

イチゴに寄生するハダニの密度推定法

第2報 低密度時における密度推定

合田 健二

I 緒言

前報¹⁾では、半促成栽培におけるイチゴハダニの密度推定法を述べたが、本圃初期の低密度時におけるハダニの分布は、ハウス内で局部的に、きわめて集中度の高い分布を示すために、調査を困難にしている。そのため、サンプル単位の小型化(小葉単位)と少数化(株当たり1枚)によって調査株数を増加させる等の改良を計ったが、低密度時では密度推定のための必要標本数が多すぎる、簡易な密度推定を行うための、寄生葉率と平均密度の関係が不安定である等の問題点を残した。したがって、低密度時におけるイチゴハダニの密度推定法をさらに検討する必要がある。

また、定植から保温開始までの時期は、発生予察ばかりでなく、イチゴハダニの防除にとっても重要な時期であるが、この時期のハダニは一般にきわめて低密度であり、目につくことが少ない。そのため、調査法についても検討されることは少なかった。本報では、1981年11月~1984年1月の3シーズンにわたって、保温開始前までのイチゴに寄生するハダニ密度を調査したデータを基に、低密度時におけるハダニ密度の推定法を検討した。なお、本調査は、病害虫発生予察特殊調査事業により行った。

II 調査圃場及び調査方法

調査対象圃場は栃木農試場内の半促成栽培のビニルハウス5棟とした(うち3棟は1.25 a, 700株定植, ハウス名A, B, C, 他の2棟は0.5 a, 300株定植, ハウス名D, E, 品種はダナー及び麗紅)。毎年、育苗は栃木市の栃木

分場内で行ない、10月24~25日に宇都宮市の本場内に定植した。保温開始も毎年1月10~11日に行ない、施肥及び管理は慣行、殺虫剤や殺菌剤の散布は行なわなかった。栽植密度は20×30 cm平床の5条植え、定植から保温開始までの株当たり葉数は5~6枚であった。

調査時期は1981年11月~1982年1月、1982年12月~1983年1月、1983年11月~1984年1月の3シーズンにわたり、定植後から保温開始直後まで3~4回の調査を行った。

調査の方法は、5棟のハウスからそれぞれ100株前後の株を抽出し、抽出された株の中位にある1小葉上に寄生するハダニ数(雌成虫)を調査し、平均密度、平均こみ合い度及び寄生葉率を求めた。また、1983年のAハウスについては、700株全株を対象とし中位にある1小葉を選んで調査を行なった。

発生のみられたハダニの種類はナミハダニ(*Tetranychus urticae* KOCH)がほとんどであり、カンザワハダニ(*T. Kanzawai* KISHIDA)が少数みられたが、調査は両種とも含めて数えている。

III 調査結果及び考察

1. 発生消長

3シーズンにわたって農試場内の5棟のハウスのハダニ密度を調査したデータを43点得たが、そのうち発生のみられなかったデータが15例あり、それらを除いたデータを第1表に示した。平均密度はほとんどが0.1以下であり、一般的に密度は低い。平均密度が0.1を越えた例は8点あり、最高密度は0.73であった。

栃木県農業試験場研究報告第32号

第1表 定植から保温開始までのハダニ密度

No	調査年月日	ハウス名	調査葉数	総個体数	平均密度	分散	寄生葉率	平均こみ合い度
1	1981 11. 4	A	98	3	0.030	0.029	0.030	0
2	11. 4	B	95	6	0.060	0.059	0.063	0
3	11. 4	D	99	6	0.060	0.057	0.060	0
4	11. 4	E	100	5	0.050	0.068	0.040	0.400
5	12. 4	A	100	6	0.060	0.096	0.040	0.660
6	12.15	A	100	8	0.080	0.093	0.070	0.250
7	1982 1.12	A	154	2	0.012	0.012	0.012	0
8	1.12	C	139	1	0.007	0.007	0.007	0
9	1.12	D	144	1	0.006	0.006	0.006	0
10	1.12	E	149	4	0.027	0.040	0.020	0.500
11	1982 12.10	A	100	4	0.040	0.058	0.030	0.500
12	12.10	B	100	26	0.260	1.632	0.070	5.538
13	12.10	C	100	73	0.730	6.477	0.150	8.602
14	12.10	D	100	3	0.030	0.029	0.030	0
15	12.10	E	100	13	0.130	0.693	0.050	4.462
16	1983 1.13	A	100	2	0.020	0.039	0.010	1.000
17	1.13	B	100	10	0.100	0.333	0.040	2.400
18	1.13	C	100	8	0.080	0.173	0.040	1.250
19	1.13	D	100	3	0.030	0.089	0.010	2.000
20	1983 11.11	A	700	76	0.108	0.333	0.060	2.184
21	11.11	B	100	8	0.080	0.213	0.040	1.750
22	11.11	E	100	1	0.100	0.090	0.010	0
23	12. 1	A	700	177	0.252	1.131	0.088	3.728
24	12. 1	B	100	17	0.170	0.740	0.060	3.529
25	12. 1	C	100	1	0.010	0.090	0.010	0
26	12.20	A	700	85	0.121	0.389	0.060	2.329
27	12.20	B	100	5	0.050	0.107	0.030	1.200
28	1984 1. 9	A	700	77	0.110	0.415	0.050	2.883

注1. 平均こみ合い度 $\bar{x} = \bar{x} + \frac{S^2}{\bar{x}} - 1$

イチゴに寄生するハダニの密度推定法

第2表 負の二項分布へのあてはめ

11月11日

x	f	ϕ (N.B)	d	d^2/ϕ	
0	685	660.07	2.07	0.0065	$\bar{x} = 0.1086$
1	27	23.26	3.74	0.6014	$S^2 = 0.3344$
2	8	8.27	0.27	0.0088	$S^2/\bar{x} = 3.0792$
3	3	3.82	0.82	0.1760	
4	0	1.97	1.97	1.9700	
5+	8	2.62	1.38	0.7269	$0.50 > \text{Pr} > 0.30$
700			$x^2 = 3.4896$		

12月1日

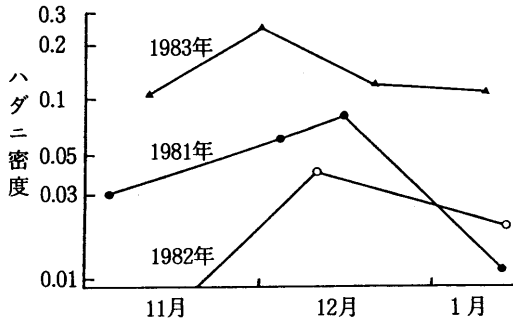
x	f	ϕ (N.B)	d	d^2/ϕ	
0	638	626.10	11.90	0.2260	$\bar{x} = 0.2529$
1	29	36.71	7.71	1.6193	$S^2 = 1.0905$
2	8	15.18	7.18	3.3924	$S^2/\bar{x} = 4.3120$
3	7	8.07	1.07	0.1414	
4	2	4.77	2.77	0.9849	
5+	16	9.18	6.82	5.0708	$0.1 > \text{Pr} > 0.01$
700			$x^2 = 11.4347$		

12月20日

x	f	ϕ (N.B)	d	d^2/ϕ	
0	658	656.66	1.34	0.0027	$\bar{x} = 0.121$
1	20	24.65	4.65	0.8772	$S^2 = 0.3901$
2	13	8.96	4.04	1.8216	$S^2/\bar{x} = 3.2240$
3	5	4.23	0.77	0.4402	
4	1	2.23	1.23	0.6784	
5+	3	3.27	0.27	0.0223	$0.50 > \text{Pr} > 0.30$
700			$x^2 = 3.5424$		

1月9日

x	f	ϕ (N.B)	d	d^2/ϕ	
0	665	664.41	0.59	0.0005	$\bar{x} = 0.110$
1	19	19.33	0.33	0.0056	$S^2 = 0.4156$
2	4	7.39	3.39	1.5551	$S^2/\bar{x} = 3.7785$
3	6	3.69	2.31	1.4461	
4	4	2.06	1.94	1.8270	
5+	2	3.40	1.40	0.5765	$0.20 > \text{Pr} > 0.10$
700			$x^2 = 5.4108$		



第1図 ハウスAにおける保温開始前のハダニ発生消長

ハウスAにおけるハダニの発生消長を第1図に示した。毎年、始めは低密度であるが、11月中は増加し、12月以降は減少する傾向を示した。このことは、定植時に持込まれたハダニは、しばらくは増殖するが、12月以降は寒さ等の影響で密度の増加がみられないことを示す。寒さの強い年は、最も寄生の多い最下位葉が枯れ上がることが多く、このことが密度の低下をもたらすと考えられる。強い寒波のあとで、休眠雌以外の個体は凍死したと思われる例も観察されている。なお、休眠雌はカンザワハダニで12月上旬、ナミハダニは12月中旬からみられ始めた。

2. 分布型

第1表のデータから、集中度の高すぎる2例を除いて、IWAO³⁾の $\bar{m} = \alpha + \beta m$ の式を利用し、平均密度 (\bar{x}) と平均こみ合い度 (\bar{x}^*) の関係を求めると

$$\bar{x} = 0.2475 + 13.3691 \bar{x}^* \quad r^2 = 0.905 \quad n = 26$$

となり、分布型は $\alpha > 0$ 、 $\beta > 1$ の一定平均値を持つコロニーの集中分布となった。また、 $\alpha \div 0$ ともみえるので、標本数の多い1983年11月から1984年1月のAハウスの4回の調査データを基に、伊藤・村井²⁾により、負の二項分布へのあてはめを行なった。

結果は第2表のとおり、比較的密度の高い場合 ($\bar{x} = 0.253$) を除いて負の二項分布に適合した。第1表のデータから共通の k を求めると、 $k = 0.05266$ 、 $0.98 > Pr > 0.95$ 、となり、定植後から保温開始までのハダニの分布型は、低密度に経過する場合は、共通の k を持った負の二項分布に適合する。

3. 密度推定法

第1表のデータから得られた $\alpha - \beta$ 関係から、Iwao and Kuno⁴⁾の提唱した一定精度のもとに必要な標本数を求める式及び n が母集団 N の大きさの5%以上である場合の補正式

$$n' = t^2 / D^2 \left(\frac{\hat{\alpha} + 1}{\bar{x}} + \hat{\beta} - 1 \right) \quad \alpha = 0.2475$$

$$\beta = 13.3691$$

$$n = \frac{n'}{1 + n'/N} \quad N = 700$$

により、 $t = 1$ (推定値の信頼度68%)、相対精度 $D = 0.2$ 及び 0.3 として必要標本数を求めると第3表のようになる。この時期のハダニ密度は 0.1 以下であることが多く、 $D = 0.3$ としても必要標本数は 200 となる。

第3表 相対精度(D)を0.2及び0.3とした場合の各平均密度における必要標本数 ($t = 1$)。

\bar{x}	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0
D = 0.2	329	280	260	243	230
D = 0.3	198	160	146	134	125

この時期のハダニは最下位葉に多く、ハダニを発見するためには最下位葉を調査するのが良いが、平均密度を得るためには中位葉を調査したほうが安定した結果が得られることは前報¹⁾で述べた。

イチゴの葉を裏返してハダニを見つける作業はかなり困難であり、できれば標本数は少ない

イチゴに寄生するハダニの密度推定法

第4表 抽出実験による平均値が全株調査の平均値の95%信頼巾に入った回数
(10回のうち)

月日	$m \pm t_{0.05} Sx$	無作為抽出					系統抽出				
		N=50	100	150	200	250	N=50	100	150	200	250
11. 11	0.108 ± 0.041	4	4	7	7	10	3	7	7	7	8
12. 1	0.258 ± 0.079	5	7	9	8	8	3	4	6	8	8
12. 20	0.121 ± 0.046	6	6	5	8	10	3	8	7	9	9
1. 9	0.110 ± 0.048	4	5	5	7	10	3	5	7	6	8
95%信頼巾に入る割合(%)		47.5	55	65	75	95	30	60	67.5	75	82.5

第5表 同上, 寄生葉率から推定した場合

月日	$m \pm t_{0.05} Sx$	無作為抽出					系統抽出				
		N=50	100	150	200	250	N=50	100	150	200	250
11. 11	0.108 ± 0.041	4	7	6	8	7	7	8	7	8	7
12. 1	0.258 ± 0.079	5	6	6	8	7	6	4	7	9	8
12. 20	0.121 ± 0.046	4	6	7	9	9	1	7	8	9	10
1. 9	0.110 ± 0.048	4	6	8	9	9	5	3	5	7	9
95%信頼巾に入る割合(%)		42.5	62.5	67.5	85	80	47.5	55	67.5	82.5	85

ほうが良い。また、統計処理のための抽出標本は無作為な抽出であることが前提条件であるが無作為に抽出を行なう事は、現場ではかなりの煩わしさを伴ない、不可能に近い。そこで抽出数を減少させる事や抽出方法の違いによって、真の値からのバラツキがどの程度出るのかを抽出実験によって検討した。

実験対象のデータは、1983年11月11日～1984年1月9日までの4回のAハウスのデータを用いた。ハウス内は、南北に2つのベットが作ら

れ、1ベットには5条×70株、計350株が植えられ、合計700株が植えられている。それらの全株から中位の1小葉を選び、寄生しているハダニ雌成虫数を数え、平均密度を出し、これらのデータを仮りに真の値とした。

無作為抽出の方法は、まずサイコロを使って南北のベット及び条を決定し、乱数表によって抽出すべき株を決定した。検討の対象を系統抽出とし、系統抽出はハウス内のベットを5等分し、南北合計10のブロック（1ブロック70株）

に分け、各ブロックのそれぞれ同じ位置から5株ずつ連続して抽出する方法をとった。抽出数は50, 100, 150, 200, 250とし、それぞれ10回くり返した。

抽出実験による平均値が、全株調査の平均値の95%信頼幅の中に入った回数を第4表に示したが、抽出数の増加に伴って95%信頼幅の中に入る割合は増加し、信頼幅から大きく外れる結果も少なくなった。この結果からも、70%程度の精度を得るなら、標本数は200程度必要となる。

抽出方法の違いについては差がみられなかったもので、系統抽出によって機械的に標本を抽出してもよいと考えられる。

4. 簡易密度推定法

本圃の低密度時における平均密度と存在頻度率との関係は適合性が悪く、再検討の必要があった。そこで、低密度時のデータのみを使用し、平均密度と存在頻度率(P)の関係を、Gerrard and Chiang⁵⁾の提唱した

$$\lambda = \alpha \{-\ln(1-P)\}^\beta$$

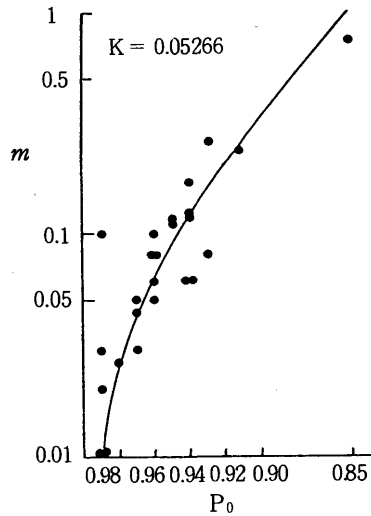
の式によって検討した。使用したデータは保温開始直後までの発生消長を調査した第1表のデータ。平均密度を $\log \bar{x}$ とし、存在頻度率(P)を $\log \{-\ln(1-P)\}$ として両者の関係を求めると、

$$\log \bar{x} = 1.3689 \log \{-\ln(1-P)\} + 0.7276$$

$r^2 = 0.955 \quad n = 28$

となり、適合率が高い。この式を利用して寄生葉率から平均密度を推定することができる。

前報で示した本圃での回帰式と比較すると、やや低めの値になるが、保温開始後ではハダニの増殖が進み、同一葉に多数の個体が寄生するため、同じ寄生葉率でも平均密度は高くなると



第2図 平均値(m)と個体数0の頻度(P₀)の関係

第6表 存在頻度率と平均密度の回帰式及び0項頻度率から得られた、各寄生葉率における推定密度

寄生葉率	回帰式	0項頻度
0.01	0.010	0.011
0.02	0.026	0.024
0.03	0.045	0.041
0.04	0.067	0.062
0.05	0.092	0.087
0.06	0.118	0.118
0.07	0.147	0.156
0.08	0.178	0.204
0.09	0.211	0.263
0.10	0.245	0.337
0.15	0.444	1.100
0.20	0.685	3.593

考えている。

寄生葉率から平均密度を求めるための必要標本数についても抽出実験によって検討した。寄生葉率から平均密度を推定しても、直接個体数

イチゴに寄生するハダニの密度推定法

を数えた場合とほとんど結果は同じであった。

(第5表) この場合も、70%以上の精度も得るなら標本数は200必要ということになる。

抽出法の違いによっても差はみられず、標本抽出は系統抽出でも良いと考えられる。

イチゴハダニの低密度時の分布型は、負の二項分布に適合した。特定の分布型が与えられた時、総サンプル数のうち、個体数が0のサンプルの割合は平均値によって決まる。共通のkを持つ負の二項分布では

$$E(n_0/n) = (1 + m/k)^k$$

となり²⁾、 $k = 0.05266$ では、平均値 m と個体数0の頻度の関係図は第2図のようになる。

存在頻度率と平均密度との回帰式からの推定値と、0項頻度率からの推定値は寄生葉率10%以下でよく一致し、寄生葉率10%以下の低密度時で使うことができる。また、保温開始前では寄生葉率が10%以上になることはほとんどない。第6表に両者からの推定値を示した。

IV 摘 要

ナミハダニを中心としたイチゴハダニの低密度時における密度推定法について検討した。

1. 1981年～1984年の3シーズンにわたって、定植から保温開始までのイチゴハダニの密度を調査した。多くの平均密度は0.1以下であり、最高密度は0.73であった。

2. ハウス内での平均こみ合い度と平均密度の関係は $\alpha = 0.2475$ 、 $\beta = 13.3691$ $r^2 = 0.905$ であり、 $\alpha > 0$ 、 $\beta > 1$ の一定平均値を持つコロニーの集中分布となるが、低密度時では共通

のkを持つ負の二項分布にもほぼ適合する。

3. ハウス内のハダニ密度を推定するための、目標精度を0.3及び0.2とし、推定値の信頼度を68%とした場合の平均密度と抽出葉数の関係を明らかにした。平均密度0.1の低密度時では、 $D = 0.3$ で200枚の標本が必要である。

4. 抽出実験によっても、70%の精度を得るには200程度の標本数が必要であった。無作為抽出と系統抽出間には差がみられず、系統抽出によって標本を抽出してもよいと考えた。

5. Gerrand and Chiang (1970)の提唱した $\lambda = \alpha [-\ln(1-P)]^\beta$ の式を利用して、ハウス内の存在頻度率 $\log[-\ln(1-P)]$ と平均密度 $\log \bar{x}$ の関係は、 $\log \bar{x} = 1.3689 \log[-\ln(1-P)] + 0.7276$ $r^2 = 0.955$ となり、この関係式を用いて存在頻度率から平均密度の推定が可能である。

6. イチゴハダニの低密度時の分布型は、共通のkを持つ負の二項分布にほぼ適合することから、平均値と個体数0の頻度との関係を求めた。この関係からも密度の推定は可能である。

引用文献

1. 合田健二 (1985) 栃木農試研報 32: 52-66
2. 伊藤嘉昭, 村井実 (1977) 動物生態学研究法 (上巻) 古今書院, 東京 268 PP
3. IWAJO, S. (1968) Res. Popul. Ecol. 10: 1-20
4. IWAJO, S. and E. KUNO (1968) Res. Popul. Ecol. 10: 210-214
5. GERRAND, D. J. and H. C. CHIANG (1970) Ecology 51: 237-245

Density-estimating methods for *Tetranychus urticae* KOCH
(Acarina: Tetranychidae) on Strawberry.

II. In case of the low population density.

Kenji AIDA

Summary

Sampling methods and simply estimating methods for the population density of Strawberry mites, predominantly consisting of *T. urticae*, were examined under the low population density. The results obtained were summarized as follows:

1. The population density of mites on strawberry was investigated during three seasons from 1981 to 1984. The mean density of mites was almost always under 0.1 per leaflet and the maximum mean density was 0.73 before the heat insulation of the strawberry vinyl house.
2. The relation of mean crowding to the mean density was as follows: $\alpha = 0.2475$, $\beta = 13.3691$, $r^2 = 0.905$. This means that the distribution pattern of mites in a strawberry vinyl house is a dispersed distribution of colonies with a fixed mean value. When the population density was very low, the distribution pattern fitted a negative binomial distribution with a common K .
3. The relation of the mean density to the sampling size in a vinyl house was examined with the precision aimed at 0.3 (0.2) and the reliability of 68%, respectively. The necessary sampling size was 200 leaflets when the density was approximately 0.1 per leaflet.
4. A sampling examination of two methods, random and systematic samplings was carried out in the strawberry vinyl house in which the mite population was investigated on all individuals of strawberry plants. There was no significant difference between the two methods. Therefore in the present work, the mean density was estimated by systematic sampling and the necessary sampling size was of this method also about 200 leaflets for 70% reliability.
5. The correlation of frequency of occurrence (P) with the mean density (X) was analyzed by the equation, $\lambda = \alpha \{ \ln(1-P) \}^\beta$, proposed by Gerrand and Chiang (1970). The regression equation obtained was $\log X = 1.3689 \log \{- \ln(1-P)\} + 0.7276$ and the value of coefficient was 0.887. The mean density can be estimated by this equation.
6. The relation of the mean density to the percentage of zero individual per sampling unit was examined by a common K of a negative binomial distribution. The mean density can be also estimated by this relation under the low density condition.