

The Effect of Temperature on Fecundity of the Common Housefly, *Musca domestica vicina* Macquardt. Ecological Studies of the Flies of Medical Importance. IV. Kazuo BUJŌ (Osaka Prefectural Institute of Public Health, Osaka). Received Apr. 21, 1959. *Botyū Kagaku*, 24, 78, 1959 (with English résumé, 82).

16. イエバエの生殖能力に及ぼす温度の影響* 蠅族重要群の生態学的研究 第4報 武衛和雄 (大阪府立衛生研究所) 34. 4. 21 受理

イエバエ成虫を種々の温度で飼育し、産卵と増殖能力が温度によってどのような影響をうけるかを観察し、生殖、産卵には 25°~29° が好適温度であるとの結論をえた。また適温下においても親の age によって産卵や増殖能力は衰えてゆけど、これは雌自身の生殖機能の低下に起因するものと思われる。

イエバエの季節的消長をみると、本邦では春秋に多く、盛夏には活動が衰えるが、冬季でも暖地では繁殖をくりかえすことが知られている。季節的な増減には成虫の増殖能力が密接な関係を有すると考えられるが、このばあいには環境要因がどのような影響をあたえるかを究明し、この間の関係をより明らかにすることによって、駆除作業を行う上に合理的な方策をたてることが可能となるであろう。またイエバエによる病原菌伝播という医学的立場から、その伝播機構に及ぼす外的要因についてもこれを究明することは基礎的段階としてきわめて重要なことである。

昆虫の生殖産卵に影響をあたえる環境要因のなかで、温度はその主要なもののひとつである。昆虫の生殖能力に及ぼす温度の影響については数多くの研究業績があり、その概要は Uvarov¹³⁾ や Wigglesworth¹⁴⁾ によって示されているが、イエバエについてみれば現在なお明らかでない点が多い。受精に影響をあたえる外的要素は、昆虫体内の生殖器官の發育速度に影響し、また成熟卵の産下の機構に直接影響するという生理的に異ったふたつの要因が働くことを Uvarov は強調している。

著者は第2報¹⁾においてイエバエの1対飼育について報告したが、本報ではこの方法にしたがってイエバエを種々の温度で飼育し、産卵や増殖能力が温度によってどのような影響をうけるか、また最適温度で飼育したときに、親の age によって産卵、増殖能力がどのように衰えてゆくかについての実験成績を報告する。

本文にはいるにさきだち、御指導下さった小林晴治郎博士と大阪市立大学医学部田中英雄教授に対し、また実験にあたって終始協力して下さいの中島貞男氏に対しあつくお礼を申しあげる。

実験方法

実験室で大量に累代飼育中の、DDT やその他の殺虫剤に対し抵抗性をもたない系統のイエバエ *Musca*

domestica vicina Macq. で、個体の大きさのできるだけそろったものを実験に用いた。

実験1. 各種温度下における生殖能力の影響——羽化した成虫はただちに雌雄1対ずつを 15×15×20cm の金網籠に収容したが、成虫及び幼虫期の飼育方法については第2報にのべたとおりである。ただし成虫の餌としては、2% 蔗糖水と、25° 以上の実験区では5% 小麦粉糊を綿花に浸したものを、20° 以下ではミルクをあたえた。産卵の有無は毎日1回午後的一定時間にしらべ、産卵培基または餌に産卵したものについて産卵数を記録したのち、卵を幼虫培基にうつして夏季は室温で、その他の時期では27° の恒温で飼育し、それからえられた蛹、羽化数を雌雄別に記録した。実験期間中に雄が死亡したときには、同一時期に羽化した個体を、別に stock してある籠からうつしいれて、常に1対の状態に保つようにした。

実験2. 親の age と生殖能力との関係——25° 前後で羽化させたイエバエを雌雄5対ずつ金網籠に収容し、25° の恒温下で雌が全部死亡するまで飼育をつづけた。成虫の餌には2% 蔗糖水とミルクをあたえた。産卵培基にうつつけた卵は、毎日各籠別に幼虫培基にうつして飼育し、それからえられた蛹の数を記録した。実験期間中に雄が死亡したときは、同一時期に羽化した別の雄をうつしいれて、常に雌雄同数を保つようにした。

実験3. 雄の age と生殖能力との関係——羽化後25° において多数の雌雄を混棲させ、18日ないし45日経過した雄をとりだして、新たに羽化せしめた雌と1対の状態と同じ25° の恒温で飼育して産卵させた。卵は少量のミルクを浸漬させた濾紙の上にのせ、これを直径4.5cm のシャーレにいれて25° の恒温器中に約24時間保ったのち、孵化状態を観察した。

* 本報告の概要は昭和32年4月6日(横浜)、および昭和33年5月17日(岐阜)日本衛生動物学会大会にて発表。

以上の実験は1956年5月から1958年7月にかけて行ったものである。

実験結果と考察

15°, 20°, 25°, 29°, 33°, 37° の各温度における産卵前期間、産卵数、蛹化および羽化数、雌雄比、雌の生存期間は第1表に示すとおりで、温度によりかなり異った結果がえられた。ただし29°の実験区を25°の実験区と比較すると、産卵数や蛹・羽化数が20°の方がむしろ大きくなっているが、20°以下で小麦粉糊をあたえて飼育すると、生殖能力が著しく低下し、産卵は甚だ稀であるし、その産卵前期間も著しく長くなるために実験に不相当であることがわかった。したがってこのばあいには餌の相異にもとづく成績であるから、両者の比較はできない。

産卵前期間：20°から37°までに平均12.2~6.2日のひらきがあらわれている。これをHutchison⁹⁾の成績と比較すると所要日数がかなり異っており、とくに高温のばあいには著者の成績の方が長くなっている。この理由は明らかではないが、1対飼育という条件下におかれたときは、温度などの環境要因とは全く異なる生理的な内的要因が加わってくるのではないかと考えられる。とくに雌雄の生殖能力が健全であるかどうかが大きく影響するようであり、個体によっては著しく産卵前期間の長いものもあらわれている。著者が大量飼育において経験した産卵前期間と較べて、本実験に示された成績はかなり日数が延長されていることがわかる。したがってこの結果から産卵の低温限界を理論的に推定することは無理であろう。15°の実験区においては産卵は全く認められなかったが、雌だけをそれより高温におくと受精卵をうむ事実より考えあわせると、すでに15°において交尾が行われており、卵は

ある程度成熟しているものと考えられる。最低産卵温度にかんする従来の知見によれば、Larsen and Thomsen⁹⁾は12.2°, Feldman-Muhsam⁹⁾は14°とし、また小林⁹⁾は15°では産卵は稀でその卵は普通発育しないと報告していることより考えあわせると、本観察による15°は産卵温度の低温限界に近いのではないかと推察され、雌の生殖器官の発育と、卵の産下の機構すなわち産卵行動とは、低温限界が幾分異なるのではないだろうか。

産卵回数と産卵数：産卵期間における産卵は、25°から37°までに平均3.7~1.8の卵塊をうむが、29°の5.4が最高を示し、25°の3.7がこれにつぐ。33°以上の高温では生存日数が短かく、産卵回数も少い。また産卵間隔——(羽化より最終産卵までの経過日数-産卵前期間)/(卵塊数-1)は、29°の3.8日が最も短かく、それより温度が高くなっても低くなってもその間隔日数は長くなる。このように29°において最も産卵回数が多く、卵の成熟速度も早いことがわかる。

各個体の毎回の産卵数には、雌のageや温度による差がみられずほぼ一定しており、生存期間中に産出する総卵数は卵塊の数に比例して多くなっている。しかし33°以上の実験区では全く産卵しない個体が多くなり、高温による生殖障害が顕著にあらわれている。

増殖能力：各温度で飼育したときに、それが適温であっても個体によっては全く産卵しなかったり、産卵してもそれが不受精卵であったりするものが若干あらわれることは免れえない。本実験結果からそれらの割合が温度によってどのようにあらわれたかを第2表に示した。この表からも明らかのように、33°以上の高温と、15°の低温のばあいにはそれがかなり顕著にあらわれている。

1世代間に1雌が産卵し、それが発育して羽化した

Table 1. Number of offsprings per female when each pair of flies was kept under the different temperatures.

Temperature (°C)	Pre-oviposition period (days)	No. of egg batches	Interval of egg deposition (days)	Number of offsprings per female				Duration of life of female (days)
				Eggs	Pupae	Adults	Per cent females	
15 *	—	2.0	—	146.5	7.0	6.0	(72.7)	—
20 **	12.2	3.4	5.2	386.7	304.9	250.7	50.8	—
25	9.7	3.7	5.1	277.7	134.0	79.4	50.9	31.5
29	7.8	5.4	3.8	442.4	220.5	163.2	49.9	23.4
33	7.5	2.8	4.3	238.7	63.3	53.5	45.9	18.7
37	6.2	1.8	4.2	150.0	27.2	22.4	54.3	16.1

* After each pair of flies was kept under 15° C for 21~44 days, female was kept alone under 22° C for 8 days.

** Each pair of flies was allowed the oviposition for 33 days after emergence.

Table 2. Influence of the temperature on the fertilization and the oviposition of female flies.

Temp. (°C)	Number of experiments	Number of fertile pairs	Number of pairs which did not produce eggs	Number of pairs deposited sterile eggs	Per cent of fertile pair
15	17	2	14	1	11.8
20	11	11	0	0	100.0
25	19	17	1	1	89.5
29	14	12	2	0	85.7
33	29	11	5	13	37.9
37	21	5	13	3	23.8

次代の成虫の総数を増殖力とするのが普通であるが、本実験では培基によっては羽化率にかなりの変動がみられ、蛹の死亡は培基の質による影響が考えられるので、便宜上蛹化数をもって増殖力とした。

イエバエの幼虫培基は発育に比較的不安定な物質よりなり、また幼虫の棲息密度によって蛹化率にある程度の変動が予想されるので、蛹化数からどの程度の発育率を示しているかを推定することは困難であるが、各実験区の成績を比較すると、増殖率が高温に向かって著しく低下していることから、一般的な傾向をしることは可能であった。すなわち 33° 以上の高温では蛹化率が非常に小さくなっており、37° ではとくに著しい。成虫の高温における生殖障害について、Young and Plough¹⁵⁾ は *Drosophila melanogaster* を 32° に保つと雌の 50%、雄の 96% が生殖不能になる。しかしこれを 24° の適温にもどすと、生殖能力は恢復することを認め、その原因は高温により不妊になった雄の精虫が運動性を失うためであるとのべている。15° の実験区においても同様に蛹化率は非常に低いが、これは雌を強制的に産卵させているために高温におけるばあいとは全く異った影響によるものとみるべきであろう。

雌雄比は 15° では不明確であるが、他の温度区ではいずれもほぼ 50% を示している。

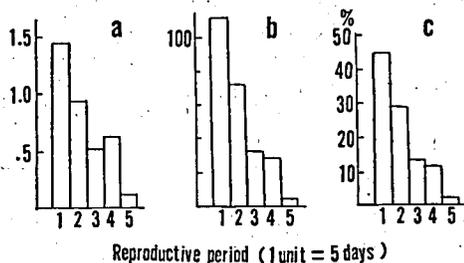


Fig. 1. Histograms showing the number of egg batches (a), the number of eggs deposited (b) and its percentage frequency to total number of eggs (c) in oviposition period at 25° C (based on a single pair culture).

親の age によって産卵や増殖能力はどのように衰えるか：25° における実験成績から産卵期間を 5 日おきに区切って、どの時期に産卵があったか、またその時期の総産卵数をしらべ、これをヒストグラムで示したのが第 1 図である。産卵は最初の 5 日間に平均 1.45 回行われ、つづいて 0.94, 0.50, 0.62, 0.11 回と漸減している (a)。各個体の毎回の産卵数はほぼ一定していることはまえにも述べたとおりであるから、一定期間 (5 日毎) 内の総産卵数は卵塊数に比例して漸減しており (b)、産卵期間における総産卵数の 73.4% は最初の 10 日間に行われていることを示している (c)。Feldman-Muhsam⁹⁾ は羽化後 7 日目と 13 日目に 1 雌あたりの平均産卵数にピークがみられ、25~30 日経過したものも、20 卵をうむことを認め、Greenberg⁴⁾ は産卵期間中の最初の 8 日間に総卵数の 43.4% をうみ、つづいて 34.9, 21.7% と減少すると報告している。

この間において雌の増殖能力がどのように衰えてゆくかについては、1 対飼育による成績では個体による差が大きく、傾向をつかむことができなかったので、実験 2 の方法によってこれをしらべた。産卵期間中 5 日間を 1 期として平均 1 雌あたりの増殖数を割出してみると第 2 図のような結果がえられた。すなわち第 1 回目の産卵から最終産卵までに、日数の経過とともに

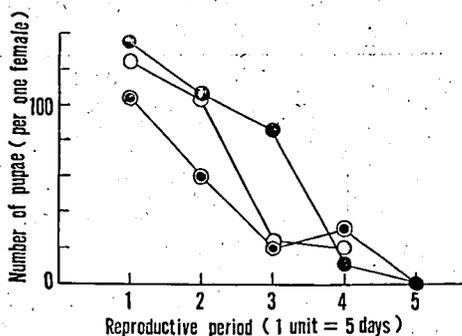


Fig. 2. Number of pupae produced by a female in each 5 days interval during her oviposition period (tested 5 pairs for each group).

1雌あたりの平均増殖数は119.9~0.3と漸減している。

このように親の age によって産卵や増殖能力が減衰してゆくのは雌雄のいずれに原因があるのだろうか。実験3に示す方法にしたがって、雄の生殖能力がどのくらいの期間もちうるものかを実験した結果は第3表に示すとおりである。雄の羽化後経過日数は18日から45日にわたるが、32日を経過した個体にも正常な交尾が行われていることが認められた。第1回目の産卵が行われるまで雄が生存していたものについてみれば、個体によって孵化率はかなり異っている。不受精卵を産出した個体も少なくないが、これは雄が全く交尾能力に欠けていたものか、あるいは交尾しても受精しないためかは明らかでない。また産卵の行われるまでに雄が死亡しているばあいでは全く産卵しないか、たとえ産卵しても産卵前期間は異常に長く、そのほとんどは不受精卵であって、まれに受精してもその孵化率は著しく低くなっている。同様な傾向は Hampton⁹⁾ によっても認められており、これらは交尾が直接雌の産卵を促進させるためのある本質的な刺激となるらしいという Glaser³⁾ (イエバエ), Laurinat¹⁰⁾ (*Drosophila*), Mackerras¹¹⁾ (*Lucilia sericata*) の説と本実験成績と

の間に一脈相通じるものがあるように思われる。

以上の実験結果を総括してみると、雄の交尾能力はかなり長期間にわたって保持されるもので、日数の経過とともに産卵や増殖能力が衰えてゆくのは雌自身の生殖機能の低下に起因するものと考えられる。Hadorn and Zeller⁵⁾ の *D. melanogaster* についての実験によれば、old age にある雌の産卵や孵化率が衰えるのは不受精卵が増加するためと、受精卵が孵化するまでに死亡する率が高くなるという両方の影響が働くためであり、Reiff¹²⁾ は old age にある *melanogaster* の卵巣を若令の個体に移植しても影響のあらわれないことから、このような原因は卵巣外のものが影響するのであろうと考えた。雌の生殖能力の衰えることは生殖機能に複雑な要素が加わるためであると考えられ、卵母細胞の卵黄の蓄積に直接関係があると考えられているアラタ体から分泌されるホルモンの関係¹³⁾ をも追及しなくてはならず、これは生理学的な立場からの研究にまつべきものがある。本報では実験生態学的な立場から、イエバエの増殖能力が age にもなって衰えてゆくことを明らかにし、環境要因とは別個に増殖力を control する要因となりうるもので

Table 3. Number of eggs and larvae hatched per female when a new-emerged female was coupled with a male of 18—45 days old.

Expt. No.	Age of male in days	Life span of male (days)	Preoviposition period (days)	Number of eggs (Number of larvae hatched)		
				1st oviposition	2nd oviposition	3rd oviposition
1	18	26	6	76 (61)*	105 (0)	102 (0)
2	//	21	14	64 (0)		
3	19	25	11	99 (0)	87 (0)	
4	//		10	94 (7)		
5	20	34	8	69 (54)*	18 (0)	68 (0)
6	//	31	19	80 (25)	69 (0)	
7	//	33	8	87 (39)*		
8	25	29	6	22 (0)	60 (0)	68 (0)
9	28	35	10	160 (0)		
10	29	36	6	127 (0)*	75 (0)	
11	//	41	16	110 (0)		
12	//	46	14	93 (0)*		
13	//	43	6	162 (0)*		
14	//	43	8	74 (44)*	39 (0)	
15	//	46	7	110 (0)*	114 (0)*	
16	//	40+	4	83 (75)*	82 (82)*	
17	//	44	8	122 (6)*	21 (6)*	101 (0)*
18	//	37	7	59 (59)*		
19	30	45+	5	147 (46)*	140 (75)*	149 (70)
20	//	45	12	142 (0)*	143 (0)	
21	//	38	13	109 (0)		
22	31	36	7	70 (0)		
23	32	44	7	7 (7)*		
24	42	45	5	13 (0)	87 (0)	
25	//	45	10	35 (0)		
26	//	48	13	43 (0)		
27	45	53	14	37 (0)		

* Number of eggs deposited by one pair.

あることを報告する。

ま と め

1. イエバエを 15°, 20°, 25°, 29°, 33° および 37° の各温度で飼育し、産卵と増殖能力に及ぼす温度の影響について観察した。
2. 産卵前期間は 20°~37° において 12.2~6.2 日のひらきを示した。15° では産卵しなかったが交尾は可能であり、卵巣内の卵は発育が認められたことより、成熟温度の低温限界附近にあるものと考えられる。
3. 雌は生存期間中に 25°~37° で 3.7~1.8 の卵塊をうむが、29° の 5.2 が最高を示した。産卵間隔—(羽化より最終産卵までの経過日数—産卵前期間)/(卵塊数—1) は 29° の 3.8 日が最も短かく、卵巣内の卵の発育速度の早いことを示した。各個体の毎回の産卵数には親の age や温度による差がみられずほぼ一定で、総産卵数は卵塊の数に比例して増加している。
4. 増殖率は 29° において最も高く、33° 以上になると高温による生殖障害があらわれて増殖率は低下し、37° ではさらに著しく低下した。
5. 最適温度条件下においても親の age によって産卵や増殖能力は衰えてゆく。雌の生存期間中における総産卵数の 73.4% は最初の 10 日に行われる。また産卵期間における雌の増殖数は、5 日を 1 期とする 25 日間に 119.9~0.3 と漸減の傾向を示した。
6. 羽化後 32 日を経過した雄にも正常な交尾が認められ、産卵や増殖能力が age にともなって衰えてゆくのは、雌自身の生殖機能の低下に起因するものと思われる。

文 献

- 1) 武衛和雄：防虫科学 23, 173 (1958).
- 2) Feldman-Muhsam, B.: Bull. Entomol. Research 35, 53 (1944).
- 3) Glaser, R. W.: J. Exptl. Zool. 38, 383 (1923).
- 4) Greenberg, B.: J. Econ. Entomol. 48, 654 (1955).
- 5) Hadorn, E. and H. Zeller: Arch. Entw. Mech. 142, 276 (1943).
- 6) Hampton, U. M.: Proc. Roy. Entomol. Soc. London 27, 29 (1952).
- 7) Hutchison, R. H.: U. S. Dept. Agric. Bull. No. 345 (1916).
- 8) 小林晴治郎：動物雑 45, 131 (1933).
- 9) Larsen, E. B. and M. Thomsen: Vidensk. Medd. fra Dansk. Naturh. Foren. 104 (1940).

— Cited from West, L. S.: The housefly, New York, 584pp. (1951).

- 10) Laurinat, K.: Z. indukt. Abstam. Verebungsl. 57, 139 (1930).
- 11) Mackerras, M. J.: Bull. Entomol. Research 24, 353 (1933).
- 12) Reiff, M.: Rev. Suisse Zool. 52, 155 (1945).
- 13) Uvarov, B. P.: Trans. Roy. Entomol. Soc. London 79, 1 (1931).
- 14) Wigglesworth, V. B.: The principles of insect physiology, 5th Ed., London 546pp. (1953).
- 15) Young, W. C. and H. H. Plough: Biol. Bull. 51, 189 (1926).

Résumé

1. In the present paper, the effect of temperature on the fecundity of the common housefly, *Musca domestica vicina* Macq., was examined. The rearing by single-pair mating method^b was carried out at 15, 20, 25, 29, 33 and 37°C, and adults were fed on 2 percent sucrose solution, added with 5 percent solution of wheat flour paste at above 25° or with diluted milk at below 20°.
2. The pre-oviposition periods were 6.2 to 12.2 days under the range of temperature from 20° to 37°. Although the mating was observed even at 15°, eggs were not obtained.
3. The number of egg batches deposited by a female under the range of temperature from 25° to 37° were 1.8 to 3.7, and the maximum value of 5.2 was at 29°. The interval between each oviposition was minimum at 29° with 3.8 days, and the days required for egg development in ovariol were shortest at this temperature. The size of an egg batch was affected neither by adult age nor by temperature, and the total number of eggs was increased in proportion to number of batches.
4. The rate of reproduction was maximum at 29°; but it decreased over 33°.
5. The fecundity declined with adult age under the condition of optimum temperature. 73.4 percent of the total number of eggs was deposited by a female within first 10 days of her reproductive period (Fig. 1.).

6. Total number of pupae produced by a female was gradually decreased from 119.9 to 0.3 in each five days interval during 25 days of her reproductive period (Fig. 2).

7. The mating of male was observed even

at 32 days after his emergence. It seems that the decline of reproduction depends chiefly on factors in female itself than those of male, so far as the observation period of 25 days is concerned.

Difference in Evaluating the Effectiveness of a Certain Cockroach Repellent by Various Testing Methods. Insect Repellents and Attractants. VIII. Yasunosuke IKEDA (Takamine Laboratory, Sankyo Co., Ltd. Yasu-cho, Shiga Pref.). Received Apr. 30, 1959. *Botyu-Kagaku*, 24, 83, 1959.

17. 試験方法が忌避剤の効力値の変動に及ぼす影響 忌避剤・誘引剤について 第8報
 池田安之助 (三共株式会社 高峰研究所) 34. 4. 30 受理

ゴキブリ忌避剤の実用効果を測定する方法はほとんど見当らない。この実験において、ゴキブリ忌避剤の効力試験方法が、その効力評価値の変動に大きく影響することを知った。

There have been several methods determining the effectiveness of cockroach repellents. In the present work, it was reported testing methods that indicate high efficiency of evaluation of the effectiveness of a certain cockroach repellent.

In the present paper, the author compares some methods for evaluation of the effectiveness of a certain cockroach repellent in laboratory, and discusses the correlation between the testing method and the result obtained.

The author wishes to express his appreciation to Prof. O. Shinoda, Osaka University of Liberal Arts for his kind guidance and encouragement given to him in the course of the present work. The author is also deeply indebted to the executives of Sankyo Co., Ltd. for their helps and kind intentions.

Material

The material used was adults of the American cockroach, *Periplaneta americana* Linné, reared on the Oriental's Rat Food NMC5 (Pellet for the rearing of experimental animals, made by Oriental Yeast Manufacturing Co.). It had been bred for 3 years in this laboratory. In the test, adult roaches were selected at random without regard to sex, and 40 roaches were used for each test.

The sample tested in the present experiment was MGK repellent 11 (2,3,4,5-bis (Δ^2 butylene) tetrahydrofulfural), one of the cockroach repellent widely used^{1,2}. Samples were dissolved in acetone at a rate of 10mg and 20mg in each

of 1cc of test solution.

a) Evaluation of the Effectiveness of Cockroach Repellent by Shelter Method^{3,4}

The method employed in the first test is the one, which were recommended for the evaluation of cockroach repellents^{3,4}. The criterion of repellency is based on the habit of roaches hiding in sheltered places away from light. The roach shelters consist of cartons with entry holes near the base. In the tests, two shelters, one of which is treated with test material while another is untreated, are placed in the test cage containing given number of roaches. The light forces the roaches to seek shelter and to select the one of shelters which is comfortable to them. If concentration of the repellent is enough, the roaches will be found in the untreated shelter.

The test cages consisted of corrugated cardboard, 40×30×20 cm, with glass window on either side wall to allow light streams. The roach shelters used were 10×10×8 cm. They consisted of cartons with holes cut in large enough to allow roaches to enter. In the case of test, the entire inner surface of the cartons was treated with acetone solution of a given amount of the test repellent. A pair of two