[Med. Entomol. Zool. Vol. 49 No. 4 p. 291-300 1998]

コナダニおよびヒョウヒダニ類の分散におよぼす 種々の環境条件の影響

松本克彦^{1), 2), *} 岡本雅子³⁾ 堀川博朗⁴⁾
中川 清⁴⁾ 山浦 常^{2), 5)} 桑原保正⁶⁾

¹⁾ 東京女子医科大学総合研究所 (〒162-0054 東京都新宿区河田町 8-1)

²⁾ 同, 国際環境・熱帯医学教室

³⁾ 〒921-8105 金沢市西泉 1-129-3

⁴⁾ 東京女子医科大学化学教室

⁵⁾ 東京女子医科大学感染対策科

⁶⁾ 京都大学大学院農学研究科応用生命科学専攻 (〒606-8224 京都市左京区北白川追分町)

*現住所: 〒112-0015 東京都文京区目白台 1-4-4

(受領: 1998 年 1 月 23 日; 登載決定: 1998 年 8 月 7 日)

The effects of the different environmental conditions on the dispersion
of grain and house dust mites (Acari: Astigmata)

Katsuhiko MATSUMOTO^{1), 2), *}, Masako OKAMOTO³⁾, Hiroaki HORIKAWA⁴⁾,
Kiyoshi NAKAGAWA⁴⁾, Hisashi YAMAURA^{2), 5)} and Yasumasa KUWAHARA⁶⁾

¹⁾ Medical Research Center, Tokyo Womens' Medical College, Shinjuku-ku, Tokyo, 162-0054 Japan

²⁾ Department of International Affairs and Tropical Medicine, Tokyo Womens' Medical College

³⁾ 1-129-3 Nishiizumi, Kanazawa, 921-8105 Japan

⁴⁾ Department of Chemistry, Tokyo Womens' Medical College

⁵⁾ Department of Infectious Diseases, Tokyo Womens' Medical College

⁶⁾ Institute of Applied Life Sciences, Graduate School of Agriculture, Kyoto University,
Kyoto, 606-8224 Japan

* Present address: 1-4-4 Mejiro-dai, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-0015 Japan

(Received: 23 January 1998; Accepted: 7 August 1998)

Key words: astigmatid mite, dispersion, citral, neral, alarm pheromone, aggravation
of environment

Abstract: The effect of various environmental conditions on the dispersion of some astigmatid mites was studied. An increase of the alarm pheromone, citral, in the medium stimulated the active dispersion of *Carpoglyphus lactis*, *Lardoglyphus konoï*, *Tyrophagus putrescentiae* and *Aleuroglyphus ovatus*. All the mites examined in this experiment (*C. lactis*, *L. konoï*, *T. putrescentiae*, *A. ovatus* and *Dermatophagoides farinae*) were dispersed more actively at low humidity than at high humidity. With regard to the effect of temperatures on the dispersion, the mites were classified into two types. The mites in the first type, which consisted of *L. konoï*, *Glycyphagus domesticus* and *Acarus immobilis*, were more actively dispersed at a high temperature (35°C). The mites in the other type, which consisted of *C. lactis* and *T. putrescentiae*, became active at low temperatures (15°C or 20°C). The citral, secreted out of *C.*

lactis bodies at 15°C or 35°C, had a higher ratio of neral than geranial. The quantity of citral in the medium with *C. lactis* mites was higher at 15°C than at 35°C. The difference of in the citral content in the medium with the mites was correlative to the dispersion activity of *C. lactis*. It was suggested that aggravation of the environmental factors for *C. lactis* stimulated the secretion of the alarm pheromone, citral, and this phenomenon activated the dispersion of the mites.

まえがき

コナダニ類が食品などに繁殖すると、個体数の少ないうちは気付かないが、数が増えてくると、食品外へ這い出してくるコナダニの汚染に気が付くことがある。実際に、コナダニ類を飼育していても、繁殖してくると、次第に外部に這い出してくる個体が多くなる(松本, 1970)。これは繁殖場所のコナダニが過密度になり、飼料の状態の悪化と共に、他の新しい繁殖場所を求めるための分散行動と見られ、集団の維持のために重要な現象である。コナダニ類の分散方法としては、風に運ばれる、何か素材としての物体に付着する、昆虫に付着して運ばれる方法などが言われている(佐々, 1958)。またコナダニ類の一部には、分散行動を有利にするために、抵抗性の強いヒポブスに変態するものもある。

一方、コナダニ類が警報フェロモンとしてネリルフォルメート、シトラール等を分泌し、忌避行動を起こさせることが判明している(Kuwahara *et al.*, 1979)。その後、この警報フェロモンは種によってネラールや、ゲラニールとして分泌され、コナダニ虫体存在下でネラール=ゲラニアールの異性化反応が起こり、結果としてシトラールになることが報告されている(Kuwahara *et al.*, 1980, 1983)。コナダニ類を飼育するとき、毎週1回攪拌するが、その時特にサトウダニなどでは猛烈なシトラール臭を発し、さらに周囲への這い出しが盛んになることが観察されている。また、このシトラールはケナガコナダニを強烈に揺することにより増加することから(Kuwahara *et al.*, 1979)、コナダニ類の分散とシトラール分泌との関係が示唆されている。今回、コナダニおよびヒョウヒダニ類の分散行動(培地からの這い出し現象)におよぼす種々の条件を検討したので報告する。

方 法

供試ダニ: 当研究室において下記の条件(温度、湿度、飼料)で累代飼育中のダニ類を使用した。

ケナガコナダニ *Tyrophagus putrescentiae*

(25°C, 76% RH, 乾燥酵母)

コウノホシカダニ *Lardoglyphus konoi*

(25°C, 76% RH, ニボシ, 乾燥酵母 1:1)

サトウダニ *Carpoglyphus lactis*

(25°C, 76% RH, 砂糖, 乾燥酵母 4:6)

ムギコナダニ *Aleuroglyphus ovatus*

(25°C, 85% RH, 乾燥酵母)

イエニクダニ *Glycyphagus domesticus*

(15°C, 85% RH, ニボシ, 乾燥酵母 1:1)

オソアシブトコナダニ *Acarus immobilis*

(飼育条件: 15°C, 85% RH, 乾燥酵母)

コナヒョウヒダニ *Dermatophagoides farinae*

(25°C, 65% RH, ニボシ, 乾燥酵母 1:1)

1) 攪拌と分散の関係: るつぼ型の共栓ガラス濾過器(ハリオ製)の下部に共栓のビン(容量 50 ml)を付けたものを使用した。培地 5 g を上部濾過器の部分に入れた。この容器を飽和食塩溶液 30 ml を入れた 500 ml ビーカーの中央に置き、ビーカー上部にラップを掛け密封し、25°C に静置した(Fig. 1)。ダニ類を濾過器に入れたときの影響を除くために、試料を入れた日から4日間そのまま静置し、5日目に新しいビーカーに入れ換えて翌6日目に這い出したダニ数を実験開始0日の分散数とした(以下同様)。コウノホシカダニ、サトウダニをおおの容器に入れ、毎日、一定時間に、5分間薬匙で攪拌する群と無攪拌群を設け、分散数を6日間観察した。各群は3例ずつとした。

2) 飼育期間、培地内ダニ数と分散の関係: 飼育期間の異なるサトウダニの培地 5 g を同様の容器、方法で入れた。培地内の個体数、1日の分散数を各群5例ずつ観察し、さらに培地 20 g 内シトラール量を測定した。シトラール量は、各群4例を混合して20 g として、ヘキサンを加え24時間抽出し、ガスクロマト法により測定した。本実験では、ダニ数の少ない培地があり、含まれているシトラール量が少ないと思われたので、培地 20 g 内のシトラール量を測定した。ガスクロマトは Shimadzu GC-6 A 型, 15% PEG-20 M Chromosorb W, 1 m, を用い、120°C で測定した。

3) シトラールおよび他の炭化水素と分散の関係: 同様の容器、方法でダニを入れ、実験開始0日に、濾過器下部のビン底部中央に径 8 mm の丸濾紙を置き、それにシトラール又は他の炭化水素原液をしみこませた。シトラール量は、0 (対照), 1, 10, 100 μ l の4群とし、他の炭化水素は 100 μ l のみとし、シトラールの影響の比として示した。各群5個ずつの容器とした。各容器

Fig. 1. Experimental vessel used for the dispersion of astigmatid mites.

Fig. 2. Cold trap used for collection of pheromone secreted from *C. lactis*.

のビーカーは3日間毎日換えて、毎日の分散ダニ数を観察した。コナダニ類は虫体後体部油腺からシトラール以外にも、各種の炭化水素類を分泌しており (Kuwahara *et al.*, 1979), 本研究ではトリデカン, テトラデカン, ペンタデカン, 1-トリデセン, 1-テトラデセン (純度 95% 以上, 東京化成) について同様に検討した。シトラール添加のサトウダニのみ, 培地 10 g からヘキサンで 24 時間抽出してシトラール量を同様に測定した。

4) 湿度と分散の関係: 各種の飽和塩類溶液 (NH_4NO_3 65% RH, NaCl 76% RH, KCl 85% RH, KNO_3 94% RH) により湿度を調整し, 温度 25°C に静置し, ダニの分散数を3日間数えた。実験終了後, 各群の培地 10 g 内のシトラール量を同様に測定し各種間の比較を試みた。

5) 温度と分散の関係: 同様の容器により, 飽和食塩水で湿度を調整し, 温度 15°C, 20°C, 25°C, 30°C, 35°C に静置して, 3 日間のダニ分散数を観察した。本実験ではサトウダニだけ培地 10 g 内のシトラール量を同様に測定した。

以上のシトラール量および湿度, 温度の影響については, 各ダニについてそれぞれ2回以上実験を行い, 結果の傾向に変わりの無いことを確認した。

6) 温度とシトラールの分泌の関係: 温度 35°C または 15°C におけるサトウダニのシトラール分泌動向を見るために Fig. 2 のようなコールドトラップ (ドライアイス・アセトンで冷却, -60°C) を作った。試料の乾燥を防ぐため, 水を通した空気を送り, 各温度に 24 時間おいた。捕集されたシトラールは, アセトン, 次いでヘキサンで抽出して, ガスクロマトグラフ法により測定

した。また、24時間後のダニと飼料をアセトンに5分間浸漬、濾過して、分泌されたシトラールを抽出し、抽出物をヘキサンに置換してシトラールを測定した。ダニの残渣は、ヘキサンに24時間浸漬後、同様にシトラールを測定した。本実験ではガスクロマトグラフは日立163, FID (20 ml/min) Silicone SE-30 5%, Chromosorb W, 2 m を用い、温度 120°C で測定した。

結 果

1) 攪拌と分散の関係: コウノホシカダニまたはサトウダニの繁殖している培地を毎日5分間かきまぜる攪拌群と無攪拌群の分散数を比較した結果を Table 1 に示した。両種とも攪拌群と無攪拌群の分散数の差は小さかったが、攪拌期間中(1-6日)攪拌群の分散数が上回った。

2) 飼育期間、密度の影響: 飼育期間の異なるサトウダニについて、その分散数とシトラール含有量を Table 2 に示した。サトウダニの分散数は、若干の違いはあるがほぼ飼育期間と飼料内ダニ数に関連しているよ

うに見えた。また、飼料内シトラール量は、飼育期間とほぼ比例的で、分散数の大小ともほぼ一致した。

3) シトラールおよび他の炭化水素添加と分散の関係: 繁殖したサトウダニにシトラールを与えて分散への影響を観察した (Table 3)。シトラールを加えたサトウダニは、シトラール0の対照に比べ、分散が活発になり、とくにシトラール 100 μ l の第1日目では対照の2.7倍となった。2日目では減少したが、3日目で2.6倍となった。実験終了時に、サトウダニを含んだ飼料内のシトラール含量を測定したところ、加えたシトラール量に応じて順次高くなった。

コウノホシカダニ、ケナガコナダニ、ムギコナダニの分散に及ぼすシトラールの影響を Table 4 に示した。コウノホシカダニの場合、反応は鈍く、第1日目ではシトラールの影響がみられなかったが、第2日目から影響が現れた。とくにシトラール 1 μ l の分散が活発で、対照の1.9倍を示したが、3日目では1.4倍となり、ほぼシトラール濃度に準じた分散を示した。ケナガコナダニの場合も1日目の反応は鈍かった。しかし、2日目か

Table 1. The effect of disturbance* on the dispersion of grain mites.

	Mean no. of mites dispersed on day							Mean no. of mites in 0.5 g medium**
	0	1	2	3	4	5	6	
<i>L. kono</i>								
Control	120	65	83	108	194	674	1,073	9,727
Disturbed	104	72	103	114	211	914	1,608	7,202
<i>C. lactis</i>								
Control	1,147	639	173	263	128	212		12,327
Disturbed	1,543	863	200	399	202	271		12,601

* The mites were disturbed by mixing for 5 min. per day (temperature 25°C, relative humidity 76%, medium 5 g).

** At the end of experiment (day 6).

Table 2. Effect of the duration of breeding and density of *C. lactis* on the dispersion of the mites and citral content in medium.

No.	Breeding period day	Mean no. of mites in 0.5 g medium (mean $\pm$ L. C.*)	Mean no. of mites dispersed/day (mean $\pm$ L. C.*)	Citral content/ 20 g medium mg
1	14	511 $\pm$ 117	15.8 $\pm$ 11	0.05
2	16	2,801 $\pm$ 126	228.8 $\pm$ 58	0.75
3	29	2,580 $\pm$ 76	560.8 $\pm$ 38	0.45
4	29	12,184 $\pm$ 126	1,052.0 $\pm$ 229	1.11
5	42	17,063 $\pm$ 792	1,022.0 $\pm$ 254	1.14
6	52	7,216 $\pm$ 256	3,482.0 $\pm$ 960	1.39

Citral was extracted with hexane from 20 g of the mite medium and measured by gaschromatography (15% PEG, 20 M Chromosorb W, 120°C).

* Confidence limit 95% ($P=5\%$).

Table 3. The effect of the application of citral on the dispersion of *C. lactis* at 25°C and 76% RH.

Citral	Mean no. of mites dispersed (mean $\pm$ L. C.**)			Mean no. of mites/0.5 g medium on 3rd.	Citral* in 10 g medium
	1st day	2nd day	3rd day		
0 μ l	1,054 $\pm$ 171	828 $\pm$ 222	751 $\pm$ 183	14,298	0.54 mg
1	1,805 $\pm$ 216	998 $\pm$ 116	1,302 $\pm$ 124	14,901	0.56
10	2,317 $\pm$ 481	1,105 $\pm$ 170	1,762 $\pm$ 376	17,082	0.78
100	2,808 $\pm$ 249	1,384 $\pm$ 171	1,916 $\pm$ 522	16,249	0.94

No. of mites dispersed and remained in 0.5 g medium before the experiment (day 0) were 1,276 $\pm$ 356 and 8,124 $\pm$ 1,227.

* At the end of experiment (3rd day), citral was extracted with hexane from 10 g of the medium with mites and measured by gaschromatography (15% PEG, 20 M Chromosorb W, 120°C).

** Confidence limit: 95% ($P=5\%$).

Table 4. The effect of the application of citral on the dispersion of other grain mites at 25°C and 76% RH.

Species	Applied citral (μ l)	Mean no. of mites dispersed (mean $\pm$ L. C.****)			Mean no. of mites in 0.5 g medium***
		1st day	2nd day	3rd day	
<i>L. konoi</i>	0	704 $\pm$ 103	737 $\pm$ 165	997 $\pm$ 84	7,724
3,064 $\pm$ 1,225*	1	830 $\pm$ 213	1,364 $\pm$ 125	1,384 $\pm$ 244	9,064
664 $\pm$ 59**	10	799 $\pm$ 161	1,253 $\pm$ 28	1,465 $\pm$ 502	6,540
	100	692 $\pm$ 105	1,092 $\pm$ 250	1,868 $\pm$ 193	8,617
<i>T. putrescentiae</i>	0	219 $\pm$ 43	192 $\pm$ 24	235 $\pm$ 42	2,708
670 $\pm$ 38*	1	257 $\pm$ 57	325 $\pm$ 65	322 $\pm$ 47	2,811
333 $\pm$ 70**	10	338 $\pm$ 37	311 $\pm$ 42	367 $\pm$ 39	2,094
	100	265 $\pm$ 58	492 $\pm$ 149	449 $\pm$ 120	2,429
<i>A. ovatus</i>	0	18 $\pm$ 9	51 $\pm$ 6	34 $\pm$ 12	7,606
4,248 $\pm$ 563*	1	28 $\pm$ 20	53 $\pm$ 15	28 $\pm$ 7	6,922
13 $\pm$ 6**	10	32 $\pm$ 7	69 $\pm$ 21	29 $\pm$ 15	8,379
	100	98 $\pm$ 13	119 $\pm$ 35	46 $\pm$ 13	9,007

* The number of mites in 0.5 g medium before the experiments.

** The number of mites dispersed before the experiment (day 0).

*** At the end of experiment.

**** Confidence limit 95% ($P=5\%$).

Table 5. The effect of the application of hydrocarbons (100 μ l) on the dispersion of *C. lactis* at 25°C and 76% RH.

Decanes	1st day	2nd day	Decenes	1st day	2nd day
Citral	2.1	1.3	Citral	3.1	2.0
Tridecane	0.8	0.5	1-tridecene	0.7	0.6
Tetradecane	0.8	0.4	1-tetradecene	0.5	0.5
Pentadecane	1.4	0.9	1-pentadecene	0.9	0.8

The value was presented as a ratio of the number of mites dispersed by hydrocarbons to that of dispersed by control without hydrocarbons.

らはシトラールの影響が顕著となり、シトラール濃度にはほぼ比例した。ムギコナダニの場合、元々分散の少ない

種類であるが、1日目からシトラール量の影響が見られ、100 μ l で対照の 5.4 倍であった。しかし、その後

Table 6. The effect of relative humidity on the dispersion of astigmatid mites at 25°C.

Species	Relative Humidity %	Mean no. of mites dispersed (mean±L. C.****)						Mean no. of mites/ 0.5 g medium on 3rd day
		1st day		2nd day		3rd day		
<i>C. lactis</i>	64	2,289±	828	2,138±	401	4,232±	693	24,765
2,378±74*	76	1,836±	146	1,834±	247	2,733±	230	30,622
1,087±74**	85	818±	125	991±	133	1,580±	316	30,320
	94	224±	71	592±	249	839±	229	30,210
<i>L. konoï</i>	64	34,202±	1,733	20,221±	4,895	14,237±	1,598	8,490
18,310±310*	76	16,489±	3,133	10,504±	3,601	10,698±	2,857	17,920
12,163±	85	9,616±	231	5,506±	720	7,222±	1,248	11,500
1,772**	94	3,393±	600	2,302±	535	1,935±	304	16,580
<i>T. putrescentiae</i>	64	7,833±	1,534	11,170±	2,013	6,891±	2,739	4,122
16,625±	76	996±	440	1,819±	291	2,539±	566	15,540
1,745*	85	505±	127	358±	151	441±	166	17,160
1,276±183**	94	166±	32	85±	21	402±	47	13,715
<i>A. ovatus</i>	64	1,511±	258	2,277±	355	2,645±	1,020	10,690
5,392±509*	76	1,384±	329	1,113±	379	666±	172	14,508
542±110**	85	520±	413	410±	378	606±	328	38,245
	94	177±	95	77±	20	133±	62	35,050
Sum of mites dispersed during the experiment (3 days)								
<i>D. farinae</i>	64			1,742±	535			
1,512±231*	76			1,031±	261			
1,574±249***	85			410±	241			
(3 days)	94			381±	82			

* Number of mites in 0.5 g medium before experiment.

** Number of mites dispersed before the experiment (day 0).

*** Sum of mites dispersed during 3 days before the experiment.

**** Confidence limit 95% ($P=5\%$).

Table 7. Relation between relative humidity and citral content (ng/mite).

Relative humidity %	<i>T. putrescentiae</i>	<i>A. ovatus</i>	<i>C. lactis</i>	<i>L. konoï</i>	<i>D. farinae</i>
64	0.187	1.498	2.322	0.536	1.300
76	0.071	0.552	2.025	0.265	0.841
87	0.047	0.366	2.748	0.722	1.162
94	0.072	0.371	2.184	0.694	0.948

Citral was extracted with hexane from 10 g of the medium with mites and measured by gaschromatography (15% PEG, 20 M Chromosorb W, 120°C).

減少し、3日目では対照と大差がなかった。

コナダニ類がシトラールと同様に分泌する他の炭化水素について観察した結果を Table 5 に示した。シトラール以外の炭化水素トリデカン、テトラデカン、ペンタデカン、1-トリデーセン、1-テトラデーセン、1-ペンタデーセンは、いずれも、100 μ l/ 容器の濃度でサトウ

ダニの分散に殆ど影響を与えなかった。

4) 湿度と分散の関係：サトウダニ、コウノホシカダニ、ケナガコナダニ、ムギコナダニ、コナヒョウヒダニの分散におよぼす相対湿度の影響を Table 6 に示した。観察をおこなった3日間、湿度が低くなるにつれて分散が活発になった。湿度の影響を観察した後に、培地内

のシトラール量（飼料 10 g 中）を測定した (Table 7). シトラール量は、種類間の比較をするために、各コナダニ一匹当たりの量で示した. ケナガコナダニ、ムギコナダニでは、含有シトラール量が低湿度ほど多く、分散の大きさに比例しているように見えた. しかし、サトウダニ、コウノホシカダニ、コナヒョウヒダニでは、湿度とシトラール量との関連は見られなかった (Table 6 参照).

5) 温度と分散の関係: サトウダニ、ケナガコナダニ、コウノホシカダニ、イエニクダニ、オソアシブトコナダニの分散におよぼす温度の影響を Table 8 に示した. サトウダニでは、1 日目低温側 (20°C) で最大の分散を示し、高温側 (35°C) になると次第に低下した. 3 日目、サトウダニの分散数は急激に減少したが、低温側

>高温側の傾向には変化なかった. 各温度での、サトウダニ飼料内のシトラール量は 25°C, 30°C では差がなく、20°C, 35°C ではやや低くなった. ケナガコナダニの分散は、サトウダニと同様に、低温側>高温側の傾向を示し、反応の持続が 3 日目まで続いた. コウノホシカダニの場合、分散の傾向が前 2 者と異なり、高温側で活発となり、低温側で低くなった. イエニクダニの分散もコウノホシカダニと同様に高温側 (30°C, 35°C) で非常に活発になったが、2 日目から 30°C, 35°C の分散数が極度に低くなり、15°C より下回り、25°C の分散数が最高であった. 3 日目の飼料内ダニ数は 35°C で最低となり、しかもヒポプスのみで、それ以外の虫体は死滅していた. オソアシブトコナダニの分散はイエニクダニと同様の傾向を示した.

Table 8. The effect of temperature on the dispersion of the grain mites on 75% RH.

Species	Temp. °C	Mean no. of mites dispersed (mean±L. C.***)				Mean no. of mites/0.5 g medium on 3rd day	Citral/ 10 g medium	
		1st day		2nd day				3rd day
<i>C. lactis</i>	20	2,863±1,143		2,155±988		341± 176	9,205	0.24 mg
7,043±911*	25	140± 63		334±428		317± 386	12,450	0.48
1,139±66**	30	70± 26		87± 14		47± 17	10,150	0.42
	35	51± 29		79± 55		95± 70	9,710	0.25
<i>T. putrescentiae</i>	20	2,876± 379		1,259±285		2,545±1,165	23,605	
11,301±	25	846± 388		759±376		1,875± 377	25,235	
1,862*	30	646± 94		826±267		465± 74	21,135	
1,089±166**	35	495± 45		635± 55		645± 94	20,030	
<i>L. konoi</i>	20	537± 81		416±103		376± 121	11,820	
3,379±643*	25	310± 39		636±139		474± 46	10,005	
606±59**	30	1,089± 803		1,101±258		978± 119	12,185	
	35	2,956± 803		1,476± 76		1,628± 523	12,860	
<i>G. domesticus</i>	15	288± 101		391± 35		437± 68	1,666	(hypopus %)
2,714±426*	20	411± 86		557± 71		643± 86	1,957	12.2
1,055±152**	25	834± 280		813±110		1,097± 209	1,627	11.9
	30	2,080± 797		381±106		364± 61	774	13.8
	35	4,117± 474		37± 32		15± 15	153	18.3
<i>A. immobilis</i>	15	104± 35		93± 32		182± 30	5,554	100.0
7,136±602*	20	176± 72		124± 46		225± 86	6,542	
166±17**	25	225± 35		236±110		457± 151	11,370	
	30	507± 150		526±195		172± 44	3,698	
	35	4,374± 911		126± 80		75± 63	27	

* The number of mites in 0.5 g medium before the experiment.

** The number of mites dispersed on 0 day (before the experiment). Citral was extracted with hexane from 10 g of the medium with mites and measured by gaschromatography (15% PEG, 20 M Chromosob W, 120°C).

*** Confidence limit 95% ($P=5\%$).

Table 9. The effect of temperature on the dispersion and citral content of *C. lactis* at 76% RH.

Temperature °C	Mean no. of mites dispersed in 1st day(mean±L. C.*)	Citral (mg)/10 g medium with mites	
		exp. 1	exp. 2
15	30,925±7,424	0.453	0.434
20	10,984±4,203	0.486	0.411
25	3,176± 572	0.475	0.483
30	559± 195	0.422	0.518
35	148± 153	0.448	0.399

The number of *C. lactis* in 0.5 g medium before the experiment: 16,589±1,259/0.5 g.

Citral was extracted with hexane from 10 g of the medium with mites and measured by gaschromatography (15% PEG, 20 M Chromosorb W, 120°C).

* Confidence limit 95% ($P=5\%$).

Table 10. The content and composition of citral extracted for *C. lactis* kept at 35°C or 15°C for 24 hrs.

Sample weight (g)	Temperature °C	Extract with acetone for 5 min.		Extract with hexane for 24 hrs. after acetone extraction	
		Citral mg	Ratio of neral (%)	Citral mg	Ratio of neral (%)
60	35	0.508	92.1	1.032	44.7
	15	1.252	95.9	0.818	46.7
30	35	0.430	79.9	0.854	48.3
	15	0.608	78.1	0.978	43.4

The number of *C. lactis* in samples: 12,999/0.5 g medium. Citral was extracted with hexane from the mite medium and measured by gaschromatography (Hitachi 163, FID (20 ml/min.), Silicone SE-30, 5% Chromosorb W, 2 m, 120°C).

各温度における分散とシトラール量の関連を観察するために、サトウダニの分散数1日分とその時点のサトウダニを含む飼料内のシトラール量を測定し、Table 9に示した。前の実験と同様に低温側の分散が高く、高温になるにつれて減少した。飼料内のシトラール量は、各温度で殆ど差が認められなかった。

6) 温度とシトラール分泌の関係: サトウダニのシトラール分泌に及ぼす温度の影響を観察するために、コールド・トラップによるシトラール捕集を試みた。24時間捕集したが、痕跡的にしか検出されなかった。24時間後のダニ・飼料を最初アセトンで5分間抽出し、培地中のシトラールを測定したところ、ネラルの比率の高いシトラールが検出された。しかも、低温(15°C)のシトラール量が多かった(Table 10)。アセトン抽出残渣の虫体からのヘキサノール抽出(24時間)では、従来の構成比を持ったシトラールが検出され、温度による量的、質的な差異は殆ど認められなかった。

考 察

コナダニ類の培地からの分散行動は、コナダニ類の繁殖条件の研究の副産物として、観察されていたに過ぎず、はっきりした条件付けがなされていなかった。ケナガコナダニについては飼料中のダニ数に比例して、分散数(這い出しダニ数)が増加する(松本, 1961)。また、飼料の種類によっては、その培地内ダニ数に比べて分散数が多くなることなどが報告されている(松本, 1962)。コウノホシカダニについては、飼育温度の高い時に分散行動が活発になり(松本, 1970)、湿度が低くなると、這い出し比(這い出しダニ数/飼料内ダニ数)が高くなった(松本, 1968)。また、エタノール、アセトン、熱水等により栄養分を減少させた飼料でコウノホシカダニを飼育したところ、熱水処理における這い出し比が最高となり、他の抽出残渣もそれぞれ無処理対照群より高くなった(松本, 1973)。この熱水処理群の飼料は明らかに栄養分の減少(おそらく可溶性蛋白質)が原

因となって、這い出しすなわち、分散が盛んになったと思われる。しかし、このようなコナダニにとっての環境条件の悪化と分散との関係がどのようなメカニズムによって起こされるのかは、これまで判明していなかった。

まえがきにも述べたように、まず飼料の攪拌→シトラールの増加→分散量の増加の筋道を確認することが必要であると考えられたので、コウノホシカダニ、サトウダニの分散におよぼす攪拌の影響を観察した。攪拌期間中(1-6日)攪拌群の分散数が、対照群を上まわったが、攪拌群と対照群の分散数の差が、小さく、明確な回答は得られなかった。これは、おそらく攪拌の時間が5分間と、24時間の分散数に対する刺激として小さかったのではないかと推察された。また飼育期間とダニ密度の異なるサトウダニ培地内のシトラール量が、分散数にほぼ比例することが判明した。

そこで、サトウダニを始めとするコナダニ類の飼育環境のシトラール濃度を実験的に高めた。その結果、分散が活発化し、シトラール濃度と分散との関連性が確認された。

コナダニ類を驚かせるとシトラールが増加するが、他の炭化水素(トリデカン、テトラデカン、ペンタデカン、1-トリデーセン、1-テトラデーセン、1-ペンタデーセン等)濃度も増加する(Kuwahara *et al.*, 1979)。さらに、サトウダニは後部分泌腺からシトラールの他に、主としてトリデカンや(Z,Z)-6,9-ヘプタデカジェン等の炭化水素類も分泌することが知られている(Kuwahara *et al.*, 1992)。今回虫体内の炭化水素類を入手することが困難のため、市販品を使用して、分散への影響を検討した。これらの市販品を用いてサトウダニの行動について言及することは危険を伴うが、本実験の結果から、シトラール以外の炭化水素類はサトウダニの分散を活発化できないと推察された。

前述の如く、コナダニ類の分散には温度、湿度、栄養等が関係すると推察されるので分散と温度、湿度の関係を観察した。湿度に関してはどのダニ類も低湿度で分散が活発になり、高湿度で分散数が減少した。しかし、温度の影響はコナダニの種類によって異なった。すなわち、サトウダニ、ケナガコナダニは低温側(20℃)で分散が活発となったが、コウノホシカダニ、イエニクダニ、オソアシブトコナダニでは高温側で分散が活発となった。環境条件の悪化がコナダニ類の分散の理由と考えるならば、サトウダニ、ケナガコナダニでは低温が、コウノホシカダニ、イエニクダニ、オソアシブトコナダニでは高温が悪化要因であると言える。とくにイエニクダニ、オソアシブトコナダニは35℃の高温で1日目は

高い分散数を示したが、2日目以後は急激に減少した。これは飼料内のダニが急に死んだためで、明らかに両種は高温に弱い種と見られる。一般的に温度35℃はコナダニ類にとって極限的なもので、一時的には凌げるが、長く続くと生存できない温度と思われる。一方、サトウダニ、ケナガコナダニは低温で分散が増加したことから低温に弱い種と見られる。両種は、35℃でも、3日間ではあるが、飼料内のダニ数は減少せず、むしろ増加の傾向を示した。

サトウダニを各温度に静置した後、分散数と飼料内シトラールを測定した。その結果温度によって、シトラール量が影響を受けているようには見えなかった。これは、おそらく培地に分泌されたシトラールと、まだ外部に放出されていない、ダニ体内のシトラールとの総和として測定されたためと考えられた。

Kuwahara *et al.* (1980, 1983) は、コナダニ類の警報フェロモンがネラールとして放出され、虫体を長時間溶媒中に浸漬すると、ネラールの異性化と還元反応が起こりネラールとゲラニアルの混合物シトラールに変化し、さらに一部がネロールとゲラニオールに還元されて、警報効果が失活することを報告している。

分散の小さい35℃と分散の大きい15℃に24時間置いたサトウダニ培地から、アセトンで5分間抽出したところ、ネラール組成率の高いシトラールが検出された。また、アセトン抽出後の残渣をヘキサンで24時間抽出した結果、従来の組成を持つシトラールが検出された。5分間では抽出時間が短く、アセトン抽出による細胞膜の損傷は小さいので、虫体外に放出されたシトラールすなわちネラールが抽出され、その後、24時間ヘキサンに浸漬したことにより虫体内のシトラールが抽出されたものと考えられた(Kuwahara *et al.*, 1980)。しかも、アセトン抽出では、35℃より15℃のシトラール量が多く、ダニ体内に残っていたシトラール量は、両者で殆ど差がなかった。すなわち15℃の低温側で分散が活発になることと、飼料に分泌されたシトラール量が多くなることが関連していると推察された。また、そのシトラールの構成がネラールの比率の高いものであることは、Kuwahara *et al.* (1980, 1983) のコナダニ類の警報フェロモンがネラールであることとよく一致していた。サトウダニのアセトン抽出物に僅かにゲラニアルが含まれているが、これはネラールがダニ虫体下で、ゲラニアルに異性化した結果であると推察された。

岡本ら(1978, 1981, 1982)は、シトラールが警報フェロモン活性のみならず抗カビ活性を持ち、コナダニ類の飼育環境のカビ類の発育を押さえることを証明し、一種の防御物質であることを示した。今回、さらにシト

ラールとコナダニ類の分散との関わりが示唆されたことは、コナダニの生態におけるシトラールの重要性を、さらに付け加えたものと思われた。

摘 要

コナダニとヒョウヒダニ類の分散におよぼす種々の影響を検討した。

飼料中の警報フェロモン、シトラール量が増加することによって、サトウダニ、コウノホシカダニ、ケナガコナダニ、ムギコナダニの分散が活発になった。

湿度に対しては、どのダニ（サトウダニ、コウノホシカダニ、ケナガコナダニ、ムギコナダニ、コナヒョウヒダニ）も、低湿度で、分散が盛んとなり、高湿度に向かい順次分散数が減少した。

温度の影響は、コナダニの種類によって、分散が高温で活発になる型と、低温で活発になる型の2型のあることが判明した。すなわち、高温で活発になる型は、コウノホシカダニ、イエニクダニ、オソアシブトコナダニで、一方、低温で活発になる型はサトウダニ、ケナガコナダニであった。

高温度(35℃)より低温度(15℃)に置いたサトウダニでは、培地中に分泌されたシトラール量が多く、分散とシトラールとの関連性が示唆された。また、培地からアセトン抽出されたシトラールはネラール比率の高いことが示された。少なくとも、サトウダニにとっての環境要因の悪化により、警報フェロモンの分泌が増加し、それがサトウダニの分散を活発にすると推察された。

謝 辞

ご協力頂いた東京女子医科大学国際環境・熱帯医学教室の皆様に感謝いたします。

引用文献

Kuwahara, Y., H. Fukami, S. Ishii, K. Matsumoto and Y. Wada (1979) Pheromone study on acarid mites II Presence of the alarm pheromone in the mold mite, *Tyrophagus*

putrescentiae (Schrank) (Acarina: Acaridae) and site of its production. *Jpn. J. Sanit. Zool.*, **30**: 309-314.

Kuwahara, Y., W. S. Leal, K. Kurosa, M. Sato, S. Matsuyama and T. Suzuki (1992) Chemical ecology on astigmatid mites XXXIII. Identification of (Z,Z)-6,9-heptadecadiene in the secretion of *Carpoglyphus lactis* (Acarina, Carpo-glyphidae) and its distribution among astigmatid mites. *J. Acarol. Soc. Jpn.*, **1**: 95-104.

Kuwahara, Y., K. Matsumoto and Y. Wada (1980) Pheromone study on acarid mites IV Citral: composition and function as an alarm pheromone and its secretory gland in four species of acarid mites. *Jpn. J. Sanit. Zool.*, **31**: 73-80.

Kuwahara, Y., H. Suzuki, K. Matsumoto and Y. Wada (1983) Pheromone study on acarid mites XI Function of mite body as geometrical isomerization and reduction of citral(the alarm pheromone). *Appl. Entomol. Zool.*, **18**: 30-39.

松本克彦(1961)コナダニ類の繁殖条件の研究 I. ケナガコナダニの繁殖と湿度及び水分含量の関係について. 衛生動物, **12**: 262-271.

松本克彦(1962)コナダニ類の繁殖条件の研究 II. 各種食品中に於けるケナガコナダニの繁殖. 衛生動物, **13**: 16-19.

松本克彦(1968)コナダニ類の繁殖条件の研究 IX. コウノホシカダニ集団の年齢構成に与える環境湿度の影響. 衛生動物, **19**: 196-203.

松本克彦(1970)コナダニ類の繁殖条件の研究 X. コウノホシカダニの繁殖とヒポプス形成に及ぼす温度と湿度の影響. 衛生動物, **21**: 213-219

松本克彦(1973)コナダニ類の繁殖条件の研究 XI. コウノホシカダニ *Lardoglyphus konoi* のヒポプス形成に対する栄養条件の影響. 衛生動物, **24**: 1-7.

岡本雅子, 松本克彦, 和田芳武, 桑原保正(1981)コナダニ類のalarm pheromone Citral の抗カビ作用の研究 2. 各種コナダニ類のヘキササン抽出ならびに citral 近縁化合物の抗カビ作用. 衛生動物, **32**: 265-270.

岡本雅子, 松本克彦, 和田芳武, 中野寿夫(1978)コナダニ類のalarm pheromone Citral の抗カビ作用の研究 1. Citral の抗カビ作用の研究. 衛生動物, **29**: 255-260.

岡本雅子, 松本克彦, 和田芳武, 中野寿夫(1982)コナダニ類のalarm pheromone Citral の抗カビ作用の研究 3. 種々のカビに対する citral の作用. 衛生動物, **33**: 27-31.

佐々 学(1958)“食品害虫及び衛生害虫としてのコナダニ類”(医家叢書 168), 168 pp., 医学書院, 東京.