

Effects of Population Density on the Development of the Common House Fly Larvae, *Musca domestica vicina* Macq. Ecological Studies of the Flies of Medical Importance. I. Kazuo BUET (Osaka Prefectural Institute of Hygiene). Received Sep. 12, 1958. *Botyugakaku* 23, 173, 1958 (with English résumé, 176).

31. イエバエ幼虫の棲息密度効果 蠅族重要群の生態学的研究 第1報 武衛和雄(大阪府立衛生研究所) 33. 9. 12 受理

小麦フスマ 25 g, 魚粉 10 g, ビール酵母粉末 1 g, 水 40 cc よりなる培基でイエバエ幼虫の棲息密度をかえて飼育し, それからえられた蛹および羽化個体数, 蛹の大きさに及ぼす個体密度の影響についてしらべた。

### まえがき

殺虫剤の生物検定にイエバエは最も広く用いられている供試昆虫の一つである。イエバエの飼育はかなり古くから数多くの方法がこころみられ, その目的は初期には主として生態学的な研究にむけられていたが, 殺虫剤の研究の発達とともにとくに幼虫期の飼育について種々の改良が行われ, 今日米国においては Peet-Grady 法の C. S. M. A. 培基が公定の飼育培基として指定されている。わが国においては現在大量飼育に用いられている豆腐粕培基<sup>2)</sup>, 小動物固形飼料・フスマ培基<sup>3)</sup>などがみられる。著者<sup>4)</sup>はさきに小林晴治郎博士の指導をうけて小麦フスマ単独培基によって容易に大量飼育が可能であることをみだし, 本培基を用いて累代飼育を行ってきたが, 1955年以来実験生態学上の研究に雌雄1対の飼育を必要とし, この実験の目的には種々の欠陥がともないやすいことがわかったので, あらたに入手しやすい材料について種々の検討を加えた結果, 小麦フスマ・魚粉培基がこの実験に適しており, また大量飼育にも好都合であることをみだした。

このさい最もものぞまれることは, 1対飼育によってえられた卵をできるだけ多く発育を完了させること, またそれからえた蛹もしくは成虫が体軀のそろった健全な個体であることで, この条件を著しく支配すると考えられる幼虫培基の密度効果の影響について長沢<sup>5)</sup>は豆腐粕培基について, 北岡<sup>6)</sup>は固形飼料・フスマ培基について報告したが, それぞれ培基の質によって異った密度効果の影響があらわれ, また最適密度の存在することを認めている。著者は前記の培基についてイエバエ幼虫を種々の密度で飼育したときの蛹化率, 羽化率および蛹の大きさととの関係をしらべ, 飼育最適密度について考察した。

本研究を行うにあたり京都府立医科大学小林晴治郎博士, 大阪市立大学医学部田中英雄博士の御懇切な指導を仰いだ。また推計学的考察に大阪市立大学医学部

杉山博博士の多大な御助言を賜った。銘記して感謝の意を表する。

### 実験材料および方法

実験に用いたイエバエ *Musca domestica vicina* Macq. は衛生研究所(森の宮)内で採集し, 累代飼育をつづけてきたものの系統である。成虫には綿花にミルクを浸して与え, これにうみつけられた卵を幼虫培基1ヶあたり 25, 50, 100, 200, 400, 800 個体の6密度区にわけてうえつけた。実験は各密度区について5ないし12回の繰り返しを行った。

幼虫培基は小麦フスマ 25 g, 魚粉 10 g, ビール酵母粉末(エビオス) 1 g を充分に混和して水約 40 cc を加えてねりあわせ, これを直径 5.5 cm, 高さ 9 cm のポットにいれ, 50メッシュの金網で蓋をしたのち, 27° の恒温器中で飼育した。蛹化後はできるだけ速かに培基中からとりだして直径 6 cm の腰高シャーレに収容し, 27°, 関係湿度 70%以上を保つようにして羽化させた。また蛹化した個体は50匹区までは全個体について, 100匹区以上ではそれぞれ50個体を無作為的にとりだし, 双眼顕微鏡に装填したオキュラーマイクロメーターで蛹の長さを測定した。

### 実験結果および考察

各密度区における蛹化数及び蛹化率は第1表のとおりである。各密度区においてえられた蛹化数は, 実験をくり返した場合にどのような値を示すだろうか。もしこの表にえられたような幅をもってあらわれた値が, 実験をくり返した場合にも常にそれらの値に近いとするならば蛹化率  $P$  は一定で安定しているわけであるが, 近くない場合は蛹化率が不安定で実験をくり返すごとに変動することになる。

ある密度  $N$  において蛹化した数を  $K$  とするとき, 逆正弦変換によって  $\theta = \sin^{-1} \sqrt{K/N}$  とおくと,  $\theta$  は母蛹化率  $P$  によらず近似的に母分散  $1/4N$  の正規分布をするわけである。この実験では  $N$  は一定である。

Table 1. Number of pupae of the common house fly reared under different population densities of larvae.

Experiment no.	Population density					
	25	50	100	200	400	800
1	14	32	72	118	202	305
2	14	32	74	137	226	306
3	15	33	75	139	246	450
4	16	35	76	142	258	458
5	18	35	78	142	263	464
6	18	40	79	154	278	
7	19	40	81			
8	20	41				
9	21	41				
10	21	42				
11	21	44				
12	24					
Mean per cent pupation	73.7	75.5	76.4	69.3	61.4	49.6
S. D.	12.7	8.8	3.1	5.9	6.9	10.4

から  $K$  は標本毎に変わっても  $P$  は  $O$  を中心とし、半径  $\sqrt{N}$  の  $1/4$  円周上を動く。そこで  $OP$  と縦軸とのなす角を  $\theta$  とすれば、 $\sin \theta = \sqrt{K/N}$  ( $\theta = \sin^{-1} \sqrt{K/N}$ ) となり、この  $\theta$  はさきの  $K/N$  の逆正弦変換に相当する。このような  $\theta$  の値を  $i$  番目の実験群に対して求めたものを  $\theta_i$  とすると、これら  $\theta_1, \theta_2, \dots$  等の値は母分散  $\sigma^2 = 1/4N$  の正規母集団からの標本であるから、これら  $\theta_i$  の変動を  $S = \sum (\theta_i - \bar{\theta})^2$  とすると  $\chi^2 = S/\sigma^2$  は自由度  $f = n - 1$  の  $\chi^2$  分布に従うから、帰無仮説  $H_0: \sigma^2 = 1/4N$  を検定するにはデータから計算した  $S$  の値を  $1/4N$  でわって  $\chi^2$  とし、これを  $\chi^2$  分布表で自由度  $n - 1$  の場合の臨界値と比較すればよい。

このようにして求めた  $\chi^2$  の計算値は第2表に示したとおりで、100匹区において最も小さく、それより密度が低くても高くても著しく大となり棄却されてし

Table 2. Statistical examinations concerning the stability of per cent pupation at various population densities.

Population density	$\chi^2$	Population density	$\chi^2$
25	26.62*	200	15.48*
50	19.03**	400	39.58*
100	3.11	800	139.48*

\*  $p < 0.01$ ,

\*\*  $0.02 < p < 0.05$

まう。したがって100匹区以外の密度区においては毎回種々の要因に支配されて変動することが考えられ、安定した蛹化率を期待することができない。しかし100匹区においては比較的安定した蛹化数を期待することが可能で、本培基の密度効果は最適状態にあったものとみられる。

第1表の示す蛹化率は100匹区において最高を示し、それより密度が高すぎても低すぎても漸次減少しており、また蛹化率の変異係数は100匹区において最も小さく、他の密度区で大きくなることは同様である。

このような事実は、長沢<sup>9</sup>・北岡<sup>9</sup>がEigenbrodtより引用したように、低密度のときは培基内の yeast や bacteria による阻害物質を抑制できないし、密度が高いと食物となる植物の生長を抑えすぎるためであると考へた。このことから推察されるように、フスマ・魚粉培基というような培基中の他の生物群集の存在において、幼虫の成長に複雑な相互作用の現れる結果であると考えられ、たまたま100匹の密度区においては培基中に発生する微生物の阻害物質を幼虫が適度に抑制でき、培基中の生物群集の発生と幼虫の発育相互の間に比較的 balance が保たれ、安定した状態におかれていたためであろう。この実験は27°の条件下で行われたものであるが、温度がこれよりも高いときや低いときには、培基は温度と併行して変化のある相を示すにちがいないので、幼虫の密度関係とは複雑なものであるといわなければならない。

各密度区における羽化率は第3表に示したようにいずれの密度ともほぼ同じ羽化率を示し、密度の直接の影響はないものと考えられる。性はいずれの密度区においても仮説  $H_0: 1:1$  ( $p > 0.05$ ) を示し、推計学的に疑うことはできなかった。幼虫及び蛹の期間において性による選択的な死亡はおこらなかったものと思われる。

つぎに各密度区においてえられた蛹の長さを度数分布で示すと第4表のとおりである。この結果はおおむね低密度から高密度にうつるにしたがってその長さは漸減の傾向を示したが、800匹区になるとかなり大きくはなれている。変異係数の最も小さいのは100匹区で、これよりも密度が低くても高くなっても大きくなることは蛹化率の場合と併行している。度数分布の形は200匹区までは対称型に近い形であらわれているが、400匹区以上になると分布型に歪みが見られ、モードが平均値よりも長い方に移っている。また200匹区までの区間は分布位置に著しい移動はみられないが、400匹区ではやや短い方へ移動し、800匹区になるとそれがさらに著しい。すなわち密度が蛹の大きさに及ぼす変異の分布曲線は、低密度のときは正規分布

Table 3. Per cent emergence, number of emerged flies and their sex ratio of the common house fly reared under different population densities of larvae.

Population density	Per cent emergence	Total number of emerged flies		$\frac{\delta}{\text{♀} + \delta} \times 100$	$\chi^2$ (1:1)
		Male	Female		
25	86.6	80	93	46.24	0.98
50	89.8	189	184	50.67	0.07
100	81.1	215	219	49.54	0.04
200	84.5	339	364	48.22	0.89
400	87.5	649	638	50.43	0.09
800	88.7	895	868	50.77	0.41

Table 4. Frequency distribution of length of pupae of the common house fly reared under different population densities of larvae. (1 unit=0.067 mm)

Class mark	Population density					
	25	50	100	200	400	800
70						4
1						3
2						4
3						2
4						11
5						6
6						10
7						4
8						11
9						15
80						17
1						15
2					2	16
3				1	2	21
4		2		1	2	27
5		2		2	3	29
6	2	2		1	3	29
7	2	5	4	0	17	26
8	3	2	4	4	8	17
9	3	7	7	4	14	8
90	5	13	13	13	13	5
1	8	10	19	9	23	1
2	14	25	28	13	23	2
3	9	37	35	22	20	
4	12	37	32	25	20	
5	25	57	50	43	22	
6	29	44	38	40	14	
7	25	52	43	27	4	
8	24	35	35	33	6	
9	12	31	18	15	2	
100	15	16	6	22	2	
1	11	14	11	11		
2	8	10	4	10		
3	5	2	0	3		
4	2	1	2	0		
5	3	1	1	1		
6	1	1				
7		1				
Total	218	407	350	300	200	300
Mean	96.34	95.55	95.07	95.73	91.84	83.94
S. D.	3.83	3.54	3.20	3.58	3.58	4.94
C. V. (%)	3.98	3.71	3.37	3.74	3.90	5.89

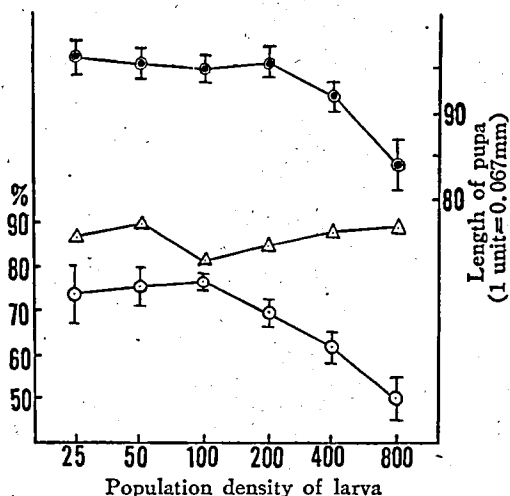


Fig. 1. Per cent pupation (—○—) and emergence (—△—) and the mean lengths of pupae (—●—) of the common house fly reared under different population densities of larvae.

に近くモードと平均はほぼ一致し、高密度になると分布が長い方に歪み、分布位置の著しい移動がみられる。本培养基では、低密度において比較的このように正規分布に近い安定した結果がえられていることが長沢<sup>9</sup>北岡<sup>9</sup>の場合と異なるといえる。

以上の結果を総合すると(第1図)、本培养基に対して最高の蛹化率を示し、密度に対して比較的安定した蛹化個体数がえられ、かつ変異の幅のせまい個体群がえられる幼虫棲息密度はおおむね100匹の密度区においてみとされるものと推定される。

イエバエ幼虫に対する密度効果について以上実験結果より考察したが、フィールドにおける家畜の堆肥や厩舎糞などの重要なイエバエの発生源において発生量を抑制すると考えられる種々の要因——たとえば気象条件や天敵との関係など——のなかで、この実験にみられた諸要素が同様に働くとするならば、密度効果の

及ぼす影響は重要な役割を与えるであろう。しかもその影響の現れかたにはより複雑な相互作用が働くものと思われる。

### ま と め

1. 小麦フスマ 25 g, 飼料用魚粉 10 g, ビール酵母粉末 1 g, 水 40 cc よりなる培基に1ヶあたり 25, 50, 100, 200, 400, 800 のイエバエの卵をうえつけて 27° で飼育し, それからえられた蛹および羽化個体数, 蛹の長さに及ぼす個体密度の影響をしらべた。

2. 蛹化率は 100 匹区まで漸次増加し, 100 匹区が最も高く, それより高密度にうつるにしたがって減少する傾向を示した。各密度区における不偏分散は 100 匹区において最も小さく, それより低密度になっても高密度になってもその値は著しく大きくなり, 蛹化率が不安定であることを示した。

3. 羽化率は各密度区ともほぼひとしく, 密度の及ぼす直接の影響はないものと考えられる。またその性比も 1:1 ( $p > 0.05$ ) を示した。

4. 蛹の長さは密度が高くなるにつれておおむねその大きさは減少の傾向を示したが, 800 区において著しく小さくなっている。変異係数は 100 匹区において最も小さく, それより低密度の場合も高密度の場合も大きくなることは蛹化率における場合と同様な傾向を示した。

5. 蛹の長さの度数分布型は低密度のときは正規分布に近くモードと平均はほぼ一致し, 400 匹区以上の高密度になると分布が体の長い方に歪み, 分布位置の著しい移動がみられた。

6. 本培基の最適条件をみたます幼虫の棲息密度は 100 匹付近にあるものと考えられる。

### 文 献

- 1) 武衛和雄: 防虫科学 17, 133 (1952).
- 2) 北岡茂男: 衛生動物 8, 192 (1957).
- 3) 長沢純夫: 殺虫剤の生物試験に関する研究 京都 116 pp. (1954).
- 4) 長沢純夫: 防虫科学 21, 110 (1956).
- 5) Snedecor, G. W.: Statistical methods (1952).
- 6) 統計科学研究会: 統計数値表 東京 (1952).
- 7) 遠山輝彦・鈴木猛: 衛生動物 7, 99 (1956).

### Résumé

The writer discussed on the effects of larval population density on the per cent pupation and emergence and the length of pupae using the larvae of the common house fly, *Musca domestica vicina* Macq.

As the culture of larvae, mixture of 25 g of wheat bran, 10 g of powder of fish scrap, 1 g of dried beer yeast and 40 cc of water was prepared, and was kept in a jar measuring 5.5 cm in diameter and 9 cm in height. The number of eggs used was selected in logarithmic scale as 25, 50, 100, 200, 400 and 800. Each egg was transferred to jar and cultured at 27°. All pupae were picked up from the culture medium and the length of pupae was measured by the binocular microscope.

Per cent pupation was highest at the density of 100 individuals and gradually decreased above or below this density.

Per cent emergence showed almost similar results at different population densities. Sex ratio showed about 1:1 ( $p > 0.05$ ).

The mean length of pupae took maximum value at the density of 25 individuals and decreased towards the higher densities. The variation coefficient was the lowest at the density of 100 individuals.

Frequency curve of the length of pupa showed the normal distribution in lower densities. As population density increases, the frequency curve showed the skewness with clustering above the mean. The skewness was most remarkable in the case of 800 individuals.

Thus, the population density of 100 individuals was presumed to be optimum in order to obtain many healthy individuals of uniform size.