

AFC 構内農場のリンゴ園におけるハダニとその天敵類の 発消長ならびに空間分布について

丹羽康之*・城倉友幸**・中村寛志**

* 信州大学大学院農学研究科食料生産科学専攻

** 信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター

要 約

リンゴ園におけるハダニ類とその天敵類の発消長ならびにナミハダニの空間分布構造を解析するため、信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター構内ステーション農場のリンゴ園で、2002年6月28日から10月25日の間に計13回、葉あたり個体数の調査を行った。その結果、ハダニ類ではナミハダニが8月下旬をピークとする発消長パターンを示し、調査を通しての平均値は、卵、幼虫・若虫・成虫ともに10葉あたり約200個体もみられたが、リンゴハダニはわずかであった。天敵としてカブリダニ類やハダニアザミウマが確認された。^{*}m-m回帰分析法を用いて、発生量の多かったナミハダニについて葉あたりおよび樹木あたりの空間分布様式を解析した結果、葉あたりでは $\alpha > 1$, $\beta > 1$ となり、一定サイズのコロニーがやや集中して分布していること、樹木あたりでは $\alpha > 1$, $\beta = 1$ となり、一定サイズのコロニーがランダム分布していることが分かった。

キーワード：リンゴ園，ハダニ，天敵，発消長，空間分布

緒 言

日本のリンゴ園において、ハダニはその被害が深刻な害虫の1つである。なかでもミカンハダニ *Panonychus citri*, クワオオハダニ *P. mori*, リンゴハダニ *P. ulmi*, ナミハダニ *Tetranychus urticae*, カンザワハダニ *T. kanzawai*, オウトウハダニ *T. viennensis* の6種が特に重要であるとみなされている(江原・真梶, 1975¹⁾)。しかし、この40年ほどで、リンゴ園において優占するハダニ種も、様々な害虫の中で大きく変化してきた。1950年代にはリンゴ園で優占するハダニはリンゴハダニであり(山田, 1974²⁾)、この頃にはハダニは防除対象外の二次的害虫であった。しかし、次第にナミハダニの発生が増加し、1980年代以降ナミハダニがリンゴ園での優占ハダニ種となった(成田・高橋, 1981³⁾; Kadono, 1998⁴⁾)。その過程でハダニはリンゴ園に発生する害虫の中でも特に防除の難しい主要害虫となった。

この変化の原因の1つとして、殺虫剤の散布による天敵密度の減少があげられる。日本のリンゴ園では、クサギカメムシ *Halyomorpha mista* やモモンカイガ *Carposina niponensis*, リンゴコカクモンハマキ *Adoxophyes orana fasciata* といったキー・ベストに対する過度の殺虫剤散布によって、ハダニ

の天敵の発生が妨げられてきた。そしてもう1つの要因は、ハダニの殺虫・殺ダニ剤に対する抵抗性のすばやい発達がある。特にナミハダニとカンザワハダニは様々な殺虫剤に対する抵抗性を発達させる能力に秀でている(Goka, 1999⁵⁾)。このようにハダニが難防除害虫化した背景には、化学農薬への過度の依存があったといえる。

近年このような難防除害虫の顕在化、そして薬剤の高コスト化や環境への負荷といった問題を解決するべく、化学的防除だけに頼らず、耕種的防除や物理的防除、生物的防除などの種々の防除を組み合わせることで害虫個体群をコントロールする総合害虫管理(IPM)という技術の開発が進められている。著者らは、リンゴ園におけるIPMを案出するためには、ハダニ類とその天敵類の生態に関する諸種の基礎情報を得ることが大切であると考え、その一つとしてリンゴ園におけるハダニ類とその天敵類の発消長の調査と、ナミハダニの空間分布構造を解析したので報告する。

材料及び方法

1. 調査地の概要

調査は信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター(以下AFCとする)構内ス

表1 構内ステーション農場の果樹園における2002年防除実績

散布月日	殺虫剤・殺ダニ剤	殺菌剤
3月下旬		石灰硫黄合剤
4月22日	DDVP	アントラコール水和剤500倍, トップジンM水和剤2000倍
5月1日	トアローCT 水和剤1000倍	スパットサイド水和剤1000倍, トップジンM2000倍
5月9日	リンナックル水和剤1000倍	アントラコール顆粒水和剤500倍
5月26日	リンナックル水和剤1001倍	ジマンダイセン水和剤500倍
6月10日	トクチオン水和剤1000倍	パルノックス水和剤1000倍
6月26日	マイクロデナポン水和剤1000倍	ジマンダイセン水和剤700倍
7月9日	サイアノックス水和剤1000倍, ニッソラ ン水和剤2000倍 (※)	4-12式ボルドー
7月15日	スミチオン1000倍	3-9式ボルドー
8月1日	スカウトフロアブル2000倍	キノンドウフロアブル1000倍
8月21日	スカウトフロアブル2000倍	アリエッティC水和剤1000倍
9月26日	スカウトフロアブル2000倍	アリエッティC水和剤1001倍

※は殺ダニ剤を示す。

テーション農場の果樹園でおこなった。ここでの病害虫防除は一般的な慣行防除を行っている。表1に本調査園における2002年の防除実績を示した。

2. ハダニと天敵類の調査

調査は‘ふじ’と‘ジョナゴールド’の2品種についてそれぞれ5樹を選定し、調査日ごとに1樹あたり10葉を任意に採集し、1葉ごとにハダニとカブリダニをはじめとする天敵類を調査した。それぞれの種について卵とその他の発育ステージ（幼虫、若虫、成虫）の2つに分類して個体数をカウントした。ハダニ類についてはナミハダニを含む *Tetranychus* 属、リンゴハダニを含む *Panonychus* 属に分けてカウントした。

調査は2002年6月28日から10月25日の間で、ほぼ10日おきに計13回行った。また個体数のカウントにはブラッシングマシンを用いた。

3. 空間分布様式の解析方法

分布解析は区画あたりの平均値 \bar{m} と平均こみあい度 \bar{m}^* を用いた m - m^* 回帰分析法 (Iwao, 1968⁶⁾) により行った。ある個体が平均何個体の他の個体と同じ場にいるかを示す平均こみあい度 \bar{m}^* は次式

$$\bar{m}^* = \bar{m} + \sigma^2 / \bar{m} - 1$$

で与えられる。ここで σ は、母標準偏差を示す。本研究では σ を標本から求めた不偏標準偏差に置き換えて \bar{m}^* を求めた。

m - m^* 回帰分析法においては、 \bar{m} と \bar{m}^* は次式

$$\bar{m} = \alpha + \beta \bar{m}^*$$

で示される直線関係となり、切片 $\alpha + 1$ の値はその種の分布の基本単位となる集団（コロニー）の平均

サイズを、傾き β はこの集団の分布の集中度を示している。例えばポアソン分布のときは1個体単位のランダムな分布なので、 $\alpha = 0$, $\beta = 1$ となる。そして α が0より大きくなるに従い分布の基本単位となる集団のサイズが大きくなり、 $\beta > 1$ のときはこの集団が集中分布していることを、また $\beta < 1$ のときは一様分布していることを示している。本研究ではこの m - m^* 回帰分析法を用いて、発生量の多かったナミハダニについて葉あたりおよび樹木あたりの空間分布様式を解析した。

結 果

1. 本調査で確認されたハダニと天敵類

表2に本調査で確認されたハダニと天敵類およびそれらの10葉あたりの平均個体数を示した。これによると2002年は卵および幼虫・若虫・成虫ともに、ナミハダニがほとんどを占める *Tetranychus* 属のハダニ類の個体数が最も多かった。また天敵としてカブリダニ類やハダニアザミウマが確認された。確認種の詳細については以下に述べる。

ナミハダニ 13回の調査における *Tetranychus* 属の卵の10葉あたりの平均値は250個体、幼虫・若虫・成虫は194個体であった。本調査ではこのうちほとんどがナミハダニで、ハダニ類の中でもっとも密度が高い種であった。

ナミハダニはダニ亜綱 (Acari) ハダニ科 (*Tetranychidae*) に属する中型のダニで、成虫の体長は400~500 μ m ほどである (図1)。胴体の左右に2つの黒紋を持ち、体色により黄緑型と赤色型に分けられる。本種の分布は世界各地に及び、寄主植物は果樹に限らず野菜・花卉など多岐にわたる。

表2 ハダニと天敵類のリンゴ品種別の10葉あたりの平均個体数

種名と発育段階	調査回数	1回あたりの 調査樹木数	ふじ	ジョナゴールド
			平均値±S.E.	平均値±S.E.
<i>Panonychus</i> 属の卵	13	5	0.29±0.32	0.15±0.44
<i>Panonychus</i> 属の幼・若・成虫	13	5	0.03±0.08	0.00±0.00
<i>Tetranychus</i> 属の卵	13	5	250.40±504.73	102.62±185.57
<i>Tetranychus</i> 属の幼・若・成虫	13	5	193.89±366.69	103.415±173.98
カブリダニ類の卵	13	5	0.98±2.56	0.431±1.05
カブリダニ類の幼・若・成虫	13	5	1.78±3.80	1.492±3.04
ハダニアザミウマ成虫	13	5	0.26±0.54	0.338±0.61

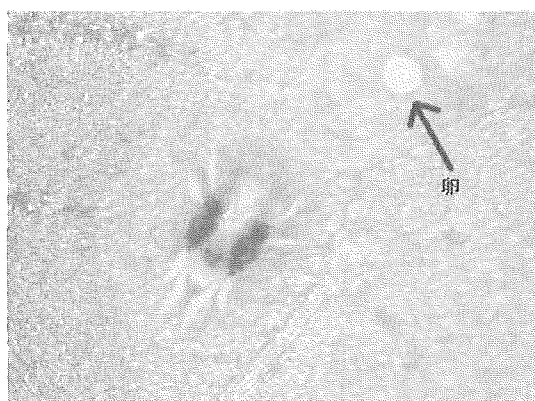


図1 ナミハダニの雌成虫と卵

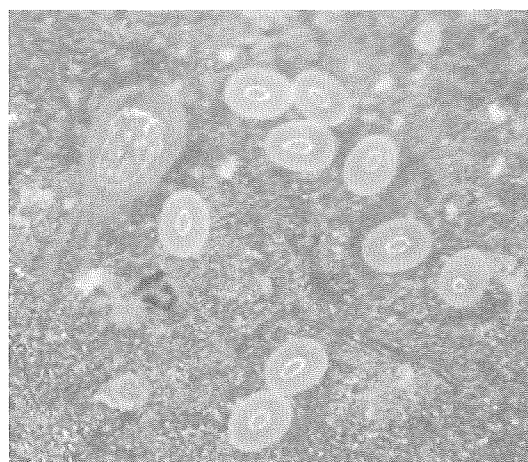


図3 ミヤコカブリダニの雌成虫と卵

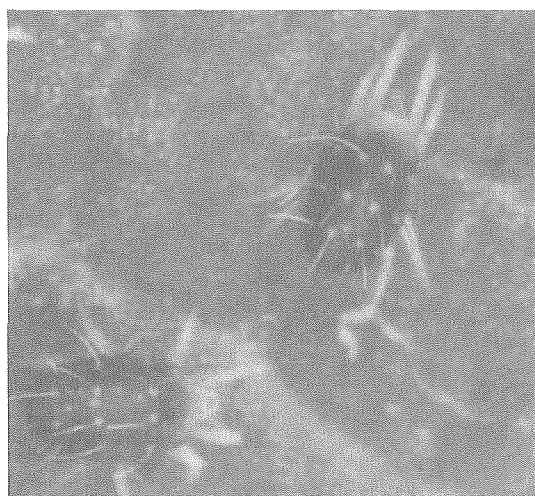


図2 リンゴハダニの雌成虫

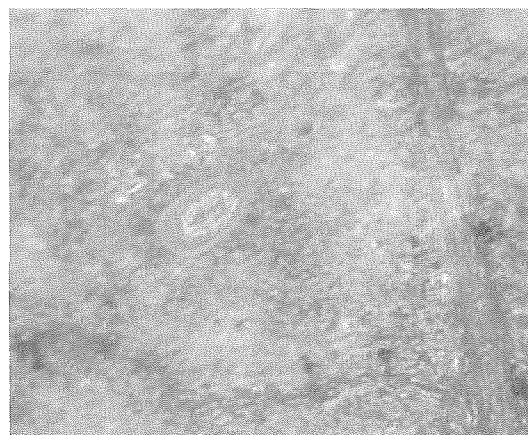


図4 ケナガカブリダニの雌成虫

ハダニの中でも発育速度が速く、25°Cでは約10日で1世代を繰り返すこと、そして薬剤抵抗性の発達が特に早いことから農生態系における主要な難防除害虫となっている。

リンゴハダニ リンゴハダニはハダニ科に属し、雌成虫の体長は400μm内外である(図2)。日本では北海道と本州に分布し、リンゴ、ナシ、モモ、アンズなどのバラ科に寄生する。バラ科に寄生する日本産の *Panonychus* 属ハダニは他にミカンハダニ *Panonychus citri* とクワオオハダニ *Panonychus*

mori がある。これら3種には胴体背面の毛の基部に瘤があるのが特徴であるが、リンゴハダニはこの瘤が白色で、赤色の瘤をもつ他の2種とは異なることで、同定が可能である。

リンゴハダニを主体とする *Panonychus* 属の個体数は *Tetranychus* 属より遙かに少なく、卵の10葉あたりの平均値は0.292個体、幼虫・若虫・成虫は0.031個体であった。

カブリダニ類 本研究でのカブリダニ類とはカブリダニ科(Phytoseiidae)に属するダニを指し。ミヤ

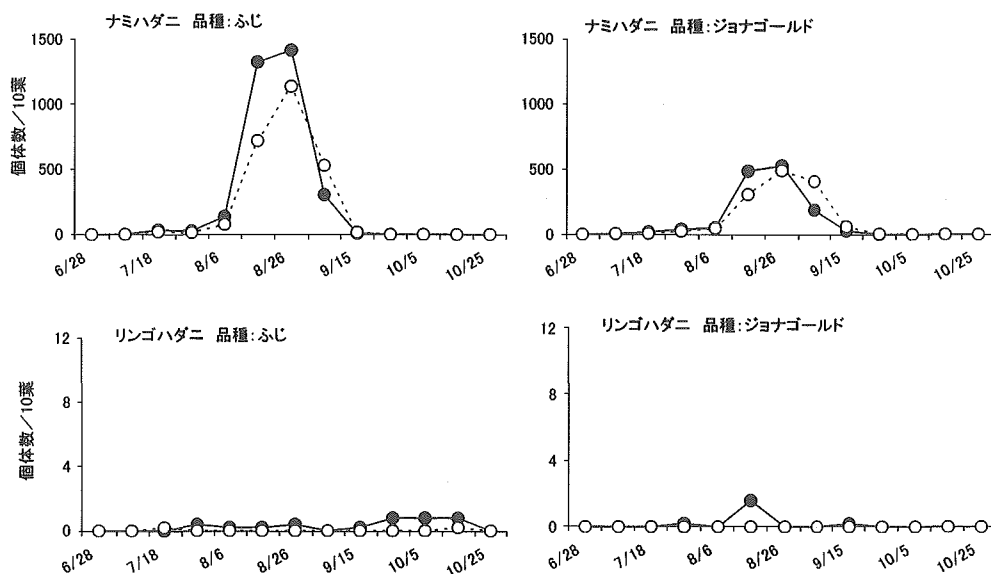


図5 ナミハダニとリンゴハダニのリンゴ品種別の発消長

●—●: 卵, ○··○: 幼・若・成虫

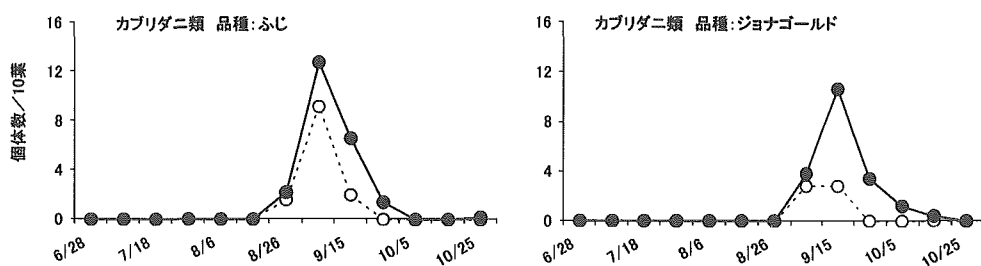


図6 カブリダニ類の品種別発消長

●—●: 卵, ○··○: 幼・若・成虫

コカブリダニ *Amblyseius californicus* (図3), ケナガカブリダニ *Amblyseius womersley* (図4) が確認された。これらの種は植物寄生性のハダニやフシダニなど害虫となるダニ類を捕食する天敵として知られている。植物上に普通に見られ、体長は300~400 μ mと、一般にナミハダニよりも小さい。本調査では卵の10葉あたりの平均値は0.985個体、幼虫・若虫・成虫は1.785個体であった。

2. 発消長

‘ふじ’ と ‘ジョナゴールド’ の調査品種別について、ナミハダニとリンゴハダニの2種およびカブリダニ類の発消長を図5と図6に示した。

ハダニ類では‘ふじ’, ‘ジョナゴールド’ の両品種ともナミハダニがかなり多く発生した。両調査品種において卵, 幼虫~成虫ともに8月26日をピークとする発消長パターンを示し, 9月25日以降は発生がほとんど確認されなかった。一方, リンゴハダニは両品種において, 調査期間中は発生数が少な

く, 発生のピークらしいピークもみられなかった。調査した両品種において8月中旬以降, 葉裏が微かに褐色に焼ける現象がみられた。

カブリダニ類では, ‘ふじ’ と ‘ジョナゴールド’ の両品種において, 発生時期はやや違いが見られたが, 発消長のパターンは類似していた。‘ふじ’ では8月26日に初めて幼虫~成虫の発生が確認され, 翌9月5日に10葉あたり12.8個体でピークに達した。他方, ‘ジョナゴールド’ では9月5日が幼虫~成虫の発生が確認された最初の調査日であった。そして9月15日には10葉あたり10.6個体で発生のピークになりその後は減少した。

3. ナミハダニの空間分布

葉あたり分布 ナミハダニの発育ステージを, 卵期と幼虫~成虫を込みにしたステージの2つに分け, ‘ふじ’ と ‘ジョナゴールド’ の各品種ごとに葉あたりの空間分布様式の解析をm-m回帰分析法で行った(図7)。その結果, 卵では‘ふじ’ で $\alpha =$

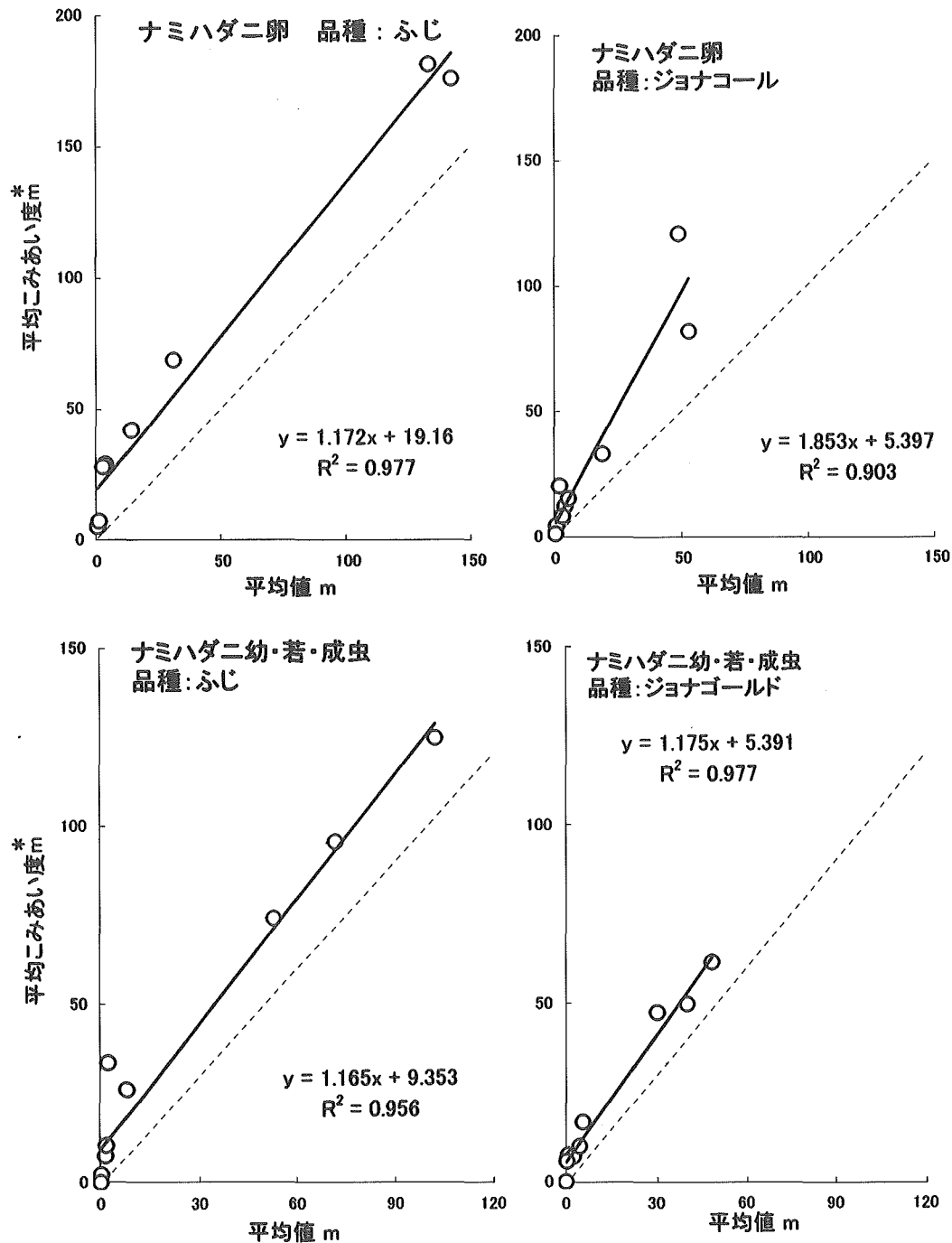


図7 ナミハダニのリンゴ品種別葉あたりのm-m回帰分析
波線はポアソン分布を示す

19.16, 'ジョナゴールド' で $\alpha = 5.3971$ とリンゴ品種により違いはあるものの、どちらも $\alpha > 1$, $\beta > 1$ となり、一定サイズのコロニーを持ち、それがやや集中して分布していることが分かった。幼虫～成虫においては、分布の単位を表す α が 'ふじ' で 9.353, 'ジョナゴールド' で 5.391, 集団の分布型を示す β の値が 'ふじ', 'ジョナゴールド' でそれぞれ 1.165, 1.175 となり一定サイズの集団がやや集中分布していることが示された。

樹木あたり分布 葉あたりの分布と同じく樹木あたりについても同様にm-m回帰分析法で行った(図8)。その結果、卵については α 値が 'ふじ' で 31.468, 'ジョナゴールド' で 6.978 と、'ふじ' がかなり高い値となったが、 β 値は 'ふじ' で 1.025, 'ジョナゴールド' で 1.051 といずれの品種も $\beta \approx 1$ となり、大きなコロニーを分布単位としてそれらが樹木あたりでランダム分布していることを示していた。幼虫～成虫についても卵と同様 'ふじ' で $\alpha =$

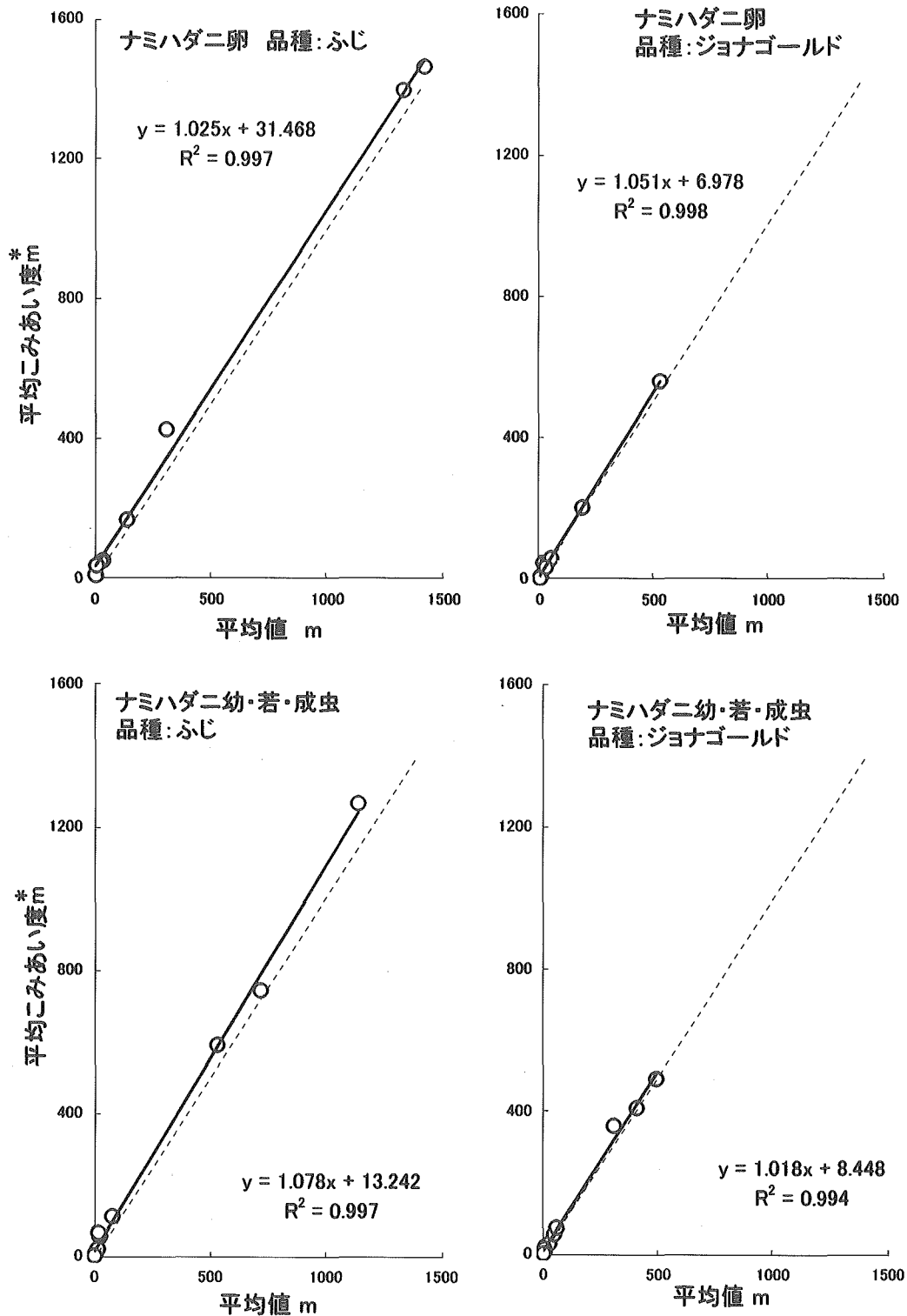


図8 ナミハダニのリンゴ品種別樹木あたりの m - m 回帰分析
波線はポアソン分布を示す

13.242と高く, 'ジョナゴールド' も $\alpha = 8.448$ と高い値になった。一方, β 値は, 'ふじ' で1.078, 'ジョナゴールド' で1.018となり, コロニーを単位としてそれが樹木あたりにランダム分布しているという解析結果になった。

考 察

発生消長の調査では, ナミハダニの発生のピークからやや遅れて天敵であるカブリダニの発生ピークが見られた。これは捕食者と被捕食者の典型的な遅延型密度依存を示しているといえる。つまりカブリ

ダニはハダニを餌とすることで増加し、その発生をハダニに依存しているということを示している。IPM という技術の中で天敵の果たす役割は大きいですが、その天敵を利用するためには餌となる害虫も必要である。害虫を完全に圃場から駆除するのではなく、被害の出ない程度に管理することが重要であろう。

空間分布構造の調査では、リンゴの品種によって分布構造に違いが見られた。‘ジョナゴールド’より‘ふじ’の方が全般に α の値が高くなったのは、‘ふじ’でのナミハダニの発生がかなり多かったためであると考えられる。リンゴ品種間での、このハダニ発生数の違いのはっきりとした原因は不明である。しかし両品種とも散布された薬剤に違いがないため、この違いはリンゴ品種による葉表面の微小構造の違いによるものと思われる。また β の値から、これら分布単位のコロニーは樹木あたりでは卵、幼虫～成虫ともにランダム分布を示したが、葉あたり

ではわずかに集中分布を示した。中村・岡本^{*}(1983)⁷⁾は、茶樹園のカンザワハダニについて、m-m回帰分析法を用いて葉あたりの空間分布構造を解析しているが、 β の値はいずれの発育ステージでも1より相当大きく、また α の値は卵期で最も大きく成虫期ではほぼ0であった。この β の値のちがいは2種のハダニ成虫の行動や摂食パターンの相違を反映しているものと考えられる。

ナミハダニはハダニの中でも最も発育速度が速いことが知られている。そのため発生初期の防除を逃すと大発生になりかねない。最近ではミヤコカブリダニが生物農薬として登録された。今後生産現場でハダニ類の防除にこのような生物農薬を使用する機会が増えてくることが予想されるが、ナミハダニなどの集中分布する害虫に対しては、園内のどこに多く発生しているかを見極めて、これらをより有効に使用していかなければならないだろう。

引用文献

- 1) 江原昭三・真梶徳純編(1975) 農業ダニ学. 全国農村教育協会. 328pp.
- 2) 山田雅輝(1974) ダニ類によるリンゴの被害の実態と防除. 植物防疫28(3): 113-115.
- 3) 成田 弘・高橋佑治(1981) ナミハダニ(*Tetranychus urticae* Koch)の生態と防除に関する研究 第1報 積雪地帯における越冬場所と生存率. 秋田県果樹試験場研究報告13: 33-45.
- 4) Kadono F. (1998) Historical changes in species of spider mites in deciduous fruit orchards and its status of resistance to acaricides in Japan. *Agrochemicals Japan* 72: 4-7.
- 5) Goka, K. (1999) The effect of patch size and persistence of host plants on the development of acaricide resistance in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 23: 419-427.
- 6) Iwao, S. (1968) A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations, *Res. Popul. Ecol.*, 10: 1-20.
- 7) 中村寛志・岡本秀俊(1983) 茶樹園におけるカンザワハダニ *Tetranychus kanzawai* KISHIDA (蜘蛛目, ハダニ科)の個体群に関する一研究. 香川大学農学部学術報告34(2): 147-155.

Seasonal prevalence of occurrence and the spatial distribution of spider mites and their natural enemies at the apple orchard of AFC Campus Station Farm

Yasuyuki NIWA*, Tomoyuki JYOKURA**, and Hiroshi NAKAMURA**

*Graduate School of Agriculture Science, Shinshu University

**Education and Research Center of Alpine Field Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University

Summary

Seasonal prevalence of occurrence and the spatial distribution of spider mites and their natural enemies were investigated at the apple orchard in the Campus Station Farm, Education and Research Center of Alpine Field Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University. Investigations were done 13 times during the 5 months from June 28th to October 25th in 2002. The highest peak of occurrence of the

spider mite, *Tetranychus urticae* was observed in the last ten days in August. Its average number s of the egg and the other developmental stages were both about 200 individuals per 10 leaves. *Panonychus ulmi* occurred few. *Amblyseius californicus* and *Scolothrips takahashii* were found as the natural enemy. From the m-m regression analysis method, the parameters of the spatial distribution per leaf and tree of *T. urticae* were $\alpha > 1$, $\beta > 1$ and $\alpha > 1$, $\beta = 1$, respectively. This showed that a colony with constant size is distributed contiguously per leaf and randomly per tree.

Key word : apple orchard, spider mite, natural enemy, seasonal prevalence of occurrence, spatial distribution