した時交尾できるようにし、成虫化以後死亡するまで毎日産卵数を調べた。その間使用した葉は適宜新しい葉と交換した。

以上の結果から令別生存率 (l_x), 令別産卵数 (m_x) を求め、純増殖率 (R_0), 内的自然増加率 (r) および繁殖価 (v_x) を算出した。

2. 幼木内での増殖と分布様式の調査

ほぼ同一面積(約36cm²)の葉を10葉つけたナツダイダイの幼木に雌成虫を1頭放飼し、それ以後の雌成虫の増殖を1週間間隔で調査した。くりかえしは3回行なった。次に、10葉つけた幼木に雌成虫をそれぞれ20頭、40頭および80頭放飼した区を作り(親世代)、各区における第1、第2世代の雌成虫の個体数で葉を単位とした幼木内分布を毎日調査した。

3. 移動、分散の起こるステージの調査

5葉つけたナツダイダイの幼木5本のそれぞれに雌成虫を個体数を変えて放飼し、1日間植物体上で産卵させた後雌成虫を除去し、5葉当り100, 200, 400, 800, 1600卵の卵密度に調整した。そして、それ以後の発育過程における幼木上の生存数(雌雄合計)を12日後から2日間隔で調査した。実験は2回のくり返しを行なった。植物体の下にはワセリンを塗った粘着トラップを置き、落下個体が採集できるようにした。

結 果

1. 純増殖率 (R_0), 内的自然増加率 (r) および繁殖価 (v_x)

調査で得られた卵から成虫化までの平均発育要日数は雌で10.86日、雄で10.79日であった。また、得られた生存曲線 (l_x curve), 産卵曲線 (m_x curve) および $l_x \cdot m_x$ 曲線は Fig. 1 に示す通りである。これから計算した純増殖率 (R_0) は19.57, 内的自然増加率 (r) は0.1708/♀/日であった。ただし、内的自然増加率は近似式 $r = \frac{\ln R_0}{T}$ によって求めたものであり、LAUGHLIN

Fig. 1. The age-specific survivorship (l_x), fecundity (m_x) and $l_x \cdot m_x$ curves of *Panonychus citri* (MCGREGOR).

Fig. 2. The reproductive value as a function of age in *Panonychus citri* (MCGREGOR). Arrow indicates the day of the last molting.

(1965) により capacity for increase (r_0) と呼ばれているものである。また、各令の雌の次世代に対する貢献度を示す繁殖価 (v_x) を出生時のそれ (v_0) に対する相対値として示したのが Fig. 2 である。 v_x 曲線は成虫化した直後にピークになり、その後急激に減少した。

2. 幼木内での増殖と種々の密度条件下における幼木内分布

ミカンハダニが幼木内で1雌成虫から出発した時の増殖パターンを、3回のくり返しのそれぞれについて示したのが Fig. 3(左) である。この実験に使用した3本の幼木におけるミカンハダニの増殖は、いずれもピークに達するまでにほぼ4世代を経過した。これらの3本の幼木内でのピークに到るまでの増殖過程を平均して、個体数を自然対数値に変換してみると、増殖初期からピークに達するまでの増殖過程は、 $\ln N_t = -0.3542 + 0.1130t$ (ただし、 t =第1世代の雌を放飼した日を0日とした時の

経過日数, $N_t = t$ 日後の個体数)の直線式によく適合した。すなわち, この期間の増殖は指数成長の式, $N_t = N_0 e^{r_0 t}$ (r_0 : 瞬間増加率)によって表わすことができることを示している。個体数がピーク期に達した時の寄主植

Fig. 3. Left: Population changes of the female adults on citrus saplings. Each experiment was started from one female adult on a citrus sapling. Right: Fitting of the population change from start of the experiment to the period of peak density to the equation of exponential growth ($N_t = N_0 e^{r_0 t}$), represented by average for three replicate populations.

物の状態は, 森 (1964) によって示された被害程度別基準の 100% に近い状態であった。

Fig. 4 は初期密度をかえて雌成虫を放飼し, その後の増殖を調べた結果で, 各密度区の葉当り平均個体数(m)と相対集中度($\frac{m^*}{m}$)の変化をみたものである。20 頭放飼区の第 1 世代, 第 2 世代や 40 頭放飼区の第 1 世代, 80 頭放飼区の第 2 世代のように密度が低い時には, 集中度の値は相対的に低く, 変動の仕方は不規則であった。それに対して, 40 頭放飼区の第 2 世代や 80 頭放飼区の第 1 世代のように, 密度が高い時には集中度の値も高くなり, かつ 2~3 日間隔で周期的に変動した。このような差が生じる理由をより具体的に示したのが Fig. 5 である。Fig. 5 (左) は低密度時の例として 20 頭放飼区の第 2 世代, Fig. 5 (右) は高密度時の例として 80 頭放飼区の第 1 世代の各葉ごとの個体数増減を示す。低密度区では各葉ともよく似たパターンで個体数が増減しているのに対し, 高密度区では葉ごとの個体数増減のパターンにかなりの違いがみられた。さらに, 高密度区では数日の間に個体数が急激に増加したり, 急激に減少したりしている葉が散見される。そして, 例えば第 4 葉と第 6 葉で急に個体数が減少した時期に第 3 葉と第 5 葉では急に個体数が増加しているといったように, 隣接する葉における個体数増減の時期に違いがあり, 隣り合う葉への移動が集团的に起こっていることが示唆される。また, このような時期に植物体の下に粘着トラップを設置しておくと, 多くの個体が集中的に落下していることも観察

Fig. 4. The changes in the number of female adults and in an index of aggregation ($\frac{m^*}{m}$) on saplings infested with different initial densities of mites. Heavy line shows the number of females and thin line shows $\frac{m^*}{m}$.

Fig. 5. Daily changes in the numbers of female adults on individual leaves of citrus saplings. Left: The second generation in a low-density plot where 20 female adults were released on a sapling at the start of the experiment. Right: The first generation in a high density plot where 80 female adults were released at the start of the experiment. The numbers in the figure indicate the leaf level from the top.

Fig. 6. Comparison of survivorship curves among the populations started from different egg densities on citrus saplings.

された。

3. 移動、分散を行なうステージ

Fig. 6は発育の過程におけるこみあいの影響を幼木上のミカンハダニの密度区別の生存曲線によって示したものである。個体数は雌雄合計で示してあるが、成虫期に入り交尾をすませた雄は植物体上から脱出するのか、あるいは死亡するのか明白ではないが急激に減少した。その結果、経過日数20日以後の個体数はほとんど雌成虫

のみとなった。卵から成虫化するまでの死亡率はどの密度区でも低く、さらに密度区間の死亡率に大きな差がみられず、生存曲線はほぼ平行となった。このことは、この時期の死亡は実験を行なった密度の範囲内では密度独立的事象であることを示唆している。この時期の死亡要因は、卵の未孵化によるものがほとんどであった。これに対して、成虫期の減少は生存曲線の傾きからみて密度の影響を受けていると考えられる。すなわち、200頭区を除けば、密度が高くなるに従って生存曲線の傾きが大きくなり、密度依存的な死亡（又は消失）が起こっていることを示している。200頭区の急激な減少の理由は不明である。この時期の死亡は、植物体からの落下や幼木の根元に塗ったワセリンにとらえられたものがほとんどであった。

考 察

調査で得られた卵から成虫化までの発育所要日数は、福田・真梶 (1954), 真梶 (1959a) により求められた 25°C で 14.1 日という値よりかなり短かった。ただし、GUPTA *et al.* (1974) はハダニ科の *Oligonychus indicus* HIRST において、また FASHING (1975) はコナダニ科の *Naiadacarus arboricola* FASHING において発育期間がその寄主植物の種類によって異なることを指摘しており、ミカンハダニにおいても寄主植物の種類やその栄養条件などによって変化するものと考えられる。本調査では一応ミカンハダニにとって最適と思われる条件下での個体群パラメーターを得るのが目的であるため、卵から成虫化までの発育期間を 11 日として、内的自然増加率 (r) 0.1708 を得た。

ミカンハダニの室内条件下での幼木内の増殖の仕方は、雌が1頭でも侵入するとそれ以後急激な増加傾向を示し、ピークに達した後また急激な減少を示す。この増加期を指数増加式へあてはめて得られた瞬間増加率 (r_0) は 0.1130 であり、さきに得られた内的自然増加率 (r) と比較するとやや低い。幼木内での急激な増加は潜在的な増加率に近い速度で指数増殖を行なっているといえる。また、個体数がピークに達した後の減少は、ハダニ個体間の干渉の強まりや植物体の栄養状態の悪化によるこみあいの影響によって、幼木からの移動分散が引き起こされる結果であると思われる。そして、その移動分散はほぼ成虫によると考えられた (Fig. 6)。HUSSEY and PARR (1963) はナミハダニ *Tetranychus urticae* KOCH において、分散の傾向は過密の状態で行った産卵前の雌成虫で著しいと述べている。ミカンハダ

ニにおいても、成虫期初期の分散はほぼこのような産卵前の雌成虫によることが示唆された。また、DINGLE (1974) は一般に昆虫の移動は繁殖値 (v_x) が最大値になる時期の成虫によって行なわれることを指摘しており、この研究の結果でも v_x の最大値が産卵後 13 日目で、成虫化脱皮後 2 日目であること (Fig. 2), 卵密度の異なる個体群でみた生存曲線が産卵後 12~16 日の間で急激に減少すること (Fig. 6) から、DINGLE (1974) の説を支持するものであると思われる。

次に、根元にワセリンを塗り逃亡防止をした幼木で高密度時に見られた葉から葉への集団的な移動現象は、1 葉当りの雌成虫密度が 40 頭前後に達したり、植物体の状態が被害程度別基準 100% (森, 1964) に近くなって引きおこされた。ミカンハダニにおいて、成虫期は他の時期に比べて活動性が高く、通常葉から葉へのランダムな移動が起こっていると考えられ、そのため、低密度時には寄主植物体内の分布がランダム分布に近くなるが (Fig. 4), 増殖がその寄主植物の収容力近くかそれを上まわると、こみあいすぎの影響が顕著に現われ、集団的な移動が生じるものと考えられる。このような集団的移動がどのようにして引き起こされるかは明らかでないが、1 日のうちに多数の個体が隣接する葉に移ってしまうことから、増殖過程である程度以上の個体が 1 枚の葉に生息するようになった場合は個体間の干渉が強くなり、それが葉内の個体群全体の行動を不安定にして移動が引き起こされるものと考えられる。つまり、ミカンハダニはその指数的增长傾向からも示されるように、本質的にはこみあいに対して感受性が低く、この性質があるレベルを越えたこみあいすぎの状態をつくり出し、最終的に集団的移動を引き起こすことにより個々の植物体上での個体群密度の調節が行なわれているのであろう。このように分散が局所的な密度に依存して起こる例として、伊藤 (1952) はムギヒゲナガアブラムシ *Macrosiphum akebiae* SHINJI (= *M. granarium* KIRBY) の増殖分散を調査し、個体群の増加がロジスチック曲線の変曲点を過ぎるころに分散が急に起こることを示している。ただし、ムギヒゲナガアブラムシがロジスチック的増殖を示すのに対し、ミカンハダニは指数的增长を示すという違いがある。このことは、ムギヒゲナガアブラムシにおいては極端な高密度状態になる前にこみあいによる分散が徐々に引き起こされているのに対し、ミカンハダニはこみあいに対して敏感でなく、こみあいすぎやそれに伴う寄主植物の栄養状態の極端な悪化が分散を引き起こす主要因になっていることを示すものであろう。

摘 要

室内条件下におけるミカンハダニの増殖及び増殖過程での分散の起こり方を調査した。

1) 雌の生存曲線 (l_x), 産卵曲線 (m_x) 及び $l_x \cdot m_x$ 曲線を求め、これから純増殖率 (R_0) と内的自然増加率 (r) を求めた。 R_0 は 19.57, r は 0.1708/♀/日であった。

2) 室内条件下での増殖は、雌成虫が 1 頭でも侵入すると、それ以後指数的增长傾向を示した。ピーク以後の個体数の減少も急激で、食い尽くしの増殖傾向を示すものと推測された。

3) ピーク以後の減少は、植物体上でハダニ密度が高まり (1 葉当り雌成虫が 40 頭位), それに伴い植物体の栄養状態が悪化 (被害程度別基準 80~100%) して、こみあいすぎの影響が顕著に現れて初めて引き起こされる。この時、集団的移動と思われる現象も観察された。

4) 分散の主体となるのは成虫期の個体によるものと推測された。

引用文献

- DINGLE, H. (1974) The experimental analysis of migration and life-history strategies in insects. In "Experimental Analysis of Insect Behaviour" (L. B. BROWNE ed.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg and New York: 329~342.
- FASHING, N. J. (1975) Influence of temperature and food on development and population dynamics of *Naia-dacarus arboricola* FASHING (Acarina: Acaridae). *Acarologia* 17: 138~152.
- 福田仁郎・真梶徳純 (1954) ミカンハダニの發育に及ぼす温湿度の影響 I. 卵の發育に及ぼす温湿度の影響. 東海近畿農試研報 (園芸) 2: 160~171.
- GUPTA, S. K., M. S. DHOORIA and A. S. SIDHU (1974) Effect of food and temperature on the development, longevity and fecundity of sugarcane red spider mite, *Oligonychus indicus* (HIRST). *Acarologia* 16: 436~440.
- HUSSEY, N. W. and W. J. PARR (1963) Dispersal of the glasshouse red spider mite, *Tetranychus urticae* KOCH (Acarina, Tetranychidae). *Ent. exp. appl.* 6: 207~214.
- 伊藤嘉昭 (1952) アブラムシ数種の増殖型式—特に棲息密度と移動との関係について. 個体群生態研究 1: 36~48.
- LAUGHLIN, R. (1965) Capacity for increase: A useful population statistic. *J. Anim. Ecol.* 34: 77~91.

森 介計 (1964) ミカンハダニの発生と天敵類の活動およびこれらの薬剤散布との関係. 愛媛果試研報 4: 43~55.

真梶徳純 (1959a) ミカンハダニの発育に及ぼす温湿度の影響 II. 孵化以後の発育形態に及ぼす温湿度の影響. 東海近畿農試研報 (園芸) 5: 129~142.

真梶徳純 (1959b) ミカンハダニの季節的発消長に関する研究 I. 柑橘苗木におけるミカンハダニの消長について. 東海

近畿農試研報 (園芸) 5: 143~146.

真梶徳純 (1962) ミカンハダニの季節的発消長に関する研究 II. Peak 時の生息数と環境因子との相関関係. 園試報 B 1: 182~191.

田中 学・井上晃一 (1970) カンキツ園における天敵利用に関する基礎的研究 II. ミカンハダニの発生予察法について. 園試報 D 6: 1~40.

新 刊 紹 介

Los afidos de Cuba. JAROSLAV, H. (1974) Instituto Cubano del Libro, La Habana, 304pp.

中南米のアブラムシに関する分類学的研究は比較的少ない。アルゼンチンにおける BLANCHARD (1922~1945) の一連の報告のほか、量的にある程度まとめたものとしては BAKER (1934) や ESSIG (1953) の研究があり、最近では未発表であるが、ZUNIGA and SUZUKI などによって研究がなされているようである。カリブ海域では BRUNER *et. al.* (1945), SMITH (1963, 1971) および MÜLLER and SEIDER (1968) が出されている程度である。

上記の BRUNER *et. al.* (1945) はキューバの有用植物に対する有害昆虫のカタログで、アブラムシは 33 種が挙げられている。MÜLLER and SEIDER (1968) では、第二著者である SEIDER 女史が、1965 年から 1966 年にかけての半年ほどの間にキューバで採集した 230 点余の標本に基いて、27 種のアブラムシを記録した。ここに紹介する論文は、その著者が 1965 年から 1967 年にわたって行なったキューバでの調査に基き、また BRUNER *et. al.* (1945) の材料をも併せてまとめられたもので、83 種が認められている。言うまでもなくキューバは小さな島国で、キューバ島とその周辺の小さな島から成っている。総面積にして日本の近畿・中国・四国・九州を合せた程度しかない。それにしても、日本から記録されているアブラムシの種類数約 700 に比較して、かなり少ない数である。しかし、本書の著者による調査は、キューバのほぼ全域にわたって行なわれたもので、採集されたアブラムシの標本は約 3000 点に及び、その寄主植物は 689 種に達している。従って、本書の内容はキューバのアブラムシ相の概要を明らかにしていると考えて差支えないであろう。一般に熱帯アメリカのアブラムシ相は貧弱であると言われており、本書はそのことをよく表わしていると思われる。本書の構成は次のとおりである。

第 1 章 形態および術語、第 2 章 生態、第 3 章 害虫としての重要性、第 4 章 キューバ産アブラムシの起源と地理的分布、第 5 章 アブラムシの採集法・標本保存法、第 6 章 キューバ産アブラムシの分類表および検索表、第 7 章 キューバ産アブラムシおよびキューバに侵入する可能性のあるアブラムシの記載。

最初の 5 章は、第 4 章でキューバのアブラムシ相の特質をかなり詳しく論じているほかは、アブラムシの形態・生態等についての基礎的な知識を簡略に概説した部分である。第 7 章の「種の記載」が第 6 章の検索表とともに本書の最も主要な部分をなしており、量的にもこの 1 章で全体の半分近くを占めている。この章では全ての種について、分類学上重要な形態的特徴の記述がなされている。これは検索表による同定作業の結果を確認できるように意図されたもので、これに付記された寄主植物、産地、生態的特質に関する知見も同定に際しては有力な手がかりになるであろう。更に、現在キューバに産することが知られている種だけでなく、気流に乗り、或いは人間活動に伴って将来キューバに入り込む可能性の強い種については、その近縁種との区別が可能となるように、注釈や検索表が与えられている。なお、巻末には 64 図版におよぶ部分図や全体図があり、また寄主目録文献表などが示されている。

総じて本書は、その序文で著者自身が述べているように、キューバにおけるアブラムシの研究に携わろうとする研究者に対して、同定のよき手引きとなり、この地域のアブラムシに関する研究を更に発展させていくための礎を用意することを目的としたものであるということができよう。

なお、本書の著者 Dr. J. HOLMAN は Czechoslovak Academy of Science に所属する研究員で、主として東欧、ソ連、蒙古などのアブラムシを対象とした分類学的研究によって知られている。
(草地試 宮崎昌久)