

- 2) Kato, M., T. Matsuda, and Z. Yamashita :
Science Repts. Tôhoku Univ. Fourth Ser.
19, 291 (1952).
- 3) 河田党 : 農林省農試 66, 9 (1950).
- 4) 河田党・山崎輝男・松本 蕃・大塚幹雄・三田久
男 : 農業技研 C 4, 135 (1954).
- 5) 岡崎勝太郎 : 応用昆虫 5, 118 (1949).
- 6) 岡崎勝太郎・菊地実・船迫勝男 : 宮城農短大
3, 18 (1956).
- 7) 末永一・山元四郎 : 応用昆虫 11, 114 (1955).
- 8) 上島俊治・橋爪文次・山科裕郎 : 応用昆虫 9,
157 (1954).
- 9) 山科裕郎・橋爪文次・上島俊治 : 福岡農試
13, 91 (1955).
- 10) 山科裕郎・上島俊治 : 応用昆虫 12, 138
(1956).
- 11) 山科裕郎・上島俊治 : 九州農試研資 25, 3
(1956).

Résumé

In this paper the effect of BHC emulsions which were carefully applied to the surface of the irrigated water in paddy field avoiding rice plant to be splashed directly with the insecticides against the rice stem borer, *Chilo suppressalis* Walker, was studied in field test. The number of the stems damaged by the rice stem borer decreased significantly in the treated plots than that of the untreated plots. According to the difference between the formulations of BHC emulsions, significantly different effectiveness was seen. In the case such as the injured parts caused by the rice stem borer extends to upper and lower of the level of the irrigated water in paddy field, insecticide which was originally sprayed or dusted to rice plant and fell in the irrigated water will be seen to be effective for the control of the rice stem borer.

Considerations on the Development and Reduction of Heat Resistance. Studies on the Lethal Action of Abnormally High Temperature on Insects. XVII. Masao KIYOKU (Laboratory of Applied Entomology, Hiroshima Prefectural College of Agriculture, Saijo, Hiroshima Pref.). Received Dec. 31, 1956. *Botyu-Kagaku*, 22, 199-205, 1957, (with English résumé, 205).

34. 熱抵抗の発達と消失に関する考察 高温の殺虫作用に関する研究 第17報 清久正夫 (広島農業短期大学 応用昆虫学研究室) 31. 12. 31 受理

謹んで春川忠吉博士の古稀を祝賀し奉る。

アズキゾウムシ成虫の熱抵抗がその虫の発育中の環境温度の相違で変動する現象、及び其の原因に関する問題を取扱った。高い温度で発育した成虫は熱抵抗が増加する。然し低い温度に戻せば大てい熱抵抗がもとに戻る。この原因としては個体の高温に対する調整作用と、熱抵抗の弱い個体の高温による淘汰とが考えられるが、そのいずれであるかを吟味した。

生物が高い温度の下で育つと耐熱性が高くなることが古くから知られている。近年著者^{4,5)}の研究に於いてヒトスジシマカ *Aedes albopictus* 幼虫の耐熱性は夏季では高く、春秋では低いこと、実験室内で高い温度で幼虫期を飼育したアズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis* 成虫は、低い温度で飼育したものより耐熱性の高いことが確かめられた。

またこの様な原因は古くから熱に弱い個体が消滅した結果ではなくて、個体が耐熱性を獲得した事に依ると言われ⁶⁾、生物組織の含有リピッドの融点増大と言う生理的現象に帰した研究もある⁷⁾。著者は前記のアズキゾウムシの研究からやはり個体が直接温度に適應するためであつて、個体の含有粗脂肪の増加をその原因と考えたが、更にこれらを確める為の実験を企てた。実験に用いた昆虫はアズキゾウムシで、次の諸点を明かにする為の実験を行った。(1) 30°定温より 35°

定温に移して飼育を続けると世代の進みにしたがひ昆虫の耐熱性はどのように変動するか。(2) 35°温度飼育により耐熱性が増大したものを 30°定温に戻して飼育した場合その昆虫の耐熱性に变化があるか。(3) 35°飼育系統には毎代発育中の斃死個体が 30°飼育系統よりも多いか。これと耐熱性変異の幅とは相関があるか。(4) 35°飼育系統は高温の為に繁殖力が低下するか。(5) 30°飼育系統をその発育期間の途中に高い温度に移した場合でも耐熱性は増大するか。(6) 30°飼育系統をその発育期間中に熱死をおこす高温 48°に 2 時間曝露し、取り出してからもとの 30°で飼育を続け羽化したものは耐熱性が高いか。(7) 昆虫体の粗脂肪含有率の変動状態。

各種飼育系統の耐熱性の差異

30°及び 35°の定温で毎代飼育をつづけたもの、

及び35°で5代及び10代飼育したものから30°へ復帰したもの（以下夫々30°、35°飼育系統及び復帰系統と呼ぶ）を夫々48°に2時間曝露し、取り出してから48時間目の死亡率の平均値及び標準偏差を求めた。

今、各代に於いて30°飼育系統の死亡率に対する35°飼育系統の死亡率の比を計算し、これらの比によつて両者の比較をする。若しこの値が1より小さい時は35°飼育系統の死亡率が低いわけであるから、これが小さければ小さい程その耐熱性が強いことになる。この比を図示したのが第1図である。

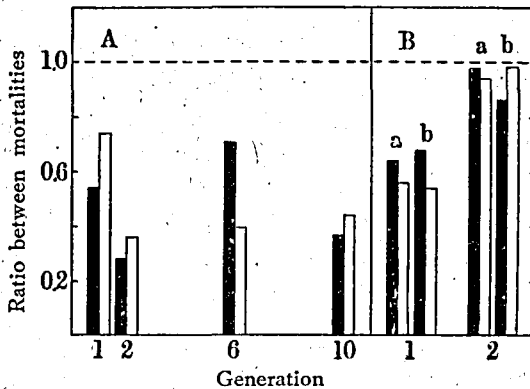


Fig. 1. Ratio between mortalities of various strains. A: ratio between mortality of strain bred at 35° and that of 30°, B-a: between the strain returned to 30° after the breeding at 35° during 5 generations and that of 30°, B-b: between the strain returned to 30° after the breeding at 35° during 10 generations and that of 30°. Male: solid bar, female: empty bar.

第1図Aを見ると、どの世代の比も概ね1より小さいので、常に35°飼育系統の耐熱性が強い。これに対して世代の進むに従う増加度は、35°へ移して1,2代間は顕著であるが、其の後はそれ以上に増加しない。

つぎに30°への復帰系統の耐熱性の変化を第1図Bに示した。第1図Bを見ると、30°に復帰した世代ではその比が0.6内外であるから耐熱性が尚強いと言えよう。然し復帰して第2代目になると、0.9以上を示すから、30°飼育系統の耐熱性に復帰することがわかる。

35°に5代置いて30°へ復帰させたものと、10代間置いて復帰させたものとの間の相違はB図からは明かでない。雌雄の耐熱性発達及び消失の程度はA、B図から雄が大きいことがわかる。

次に30°飼育系統の標準偏差に対する各種飼育系統の標準偏差の比を図示すると、第2図A、Bが得られる。

第2図Aに依れば、第10代目の雌の成績を除く外

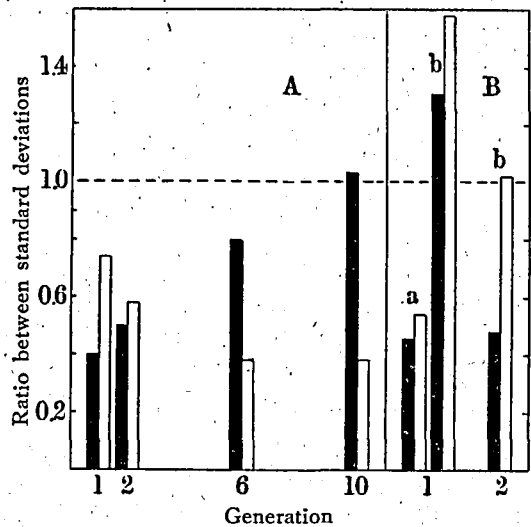


Fig. 2. Ratio between standard deviations of various breeding strains. A: ratio between standard deviation of strain bred at 35° and that of 30°, B-a: between the strain returned to 30° after the breeding at 35° during 5 generations and that of 30°, B-b: between the strain returned to 30° after the breeding at 35° during 10 generations and that of 30°. Male: solid bar, female: empty bar.

は、何れもその比が1より小さいので、35°飼育系統の標準偏差が30°飼育系統より一般に小さいと言える。世代の進むにしたがう標準偏差の比の変動は、雄は次第に増大するが、雌は逆に減少しているので一般的な結論は得られない。第2図Bによつて復帰系統の場合を調べると、30°に復帰第1代に於いては、35°で5代目より復帰させたものの標準偏差が小さいが、35°で10代目より復帰したものでは遙に大きい。また復帰第2代目では雄は明かに小さいが雌では殆ど等しい。

以上の結果から抵抗性変異の幅の変動には、常に一定の傾向があるとは言えないが、特に30°飼育系統より35°飼育系統の変異の幅が一般に小さい。これは35°飼育系統の虫の耐熱性がよくそろっていることを示すもので、次項の発育中の死虫率の高低と関係があるものと考えられる。

卵より羽化までの間の死虫率

前項の実験の際、その都度各種の飼育系統より夫々一定の標本を取り出し、一定数の卵より羽化する個体数及び羽化しない個体数を調べ、羽化しない数の全卵数に対する比を算出したのが第1, 2表である。

第1表の成績によれば、35°飼育系統の死虫率は30°飼育系統のそれより常に高い。第1項の耐熱性の標準偏差を併せ考えれば、それが小さい値を示す時は大体死虫率が高い傾向を示している。故に35°飼育系

Table 1. Comparison of the mean percentage of mortality from egg to emergence between the strains bred at 30° and 35°.

Generation	1st	2nd	6th	10th
Strain bred at 30°	30.2	16.0	25.0	26.3
Strain bred at 35°	44.0	30.0	36.0	34.7
Ratio of two strains	1.325	1.875	1.468	1.319

Table 2. Comparison of the percentage mortality from egg to emergence between the strains bred at 30° and those returned from 35° to 30°.

Generation	1st	2nd
Strain returned to 30° after the breeding at 35° during 5 generations	27.1	24.0
Strain bred at 30°	15.3	22.0
Ratio of two strains	1.771	1.091
Strain returned to 30° after the breeding at 35° during 10 generations	35.0	20.0
Strain bred at 30°	20.0	17.6
Ratio of two strains	1.750	1.136

統は発育中に熱に弱い個体が淘汰され、其の結果耐熱性の個体変異の範囲の熱に弱い部分が消失したのかもしれない。

次に第2表によつて30°復帰系統の死虫率を見ると、復帰第1代目では30°飼育系統よりなお高い、然しこの場合には死虫率と標準偏差との間に前の場合の様な関係は認められない。

ここで特に注目すべき点は、30°復帰系統の1代目死虫率がなおかなり高いことである。この場合には35°飼育系統の様に高温で熱に弱い個体が淘汰された結果だとは言えない。これは復帰系統の卵そのものに何等かの欠点があるのではなからうか。

各種飼育系統の繁殖力

各種の飼育系統の産卵数を調べた結果を第3表に示す。

第3表の成績によると室温飼育の産卵数が最も多く、35°飼育系統のは目立って少ない。35°飼育系統を温度30°で産卵させた場合もやはり少ない。30°への復帰系統では幾分多くなる傾向がある。

これらの成績から温度35°は一般に産卵数を減少させるばかりでなく、35°飼育系統の産卵数は産卵時の温度如何にかかわらず常に少ないことがわかる。のみならずその卵は一般に小型で、且つ孵化しない不良卵がその中に混っている。

Table 3. Number of eggs per female of some strains bred under various environmental temperatures.

Each strain and temperature when insects oviposited	Number of pairs	Number of eggs
Strain bred at 30° and 30°	5	51.4
Strain bred at 30° and 35°	5	34.6
Strain bred at 35° and 35°	10	9.2
Strain bred at 35° and 30°	10	12.2
1st generation of strain returned from 35° to 30° and 30°	5	47.1
2nd generation of strain returned from 35° to 30° and 30°	5	45.2
2nd generation of strain returned from 35° to 30° and 35°	5	38.4
Room temperature, mean 27°	5	66.0

以上の事実から前項の30°復帰系統第1代の卵より羽化までの間の死虫率がなお高いという理由を推察すると、実験に用いた卵が不良で孵化しないものも計算に入れていたためではなからうか。

そこで卵より羽化迄の間の死虫率が、供試虫の飼育系統やその世代の環境温度の相違で如何に変化するか更にくわしく調べた。其の成績は第4表の通りである。

Table 4. Percentage of mortalities during growth period from egg to emergence.

Each strain and temperature at which insects are reared	Number of eggs tested	Mortality during growth period
(a) Strain bred at 30° and 30°	82	8.5
(b) Strain bred at 30° and 35°	323	6.2
(c) 1st generation of strain returned from 35° to 30° and 30°	151	13.2
(d) Strain bred at 35° and 35°	279	29.6
(e) 2nd generation of strain returned from 35° to 30° and 30°	493	12.3
(f) 2nd generation of strain returned from 35° to 30° and 35°	105	19.4
(g) Room temperature, mean 27°	147	4.7

第4表によると同じ飼育系統の虫の違つた環境温度における死虫率の差異は(c)と(d)、(e)と(f)では35°の環境温度の方がかなり高いが、(a)と(b)で

は余り大きい差がない。次に同じく環境温度の下、飼育系統の相違による死虫率の差異を (a)―(c)―(e) と (b)―(d)―(f) によつて比較すると、35° 飼育系統は死虫率は最も高く、復帰系統がこれに次ぎ、30° 飼育系統が最も低い。そこで試験に供した卵が良好であれば 35° の下に於いても死虫率がさほど高くはない事がうかがわれる。

然し、環境温度の 35° は虫の生殖力に悪影響を与え、虫が孵化しない不良卵を生む事実が認められたから、虫の発育中に高温の淘汰作用がおこることを否定することは出来ない。故に環境温度が高い時、虫の耐熱性が強くなる原因から、高温の淘汰作用を全く否定することが出来ない。

発育中期に高温に移して飼育したもの及び 処理して生き残つたものについての実験

これまでの実験結果からは、高温の淘汰が虫の耐熱性増加に関係することを全く否定することが困難である。けれどもそれが決定的な原因であるとするだけの証拠もなかつた。本試験には発育中の死虫率も高くな

強くない。これらの成績から、発育中に高い温度で飼育したものも、発育中に高温で弱い個体を殺したものも、共に耐熱性が強いが、その増加度は前者が大きい。

次に発育中の死虫率を比較すると、孵化3日目より 34° へ移した区は対照区と大同小異で、孵化10日目より移した区は寧ろ低い。また標準偏差との関係は、前の例の様に発育中の死虫率が高い場合に標準偏差が小さいと言う関係は認められず、時に発育中に 48° 温度処理区の様、発育中の死虫率は著しく高いが標準偏差は小さくないものもある。故に発育途中より高い温度に移したものの耐熱性が高まつた重要な原因は、高温による弱い個体の淘汰でなくて、個体が発育中に高温に調整されることによると考える。

異つた温度で飼つた昆虫体の粗脂肪含有率

環境温度をかえて飼育した昆虫の粗脂肪含有率がどのように変化するかを検討した。前項の試験に用いた標本から各飼育系統、各世代毎々調査した成績が第 6、7 表で、30° で孵化後10日目より 34° へ移して飼育した場合の成績が第 8 表である。

Table 5. Comparison between the heat resistance, variability and mortality during growth period of the insects bred at 34° after 3 or 10 days since they hatched and those withstood against 48°.

	Percentage of mortality				Standard deviation				Mortality during growth period	
	Male		Female		Male		Female		Male	Female
	Mean	Ratio	Mean	Ratio	Mean	Ratio	Mean	Ratio		
Insects bred at 34° after 3 days since they hatched	46.64	0.66	45.57	0.65	22.23	0.98	26.85	1.37	28.00	1.04
Insects bred at 34° after 10 days since they hatched	29.96	0.34	37.65	0.54	8.92	0.39	23.92	1.22	25.17	0.94
Insects withstood against 48°	56.43	0.97	57.70	0.83	24.62	1.09	30.03	1.53	90.00	3.34
Strain bred at 30°	70.03	1	69.61	1	22.49	1	19.54	1	26.92	1

く、不良卵も多くは生じない温度 34° を用いた。30° 飼育系統より孵化後3日目と10日目に夫々 34° に移して飼育をつづけ羽化させたもの、及び同じく孵化後10日目に 48° の高温の中へ2時間投入し、取り出して 30° で飼育を続け羽化した個体に就いて耐熱性、およびその変異の大小、発育中の死虫率を調べた。其の結果は第5表のごとくである。

48° 処理後の死亡率の大小によつて耐熱性の強さを比較すると、上記の3種の実験区は対照区、即ち 30° 飼育系統より常に耐熱性が強い。対照区の死亡率を1として各種実験区相互の比較をすると孵化10日目に 34° へ移したものが最も強く、孵化3日目に移したものがこれに次ぎ、発育途中に 48° で処理した区が最も

Table 6. Crude fat content of two strains bred at 30° and 35°.

Generation		1st	2nd	6th	10th
Strain bred at 30°	♂	26.66	25.00	33.41	27.72
	♀	26.85	22.51	31.66	30.37
Strain bred at 35°	♂	29.66	28.99	36.61	31.68
	♀	30.55	22.65	31.28	31.88

第6表の結果によると、雌第6世代を除き他は凡て 35° 飼育系統の粗脂肪含有率が高い。各系統毎の世代間の差は上記の差以上の差もあるので、両系統間の

差がうたがわしいとも思える。然しこの調査は時期が違うので、各世代に於いて30°飼育系統に対する35°飼育系統の比を計算しその大ききで比較した。其の結果は特に雄に於いては30°飼育系統の粗脂肪含有率が高いと考えられる。

次に第7表によると、30°へ復帰した際には第1代目は高い傾向を示すが、第2代目ではその差が小さいか、又はかえって低くなっている。その差は第6表の成績に比して小さいので、復帰系統は30°飼育系統と殆ど等しいと言つてもよいであろう。

今特に雄の成績について第6及び第7表より30°飼育系統の含有率に対する35°飼育系統の含有率の比及び復帰系統の含有率の比を縦軸に、世代を横軸にとつて作図すると第3図Aが得られる。

Table 7. Crude fat content of the strain bred at 30° and that returned from 35° to 30°.

Generation		1st	2nd
Male	Strain returned to 30° after the breeding at 35° during 5 generations	28.48	30.84
	Strain bred at 30°	27.46	31.15
Female	Strain returned to 30° after the breeding at 35° during 10 generations	32.14	31.97
	Strain bred at 30°	29.85	31.25

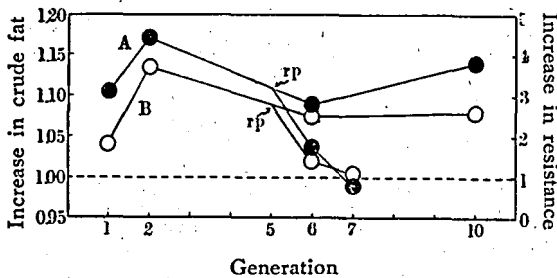


Fig. 3. Relation between the increase in crude fat content and that in heat resistance when insects grown under various temperature conditions. A: variation curve of the degree of increase in crude fat content, B: variation curve of the degree of increase in heat resistance. rp: point of returning from 35° to 30°.

第3図Aに依れば、35°飼育系統の粗脂肪含有率増加比が35°にある時上下に振動はするが、平均して一定の高さを保つ傾向を示している。しかし、30°へ復帰するとそれが低下する。この図に対し第1、2図の死亡率の比の逆数を記入すると第3図B線が得ら

れA、B両線の変動状態は比較的良好に似ていることがわかる。このことから昆虫の含有粗脂肪と耐熱性と関連性があるものと言えよう。

この事実をもつて直ちに昆虫個体の温度調整を粗脂肪含有率の増加と言う生理的な方面から説明出来そうであるが、厳密に言えばこの成績だけでは充分でない。何となればこれらは飼育中に若干のものが消滅し生存を全うしたもののみについての成績であつた。若し途中で消滅したものの粗脂肪含有率が低く生存を全うしたもののそれが高いと、外温の影響によつて發育中にそれが増加しなくともその結果が高いからである。粗脂肪含有率が外温によつて増加することを知るには、發育中に死滅するものがない実験によることが望ましい。30°で飼育中その中期に34°へ移して飼育したものは發育中の死滅率が対照とした30°飼育系統と大差がないので、この実験成績は都合がよい。その平均値を第8表に示す。

Table 8. Mean value of the crude fat content in insects grown at 30° during total period and at 34° in post larval period.

Sex	At 34°	At 30°	Ratio
Male	29.36	28.39	1.034
Female	29.04	28.74	1.011

第8表に依ると、發育途中より34°へ移して飼育したものは粗脂肪含有率の平均値がたかい。故に34°へ移すことで粗脂肪含有率が増加すると考えられる。

考 察

昆虫の耐熱性が変化する場合を大別すると季節的变化、地理的变化などがある。これらすべての場合の耐熱性増加の原因を明かにすることは容易でない。こゝでは環境温度の変化に直結したものについて論ずる。これらの耐熱性増加の原因には一般に2通りが考えられる。

其の一は環境温度が高くなると、個体が發育中にこれに感応して抵抗性を増す場合であり、其の二は集団中の弱い系統、又は個体が高温で淘汰され、強いものが残る結果、耐熱性が増大する場合である。

本研究に於ける実験成績を総合すると、アズキゾウムシの耐熱性は高温で飼育すると強くなる。然しそれは高温環境が続いているかぎりであつて、もとの温度へ戻せば容易に消失する。これは耐熱性の発達及び消失が、環境温度に緊密な関連を持つことを示すものであるが、その原因を個体の生理的適応に求める前に一応考慮すべき点がある。

実験に用いた飼育温度は30°と35°であつたが、卵から羽化する迄の間の死虫率は35°の方が常に幾分高い。のみならずその温度は次代をつくる卵に孵化能力のないものを生ぜしめることもある。故に35°累代飼育の虫の中には發育中に高温のために消滅するものがあると言わねばならない。その様な個体の消滅が耐熱性増加に直接関係していることを知る一方法として、發育中に死滅する個体の比率と、熱抵抗変異の中の大小との関係を調べた。その結果、それらの間に負の相関が認められる場合もあつた、故に耐熱性の増大に対し高温の淘汰作用を全く否定し去ることは出来なかつた。

これに対して卵より羽化までの間の死亡率が対照区と殆ど等しく、また不良卵も多くは生じない温度34°に發育中期より移して飼育して得た成虫の実験を行った。これらの成績では孵化3日目も10日目のものも、共に耐熱性がかなり増加していた。この場合の耐熱性増加の原因は前記の淘汰作用は問題でなく、専ら個体の温度調整によるものと考えられた。

然し、その耐熱性増加度を対照区を1として計算した比によつて前の35°の実験結果と比較して見ると、前者は0.33~0.66に対し、後者は0.25~0.53であるから幾分少ない。それは温度調整の程度が温度の差によるばかりでなく、前者では温度調整作用のみで耐熱性が増加するが、後者ではその他に熱に弱い個体が淘汰されることも関係している為であろう。

次に昆虫の發育途中に48°に2時間曝露し、その生き残つた虫の耐熱性を調べた。この実験は昆虫の發育中に熱に弱い個体が消滅することがどの程度耐熱性増加に関係するかを示すものと考ええる。この場合の増加度は、上記の發育途中より34°に移して飼育したもの、即ち温度調整によつて増加したもののそれより遙かに小さい。故に耐熱性増加の原因は、昆虫の發育中に於ける個体の温度調整により多く依存すると考えられる。

個体の温度調整の生理的変づけに関して、従来 Bélehradek, Heilbrunn, Lepshkin は含有リビッドの融点の増加を挙げ、また Fraenkel³⁾ は沃素価の低下を認めた。アズキソウムシの含有粗脂肪も虫を高い温度で飼育した時、溶解温度が高い場合もあつた⁵⁾。然しこの方面を否定する研究もあり⁶⁾、また耐熱性と関係が深いのは溶解温度よりも含有率であるから^{6,7)}、特にこの実験でも含有率を重視した。

その実験成績は既に述べたように、高温にあたると發育中にそれが高くなることが明かとなつた。そもそもこの様な粗脂肪含有率は何であろうか。著者の研究⁷⁾によれば昆虫の耐熱性の原因は昆虫の活力の大きいことである。この実験に於いても活力の大きいことの指標としての粗脂肪含有率が増加しているから、耐熱性

と粗脂肪含有率とはふかい関係のあるものと考える。

要するに環境温度を高めて昆虫の耐熱性が増加する原因は個体の一つの生理的指標としての粗脂肪含有率の増加によつてもたらされる温度調整が主なるもので、これに加えて熱に弱い個体が消滅することである。

摘 要

(1) 35°で累代飼育した飼育系統は30°飼育系統より熱に強くなる。世代の進行に伴う耐熱性の増加度は35°へ移して1, 2代間は顕著であるがその後はさうでない。

(2) 35°飼育系統を30°へ復帰して飼育すると、その第1代目では尚幾分熱に強いが、第2代目になれば容易に消失する。

(3) 30°と35°飼育系統の虫の發育中に於ける死虫率は後者が幾分高い。これが高い場合には熱抵抗変異の範囲が小さいという関係が示されることもある。

(4) 35°飼育系統の産卵数は少なく、その中には孵化出来ない不良卵が混在する。

(5) 環境温度の変化によつて熱抵抗の増加する原因は高温が弱い個体を淘汰するからであるという説明を全く否定することが出来ない。然しそれのみに帰することも出来なかつた。

(6) 30°で飼育中、發育中期に34°へ移して飼育すると熱抵抗は増加するが、その増加度は35°飼育系統のより小さい。この場合の熱抵抗増加は主に昆虫個体の温度調整のみに依ると考えられる。

(7) 30°で飼育中の昆虫を發育中期に48°で短時間処理し、其の後30°で飼育を続け羽化したものの熱抵抗を調べるとやはり幾分それが高くなつてゐる。然しその増加度は發育中期より高温で飼育したものよりは遙かに小さい。

(8) 以上の結果から環境温度が変化した時に昆虫の熱抵抗が変化する原因は、環境温度の如何で相違するが、一般に個体が高温に対して調整されることが大きい原因で更に個体変異内の弱い個体が消滅することもある原因の一部である。

(9) 個体の温度調整の機構は含有粗脂肪の増加という生理的なものに求められる。

文 献

- 1) Bélehradek, J. : Temperature and Living Matter, Berlin, 147 (1935).
- 2) Davenport, C. B. : Experimental Morphology, London, 249 (1908).
- 3) Fraenkel, G. & H. S. Hopf : Biochem. J. 34, 1085 (1940).
- 4) Kiyoku, M. : Bull. Kyoto Gakugei Univ. Ser.

- 2, 16 (1952).
 5) —: ibid 3, 9 (1953).
 6) —: ibid 4, 18 (1954).
 7) —: 応用昆虫 11, 14 (1955).
 8) Munson, S. C.: J. Econ. Entomol. 46, 657 (1953).

Résumé

The azuki-bean weevils, *Callosobruchus chinensis* reared at 35° from generation to generation are more resistant than those reared at 30°. When insects returned from the condition of 35° to that of 30° are reared at this temperature during one generation, their heat resistance are still high to a certain extent. But those reared at 30° during two generations after the returning become less resistant.

The mortality during growth period of insects reared at 35° is inclined partly to be higher than that of insects reared at 30°. Number of eggs delivered from the insects reared at 35° is few. Moreover, some eggs of those insects are abnormal and they can not hatch.

It is sometimes found that the range of variation in heat resistance is inversely proportional to the mortality during growth period. Therefore, we can not perfectly deny the hypothesis that the

increase in heat resistance of insects is due to the disappearance of weak individuals among a population by the thermal selection. Nevertheless, we could not assent to the opinion that the thermal selection is a sole cause of increase in heat resistance.

Insects reared at 34° after 10 days since they hatched at 30° become high resistant. But the degree of increase in heat resistance of those insects is lower than that of insects reared at 35° from generation to generation. The increase in heat resistance mentioned above seems to be exclusively due to the thermal adjustment.

If insects bred at 30° are exposed to high temperature of 48° in the middle of their developments, the survivals are more resistant. But degree of increase in heat resistance is not so high.

Considering those experimental results, it may be expected that the so-called thermal adjustment is the main cause of increase in heat resistance and the so-called thermal selection is the secondary one.

It is the physiological basis of thermal adjustment that the crude fat content in insect body increases by the change of environmental temperature.

Lethal Effects of Ferrous Phosphate (Vivianite) against the Insect Pests of Stored Products. Studies on the Insecticidal Activities of Various Pulverized Dusts. VIII. YASUNOBU YASUE (The Ohara Institute for Agricultural Biology, Okayama University, Kurashiki). Received Jan. 9, 1957. *Botyu-Kagaku*, 22, 205~208, 1957, (with English résumé, 208).

35. 磷酸第1鉄の貯蔵害虫に対する殺虫効果 微粉性物質の殺虫効果に関する研究 第8報
 安江安宜 (岡山大学 大原農業生物研究所) 32. 1. 9. 受理

恩師春川忠吉博士の古稀を謹んでお祝する。

磷酸第1鉄 $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ およびこれを主成分とする藍鉄鉱 vivianite 微粉の貯蔵殺物害虫コクヌストモドキ、コクゾウにたいする Zacher 効果について検討したところ、その作用はあまり強力なものではなかった。

磷酸第1鉄 $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ は水に難溶性の青緑色の粉末であるが、天然に産するものは藍鉄鉱 vivianite として知られており、わが国ではかつて1916年川村多実二教授³⁾により琵琶湖北部の湖底から湖成鉄として採集されたことがある。農業上では稀に磷酸肥料⁴⁾としても用いられることがあり、特に夏期水田において肥効が高いという報告⁵⁾もある。これを殺虫剤として最初に使ったのはソ連の Ivanova⁶⁾で、

貯蔵殺物害虫防除の目的をもって藍鉄鉱微粉を貯蔵小麦のなかに小麦の重量にたいして 1/1000 の割合で混合しておけばグラナリヤコクゾウ *Calandra granaria* L. などの繁殖を防ぐことができると発表した。

筆者は多年にわたって種々の鉱物性微粉の貯蔵殺物害虫にたいする所謂 Zacher 効果を研究中であつたので、該論文に興味をひかれ、早速追試をおこなつてみたので、取敢えずここにその結果を報告する。この